



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

CONCEPTO TÉCNICO No CT - 5051
Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local
de Amplificación de Ondas Sísmicas
Artículo 7 - Decreto 193 de 2006

1 INFORMACION GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE: Arq. Adriana López Moncayo - Curaduría Urbana No 3
PROYECTO: EDIFICIO ICANTI
LOCALIDAD: 01 Usaquén
UPZ: 16 Santa Bárbara
BARRIO: Santa Bárbara Occidental
DIRECCIÓN: Carrera 18C No.122-99
CHIP: AAA0106ERXR
TIPO DE RIESGO: Sísmico
EJECUTOR: JEOPROBE Ltda.
FECHA DE EMISION: Diciembre 07 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.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

Adicionalmente, el párrafo 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 "*Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Icanti Edificio Carrera 18 con Calle 122*" elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, a construirse en el predio ubicado en la Carrera 18C No. 122-99. El cual fue radicado el 06 de Noviembre de 2007 mediante oficio ER-14986, 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 complementario ER-15962 radicado el 26 de Noviembre de 2007.

3 GENERALIDADES DEL PROYECTO

De acuerdo con el consultor, el proyecto arquitectónico contempla la construcción de un edificio de seis pisos y sótano.

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

111786 N 103209 E

El informe "*Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Icanti Edificio Carrera 18 con Calle 122*" fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma LFO y Cia Ltda., del 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 REVISIÓN DEL ESTUDIO

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



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

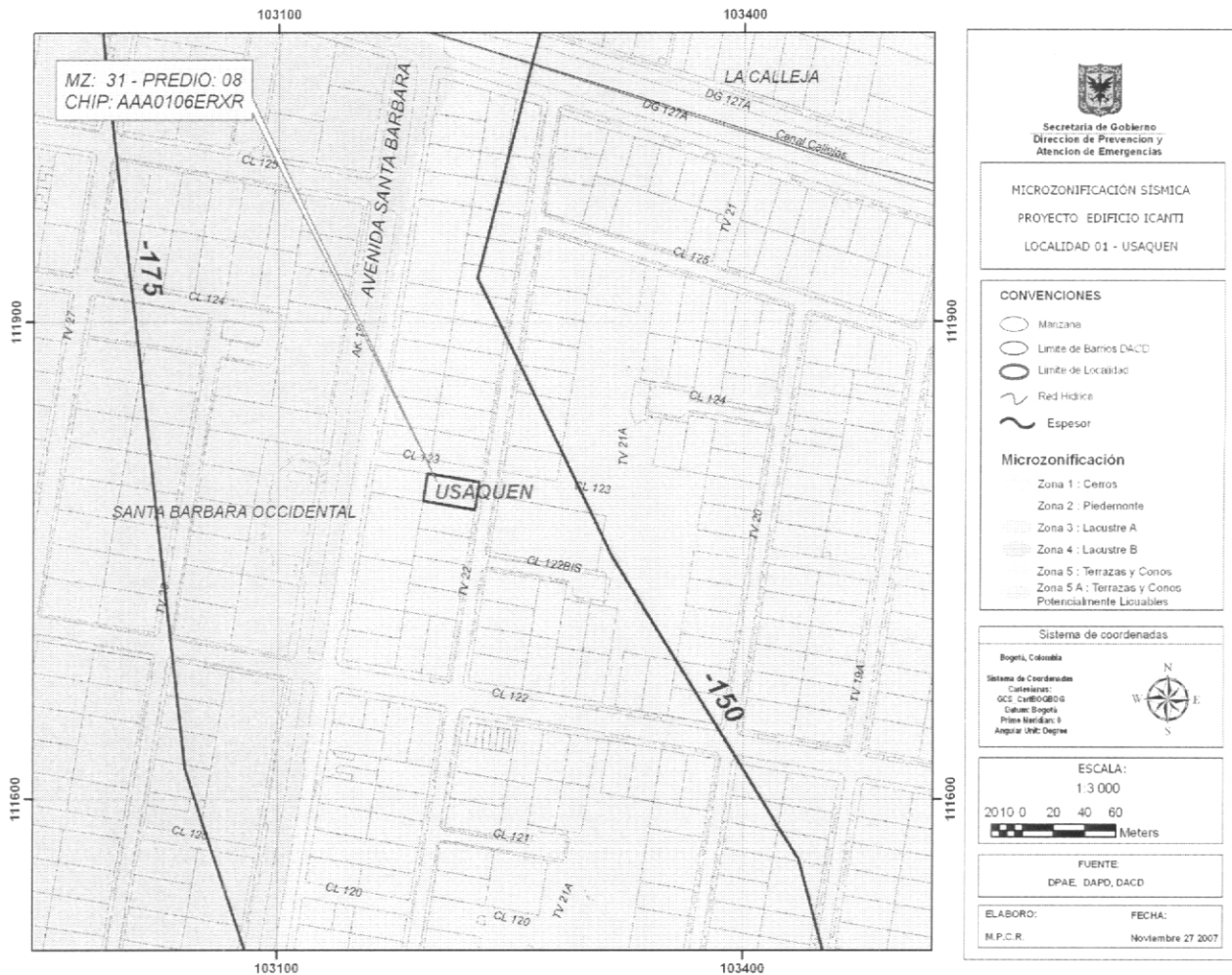


Figura 1. Localización del Proyecto Edificio Icanti.

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.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA 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, 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 LFO y Cia Ltda realizó 6 sondeos, los cuales fueron realizados con tres equipos, uno de percusión y lavado cuyos resultados se complementaron con ensayos de resistencia a la penetración estándar SPT, otro de penetración estática tipo cono holandés y por último uno motorizado de broca helicoidal con muestreo continuo cuyos resultados se complementaron con ensayos de resistencia al corte con veleta in-situ. Los sondeos alcanzaron profundidades comprendidas entre 8,2 y 50 metros; donde se obtuvieron muestras remoldeadas e inalteradas que se utilizaron para su clasificación visual y realización de ensayos de laboratorio. En el sondeo No.6 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 3.2 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 a 0.2/0.8 m: Rellenos arcillosos y capa vegetal.
- De 0.2/0.8 a 0.9/1.5 m: Arcillas orgánicas café de consistencia media a blanda.
- De 0.9/1.5 a 2.4/3.3 m: Arcillas gris verdosa de consistencia media a blanda.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

- De 2.4/3.3 hasta la profundidad de exploración: Limo arcilloso café de consistencia blanda.

Después de los 50 m y hasta los 80 m de profundidad el consultor asume la presencia de la Formación Sabana. Desde los 80 m hasta 130 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), 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 proyectos localizados en la Calle 127 con Carrera 16 y en la Calle 100 con Autopista Norte, comparados con la correlación propuestas por Rodríguez y Escallón en 2006. El perfil de Vs por debajo de la profundidad de exploración se adopta aumentando la velocidad en proporción a un exponente de n 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
0-3	234	0.37
3-50	151	0.42

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.).



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaria
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

Se realizaron ensayos dinámicos a muestras obtenidas con tubo Shelby a 10 y 40 m, en el sondeo 6. Para cada profundidad se ejecutaron pruebas triaxiales cíclicas de esfuerzo controlado y bender element, cuyos resultados 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 DPAAE y el acelerograma de sismo de México empleado 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 3.9.

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 61 estratos de suelo, desde superficie hasta 130 m de profundidad donde el consultor consideró que se localiza en contacto con el basamento rocoso.

El criterio utilizado para la asignación de las curvas dinámicas a los diferentes materiales del modelo se presenta a continuación:



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

- La curva 1 se obtuvo a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio para la muestra localizada a 40 m de profundidad y corresponde a las arcillas preconsolidadas de la Formación Chía.
- La curva 2 de degradación del módulo se obtuvo utilizando las fórmulas de Ishibashi y Zhang 1993, aplicando un factor de corrección para los suelos de la Sabana de Bogotá reportado por Rodríguez et al 2007, un índice de plasticidad de 115 y una presión de confinamiento de 130 kPa. Para la curva de amortiguamiento se tuvieron en cuenta los datos reportados por Vucetic y Dobry en 1991 y los resultados de la prueba de laboratorio para la muestra obtenida a 10 m y corresponde a la Formación Sabana.
- La curva 3 de degradación del módulo se obtuvo utilizando las fórmulas de Ishibashi y Zhang 1993, aplicando un factor de corrección para los suelos de la Sabana de Bogotá reportado por Rodríguez et al 2007, un índice de plasticidad de 95 y una presión de confinamiento de 196 kPa. Para la curva de amortiguamiento se tuvieron en cuenta los datos reportados por Vucetic y Dobry en 1991.
- La curva 4 de degradación del módulo se obtuvo utilizando las fórmulas de Ishibashi y Zhang 1993, para un índice de plasticidad de 20 y una presión de confinamiento de 440 kPa. Para la curva de amortiguamiento se tuvieron en cuenta los datos reportados por Kokoshu en 1980, los valores reportados por Vucetic y Dobry en 1991 y los calculados con las mediante las expresiones de Ishibashi y Zhang 1993, corresponde a la Formación Subachoque.

El estudio CUMPLE 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.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaria
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

Con base en los resultados de la modelación, el consultor reclasifica el sitio a Zona 4 y recomienda utilizar como espectro de diseño el mostrado en la figura 3.32 de estudio, el cual es presentado en la Figura 2 del presente concepto.

El espectro propuesto inicia con una S_a de 0.2 g, el cual asciende de manera lineal hasta llegar a un valor de 0.29 g en 0.13 segundos, donde aumenta la pendiente hasta alcanzar un valor de 0.51g en 0.3 segundos, continuando con este valor hasta 0.38 segundos, donde desciende linealmente hasta 0.4 g donde sigue los valores del espectro de Zona 4 dados en la Microzonificación Sísmica de Bogotá.

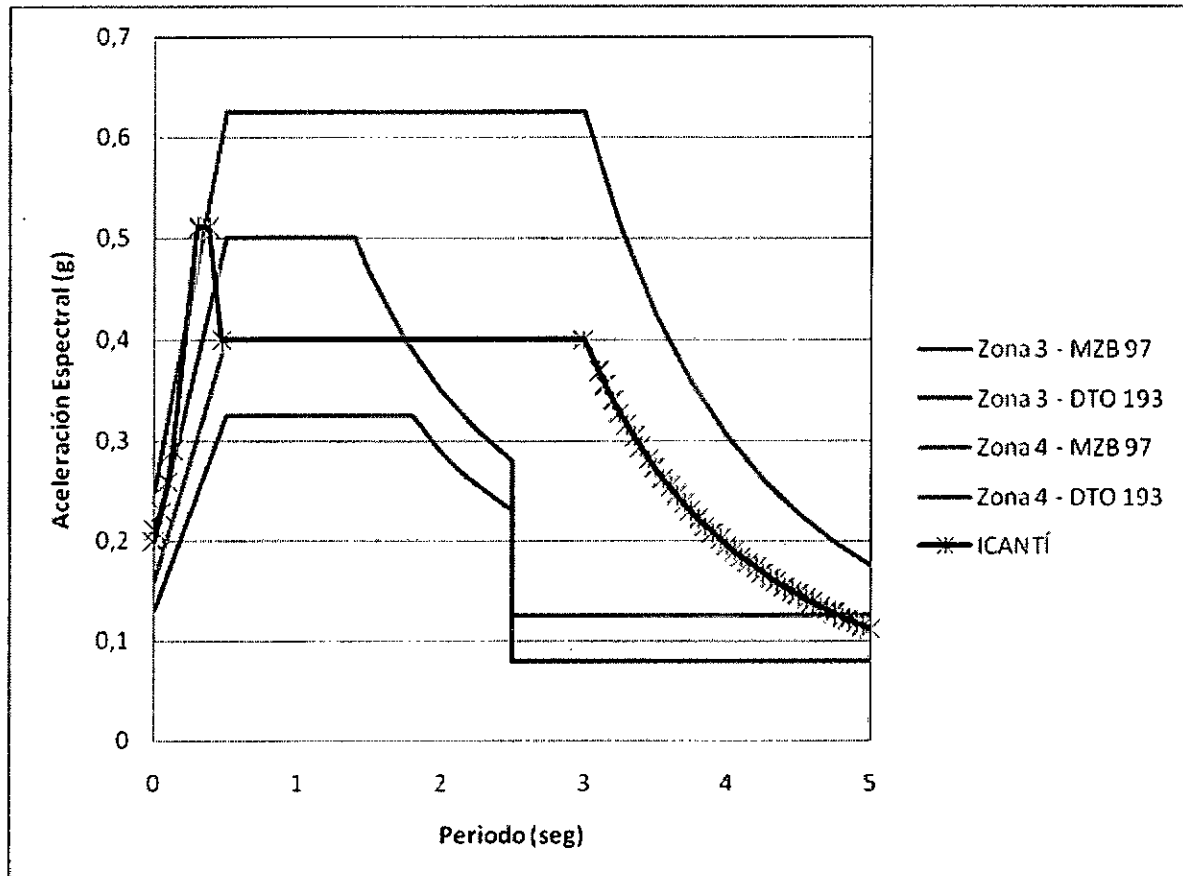


Figura 2. Espectro de diseño recomendado para el proyecto Icanti.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.


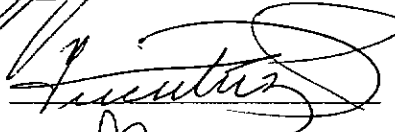
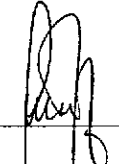
Secretaría
GOBIERNO

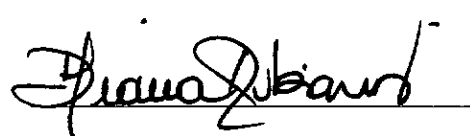
DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

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 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 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	
--------	--	--