



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

CONCEPTO TÉCNICO No CT - 4958
Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local
de Amplificación de Ondas Sísmicas
Artículo 7 - Decreto 193 de 2006

1. INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE: Ing. Camila Castell Córdoba – Curaduría Urbana No.5
Jorge Alberto Rodríguez – JEOPROBE Ltda.
PROYECTO: **PLAZA DE SAN JOAQUÍN**
LOCALIDAD: 11 Suba
UPZ: 19 El prado
BARRIO: Prado Veraniego Sur
DIRECCIÓN: Entre Calles 127 y 127A con Carreras 51A y 53A
CHIP: AAA0170LMCN
TIPO DE RIESGO: Sísmico
EJECUTOR: JEOPROBE Ltda.
FECHA DE EMISION: Septiembre 05 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 párrafo único del artículo 7 del Decreto 193 de 2006, establece que la



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

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 "*Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Urbanización Córdoba I, Supermanzana I*" que se remite como estudio sísmico local y del oficio aclaratorio ER10493 de Agosto 16 de 2007.

El propósito de la revisión es verificar que el estudio cumpla con lo exigido en el 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.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO

De acuerdo con el consultor, el proyecto Urbanización Córdoba I, Supermanzana I, contempla dos proyectos, Plaza San Joaquín y Jardines de San Telmo, el primero constará de seis torres de apartamentos con doce pisos de altura y dos niveles de sótano y el segundo contempla la construcción de seis torres de apartamentos con alturas de entre 10 y 12 pisos sobre dos niveles de sótano.

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

112500 N 101900 E

El informe "*Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Urbanización Córdoba I, Supermanzana I*" fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma LFO Ltda. y el apoyo del laboratorio de pruebas y ensayos de la Pontificia Universidad Javeriana.

4. PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO (JULIO DE 2007)

El concepto técnico 4884 de julio de 2007 emitido por la DPAAE relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo, se transcribe a continuación:



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

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 Zona 3 (Lacustre A) según 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.

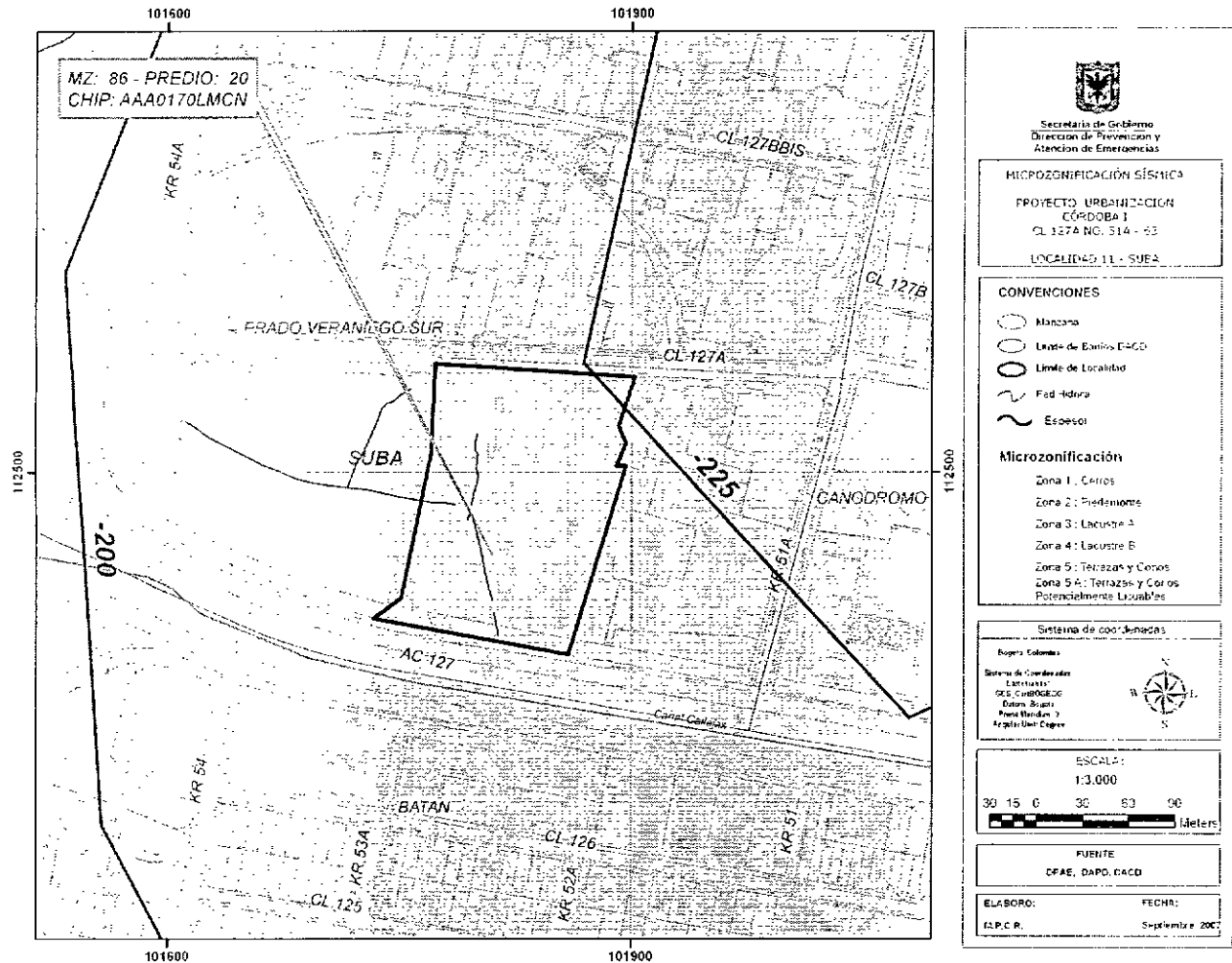


Figura 1. Localización del Proyecto Plaza de San Joaquín.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

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 y 3.2, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lote del proyecto la firma AREAS Ltda. realizó un sondeo a 40 m, tres sondeos a 50 m y doce barrenos manuales a 10m, 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 resistencia con veleta de campo, y penetración estándar. Adicionalmente se ejecutó una perforación adicional por parte de la firma LFO de 50 m de profundidad, en la cual se realizó la prueba de Down Hole y se obtuvieron muestras inalteradas para los ensayos dinámicos de laboratorio. Los registros de perforación del sondeo 1 y de los barrenos manuales, junto con el plano de la localización se presentan anexos al informe, sin embargo no aparecen los registros de los sondeos 2, 3 y 4. Es necesario que el consultor anexe todos los registros de perforación y en especial el de la perforación adicional de 50 m de profundidad junto con su localización.

Según el numeral 3.2, 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 0.0 a 0.5/1.7 m: Rellenos y capa vegetal.
- De 0.5/1.7 a 1/2.5 m: Limos arcillosos carmelitos.
- De 1/2.5 a 2.1/8.3 m: Arcillas amarillas oxidadas.
- 2.1/8.3 a 50 m: Limo arcilloso gris oscuro de consistencia blanda a media.

Después de 50 m y hasta los 200 m, donde el consultor asume la profundidad del basamento rocoso basado en el mapa de espesores de sedimento que indica que esta entre 200 y 225 m, el perfil geotécnico se complementó según el informe con los resultados de un ensayo down hole que alcanzó los 100 m realizado en la calle 100 con Autopista Norte. No obstante lo anterior, en que numeral 3.2 del informe se indica que a partir de 38 m se considera la presencia de la formación Subachoque hasta los 200 de profundidad formada por materiales aluviales donde los valores de Vs varían aproximadamente con la raíz cuadrada de la profundidad, pero en los perfiles no se aprecia los materiales con características de dicha formación. En necesario que el consultor aclare este punto de modo que la estratigrafía extrapolada sea consistente con la exploración de campo ejecutada.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

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 los numerales 1.3.2 y 3.2, en el sondeo adicional se indica la realización de un ensayo de Down-Hole a una profundidad de 50 m ejecutado por la firma Ulloa & Díez Ltda., aunque en el registro no aparece el lugar, la fecha y la firma del responsable del ensayo. En la figura 3.7 se indican los resultados de los ensayos Down Hole ejecutados en el lugar del estudio, en la clínica Santa Bibiana y en la calle 100 con Autopista Norte, comparados con la correlación propuesta por Rodríguez y Escallón en 2006. El perfil de Vs hasta 200 m de profundidad se adopta aumentando la velocidad en proporción a la raíz cuadrada de la profundidad para tener en cuenta el efecto del confinamiento. A continuación se resumen los valores determinados a partir de los resultados de la prueba.

1 – 3 m	225 m/s
3 – 20 m	144 m/s
20 – 38 m	169 m/s
38 – 42 m	198 m/s
42 – 46 m	216 m/s
46 – 50 m	219 m/s

Es necesario que el consultor aclare los siguientes aspectos:

- La localización del ensayo ya que el Down Hole aparece como proyecto Colpatria Calle 127.
- Quién ejecutó el ensayo Down Hole y anexar los resultados del mismo firmados por el profesional responsable.

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 con tubo Shelby a tres profundidades diferentes: 10, 30 y 50 m. Para cada profundidad se ejecutaron pruebas de bender element y triaxiales cíclicos de esfuerzo controlado. Los resultados de las pruebas de laboratorio se presentan anexos al informe. Es necesario que el consultor aclare el criterio utilizado para normalizar la curva del material localizado a 10 m de profundidad, ya que el valor del módulo



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

de elasticidad presentado en la figura 3.9 no corresponde con el medido mediante el bender element.

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 un total de 14 acelerogramas de los sismos alternativos aprobados por la DPAE y un sismo de los utilizados en el estudio de Microzonificación Sísmica de Santa Fe 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 3.11.

Se hace necesario que el consultor explique el criterio 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, además es necesario que aclare el nivel donde aparece la formación Subchoque, dado que en la estratigrafía de la exploración de campo ejecutada no está clara la aparición de los materiales de esta formación.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE 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.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

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.

Este numeral se revisa una vez se aclaren por parte del consultor las observaciones anteriores.

5. SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO

La segunda revisión del estudio "Asesoría Geotécnica y Sísmológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Urbanización Córdoba I, Supermanzana I" que se remite como estudio sísmico local y del oficio aclaratorio ER10493 de Agosto 16 de 2007, 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.

En el oficio aclaratorio ER10493 de Agosto 16 de 2007, el consultor anexa el perfil de la perforación adicional de 50 m e indica que está localizada cerca al barreno manual B1. Adicionalmente, el consultor aclara que el criterio utilizado para definir la localización de la formación Subchoque, es la velocidad de la onda de corte, acompañado por los resultados del ensayo de penetración estándar.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

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.

En el oficio aclaratorio ER10493 de Agosto 16 de 2007, el consultor aclara que el ensayo Down Hole nombrado como Colpatria-Calle 127 fue ejecutado en el lote de la Urbanización Córdoba I, Manzana I. Adicionalmente, en dicho oficio se anexa el resultado del ensayo Down Hole firmado por el Ingeniero Alejandro Ulloa de la firma Ulloa y Diez Ltda.

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 oficio aclaratorio ER10493 de Agosto 16 de 2007, el consultor indica que el valor utilizado para normalizar la curva de degradación del módulo, de la muestra de 10 m, es de 15000 kPa, debido a "que este valor inicial se ajusta mejor a los datos del ensayo, dado que para los otros valores de E la curva que se recomendaría sería mucho más baja, por lo tanto se está trabajando de una forma conservadora."

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 ER10493 de Agosto 16 de 2007, el consultor indica el criterio utilizado para la asignación de las curvas dinámicas a los diferentes materiales del modelo.

La curva 1 corresponde a un suelo arcilloso sobreconsolidado, extrapolada de sitios con valores similares de índice de plasticidad y velocidad de onda de corte. La curva 2 se obtuvo a partir de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio para las muestras de 10 m y 30 m. La curva 3 corresponde a los datos reportados para suelos arenosos por Kokoshu (1980), al igual que los resultados de los ensayos dinámicos realizados a la muestra de 50 m,



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

tomando un valor medio entre las arenas y arcillas, ya que la formación Subchoque está compuesta por intercalaciones de arcillas y arenas.

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.

Con base en los resultados de la modelación el consultor recomienda utilizar como espectro de diseño el mostrado en la Figura 3.24 del informe, el cual se presenta en la Figura 2 del presente concepto.

El espectro propuesto inicia con una S_a de 0.2 g, luego asciende hasta 0.325 g en 0.35 segundos, donde continua con este valor hasta los 1.8 segundos. Luego desciende con los valores mínimos de S_a de la zona 4, dados en el decreto 193 de 2006.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

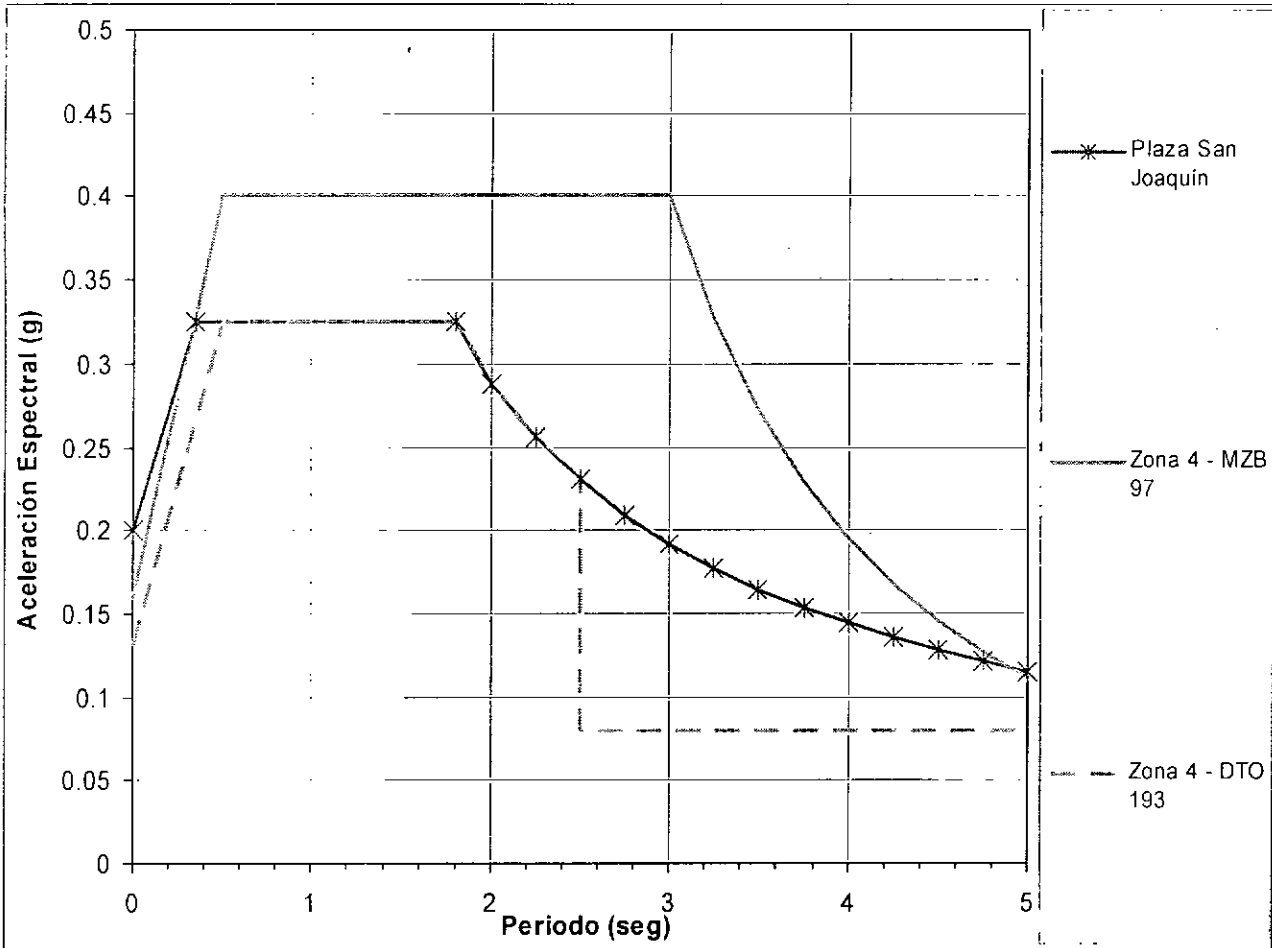


Figura 2. Espectro de diseño recomendado del proyecto Plaza San Joaquín.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

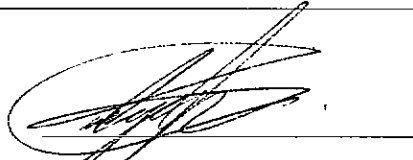
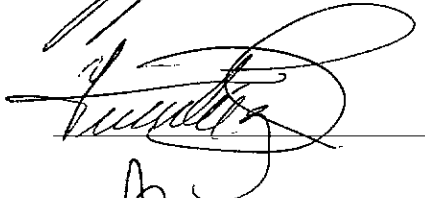
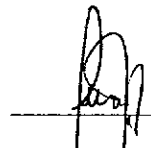
Secretaría
GOBIERNO

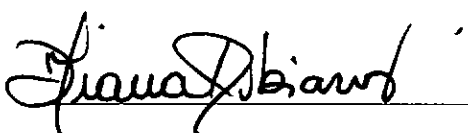
DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

6. 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 mínimos 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	
--------	--	--