CONCEPTO TÉCNICO No CT – 4950
Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Artículo 7 - Decreto 193 de 2006

1 INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:	Natalia Laurens Acevedo – IDU
PROYECTO:	**INTERSECCIÓN AVENIDA BOYACÁ CON AVENIDA JOSÉ CELESTINO MUTIS**
LOCALIDAD:	10 Engativá
UPZ:	31 Santa Cecilia
BARRIO:	La Cabaña
DIRECCIÓN:	Avenida Boyacá con Avenida José Celestino Mutis
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	Restrepo y Uribe – Ing. Jorge Alberto Rodríguez.
FECHA DE EMISION:	Agosto 30 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 *"Determinación del espectro de diseño de respuesta de aceleraciones absolutas y desplazamientos relativos Avenida Boyacá con Avenida José Celestino Mutis"* elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, a construirse en la intersección de la Avenida Boyacá con Avenida José Celestino Mutis. El cual fue radicado el 13 de Agosto de 2007 mediante oficio ER-10267, por la Ing. Natalia Laurens Acevedo, Subdirectora Técnica de Estudios y Proyectos del IDU, 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 contempla el diseño de la intersección a desnivel en la Avenida José Celestino Mutis por Avenida Boyacá, incluyendo rampas y vías de acceso.

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

108704 N 97060 E

El informe *"Determinación del espectro de diseño de respuesta de aceleraciones absolutas y desplazamientos relativos Avenida Boyacá con Avenida José Celestino Mutis"* fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodriguez, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma Restrepo y Uribe Ltda., un ensayo Down Hole realizado por la firma de Ulloa y Diez Ltda. y el apoyo del laboratorio de pruebas y ensayos de la Pontificia Universidad Javeriana.

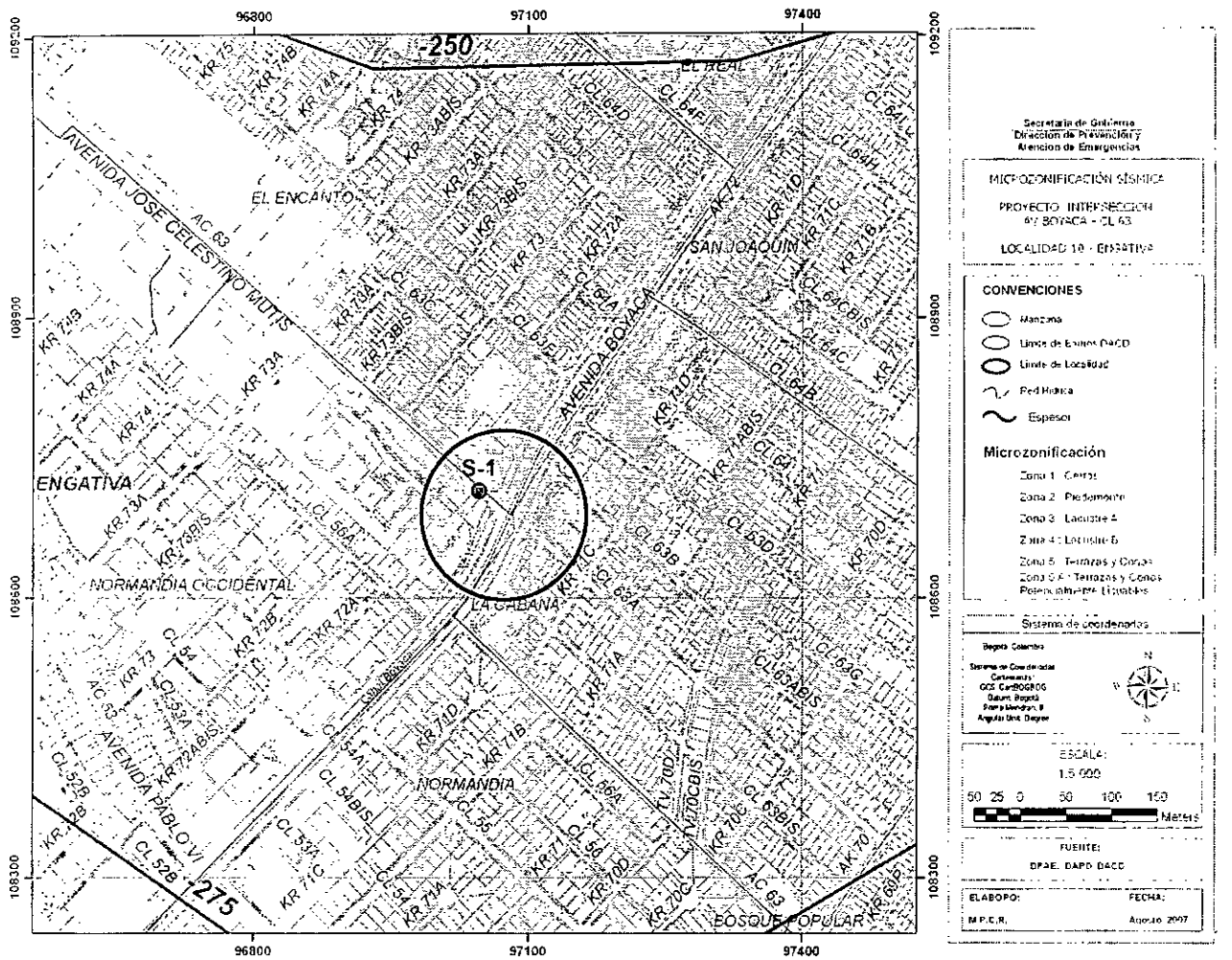


Figura 1. Localización del Proyecto Intersección Avenida Boyacá con Avenida José Celestino Mutis.

4 REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del informe presentado para el proyecto Intersección Avenida Boyacá con Avenida José Celestino Mutis en Bogotá D.C., se hace a la luz de los requerimientos consignados en el Decreto 193 de 2006 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 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 3.1.1 del informe presentado por el consultor, se indica que el sitio del proyecto se encuentra localizado en la zona de transición entre las Zonas 3 -Lacustre A- y 4 -Lacustre B-, 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 1.3.2, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el sitio del proyecto la firma Restrepo y Uribe Ltda., realizó un sondeo hasta 50 m de profundidad, donde 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 se ejecutó la prueba de Down Hole, por parte de la firma de Ulloa y Diez Ltda., y se obtuvieron muestras inalteradas para los ensayos dinámicos de laboratorio. El registro de perforación del sondeo junto con el plano de la localización se presenta anexo al informe.

Según el numeral 3.1.3, 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 0.8 m: Relleno limoso algo orgánico de color carmelito.
- De 0.8 a 1.2 m: Limo orgánico de color negro.
- De 1.2 a 1.7 m: Limo de color habano.
- De 1.7 a 2.1 m: Arcilla con intercalaciones de limo de color negro y habano.
- De 2.1 a 2.9 m: Arcilla limosa de color habano con presencia de raíces y oxidaciones.
- De 2.9 a 10 m: Arcilla limosa de color gris con intercalaciones carmelitas de consistencia baja.
- De 10 a 15 m: Limo arcilloso de color gris de consistencia baja.
- De 15 a 19.8 m: Limo de color carmelito claro muy poroso y algo fisurado de consistencia baja.
- De 19.8 a 22 m: Arcilla limosa de color gris de consistencia baja.
- De 22 a 29 m: Arcilla limosa de color carmelito de consistencia baja.
- De 29 a 33 m: Arcilla limosa de color carmelito grisáceo algo porosa de consistencia baja.
- De 33 a 42 m: Arcilla limosa de color carmelito algo porosa de consistencia baja.
- De 42 a 44.5 m: Arcilla limosa de color gris algo porosa y fisurada de consistencia media a baja.
- De 44.5 a 47 m: Limo arcilloso de color carmelito grisáceo de consistencia media.
- De 47 a 50 m: Arcilla limosa de color carmelito grisáceo de consistencia media.

Después de los 50 m y hasta los 260 m de profundidad, 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 teniendo en cuenta la presencia de una zona de transición entre las formaciones Sabana y Subachoque que va desde los 70 m hasta los 75 m, a partir de esta profundidad se localiza la formación Subachoque, 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 3.1.3, en el sondeo realizado se ejecutó un ensayo de Down-Hole a una profundidad de 50 m ejecutado por la firma Ulloa y Diez Ltda. En la figura 3.4 se indican los resultados de los ensayos Down Hole ejecutados en el lugar del estudio, en la Avenida Boyacá con Calle 26 y en la Calle 59 con Carrera 74, comparados con la correlación propuestas por Rodríguez y Escallón, 2006. El perfil de Vs desde 50 m hasta 260 m de

profundidad se adopta aumentando la velocidad en proporción a un exponente de 0.3, para tener en cuenta el efecto del confinamiento. A continuación se resumen los valores determinados a partir de los resultados de la prueba.

Profundidad (m)	Vs (m/s)	ν
1-20	132	0.43
20-45	142	0.44
45-50	250	0.38

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 cinco profundidades diferentes: 8, 20, 30, 36 y 48 m. Para cada profundidad se ejecutaron pruebas de triaxiales cíclicos de esfuerzo controlado y para las profundidades de 8, 20, 30 y 48 m se adelantaron pruebas 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 y el sismo de México utilizado 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.

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 3.8.

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 12 estratos de suelo, desde superficie hasta 260 m de profundidad donde el consultor consideró se localiza en contacto con el basamento rocoso.

Se recomienda para futuros estudios explicar cómo se asignan las curvas dinámicas a los diferentes materiales a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio.

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 de transición entre las Zonas 3 - Lacustre A- y 4 -Lacustre B-, 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 3.20 y 3.31 del informe, el cual se presenta en la figura 2 del presente concepto.

El espectro propuesto inicia con Sa de 0.25 g ascendiendo hasta 0.4375 g para 0.25 segundos, de 0.25 hasta 0.3 segundos asciende desde 0.4375 hasta 0.6 g donde continua con este valor hasta los 0.6 segundos. Luego desciende hasta llegar a un valor 0.4 g a los

0.8 segundos, continuando con este valor hasta los 2.25 segundos para descender hasta un valor de 0.245 g en los 2.6 segundos donde se continua descendiendo inversamente proporcional al periodo.

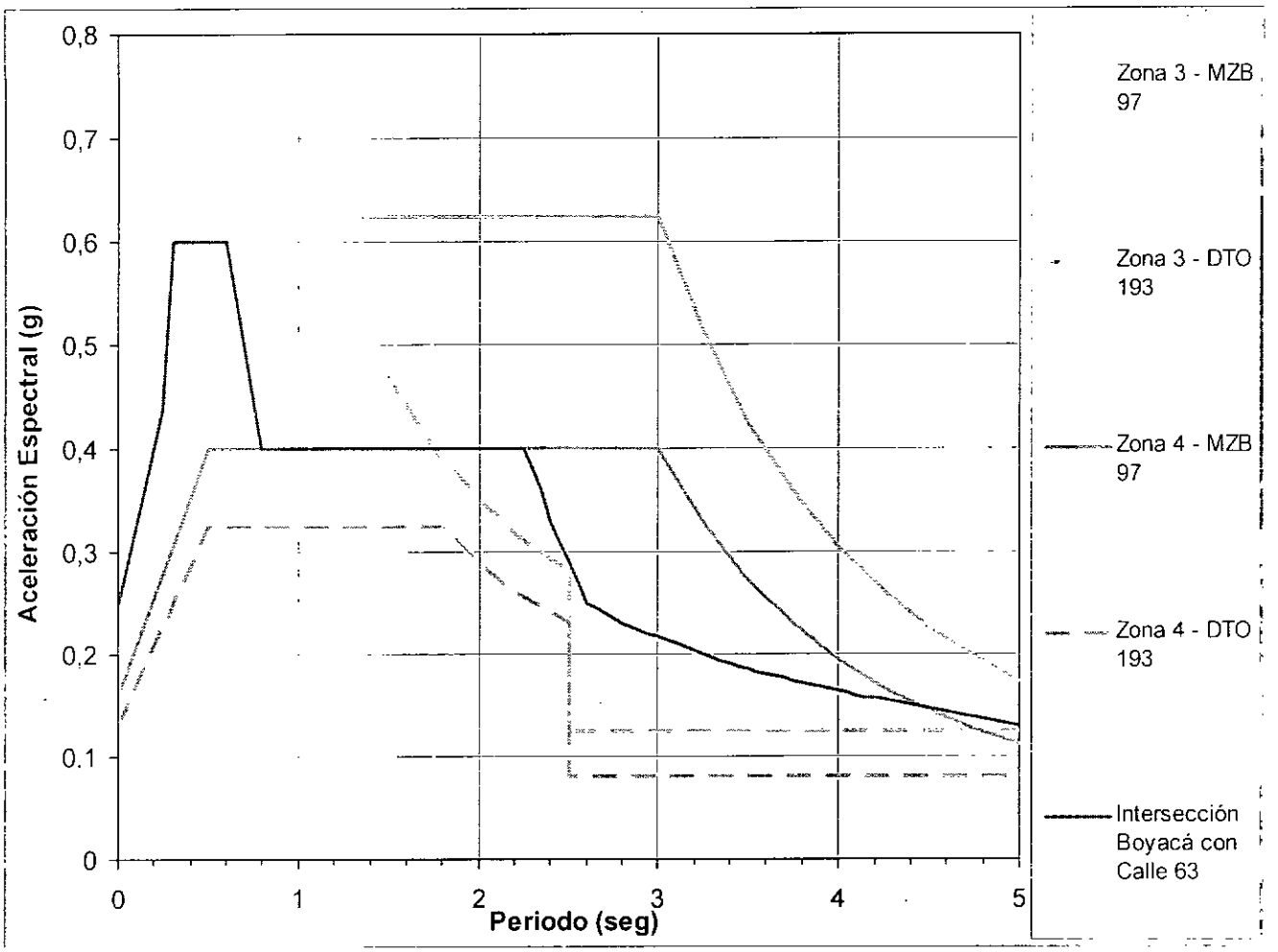


Figura 2. Espectro de diseño recomendado del proyecto Intersección Avenida Boyacá con Avenida José Celestino Mutis

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

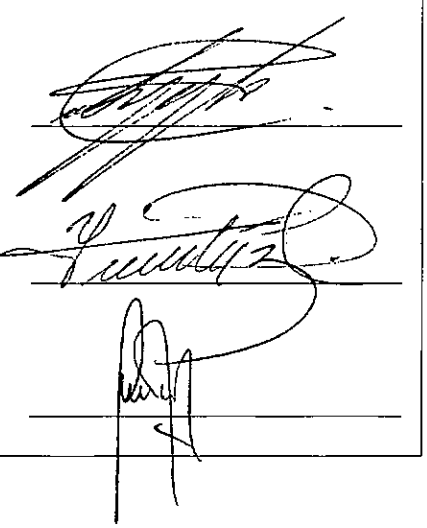
CARLOS JAVIER PEDRAZA A.
Ingeniero Civil, MSc (c) Geotecnia
M.P. 15202098211BYC

Revisó

FERNANDO JAVIER DÍAZ PARRA
Coordinación Estudios Técnicos

Aprobó

GUILLERMO ÁVILA ÁLVAREZ
Subdirector Investigación y Desarrollo



Vo.Bo.

DIANA MARCELA RUBIANO VARGAS
DIRECTORA

