

	<b>CONCEPTO TÉCNICO DE REVISIÓN DE ESTUDIOS DE RESPUESTA DE AMPLIFICACIÓN LOCAL DE ONDAS SÍSMICAS</b>	Código:	GPR-FT-09
		Versión:	01
		Código Documental:	

## 1 INFORMACIÓN DE REFERENCIA

1.1	CONCEPTO TÉCNICO No. CT:	5280
1.2	ÁREA:	INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
1.3	COORDINACIÓN:	CONCEPTOS TÉCNICOS
1.4	REFERENCIA CRUZADA RADICADO FOPAE:	2008ER6764
1.5	RESPUESTA OFICIAL No. RO:	30702

## 2 INFORMACIÓN GENERAL

2.1	SOLICITANTE:	JUAN REINALDO SUÁREZ MEDINA CURADURÍA URBANA NO.1
2.2	PROYECTO:	CENTRO INTERNACIONAL
2.3	LOCALIDAD:	3 SANTA FE
2.4	UPZ:	101 TEUSAQUILLO
2.5	BARRIO O SECTOR CATASTRAL:	SAN DIEGO
2.6	DIRECCIÓN:	ENTRE LA CL 27 Y DG 28 CON AVENIDA CARACAS
2.7	CHIP:	AAA0087OZXR, AAA0087OZYX, AAA0087OZZM, AAA0087PDCN
2.8	FECHA DE EMISIÓN:	08 DE JULIO DE 2008.
2.9	EJECUTOR DEL ESTUDIO:	JEOPROBE Ltda.

## 3 INTRODUCCIÓN

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

	<b>CONCEPTO TÉCNICO DE REVISIÓN DE ESTUDIOS DE RESPUESTA DE AMPLIFICACIÓN LOCAL DE ONDAS SÍSMICAS</b>	Código:	GPR-FT-09
		Versión:	01
		Código Documental:	

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 "Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Centro Internacional" elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, a construirse en el predio ubicado entre la Cl 27 y Dg 28 con Avenida Caracas de Bogotá. El cual fue radicado el 10 de Junio de 2008 mediante oficio 2008ER-6764, por el Dr. Juan Reinaldo Suárez Medina de la Curaduría Urbana No.1, remitido como estudio sísmico local en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 193 de 2006.

#### 4 GENERALIDADES DEL PROYECTO "CENTRO INTERNACIONAL"

De acuerdo con el consultor, el proyecto arquitectónico contempla la construcción de un edificio de cinco sótanos y treinta y cinco pisos de altura.

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

102250 N      100650 E

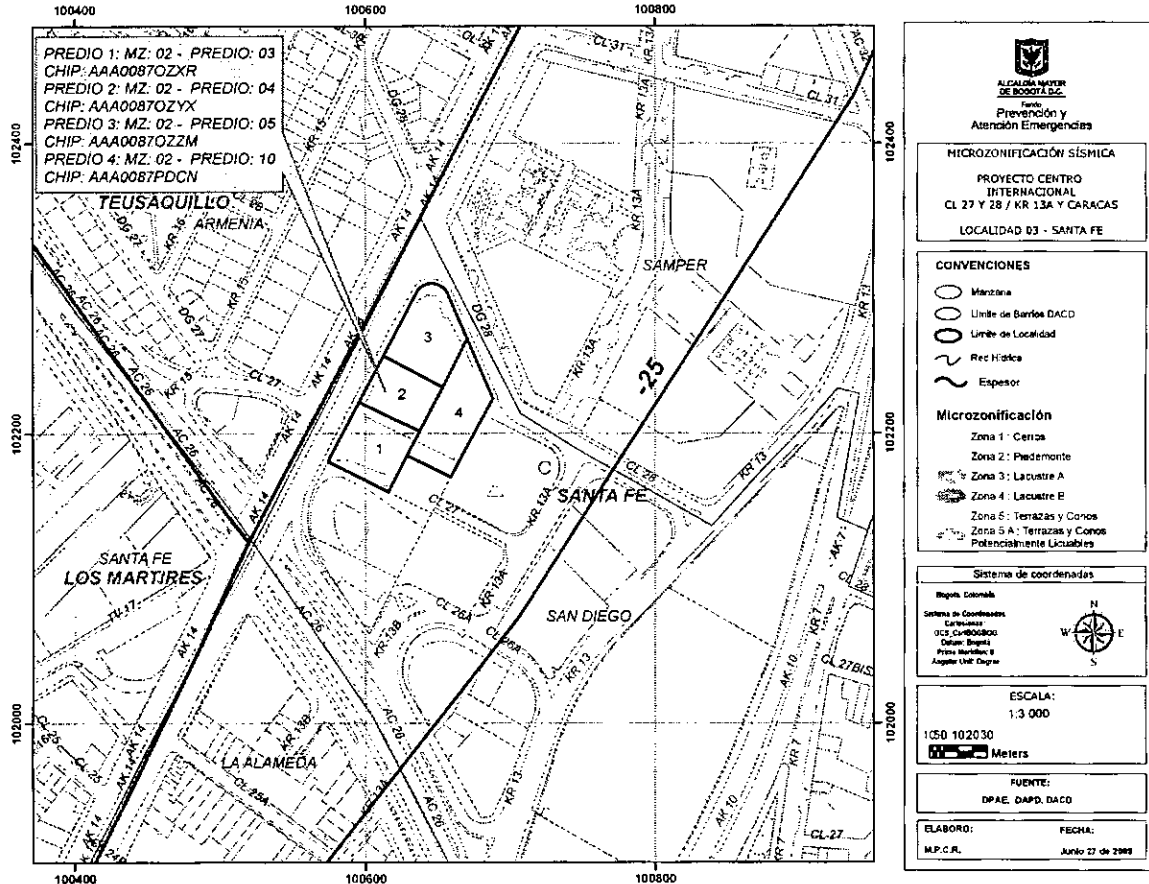
El informe "Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Centro Internacional" fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma AUS Ltda., de un ensayo Down Hole realizado por la firma Ulloa y Díez y el apoyo del laboratorio de pruebas y ensayos de la Universidad de la Pontificia Universidad Javeriana.

#### 5 PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO- CONCEPTO TÉCNICO NO. CT-5280 (FECHA: 08/07/2008)

La revisión del informe presentado para el proyecto Centro Internacional 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 corroborar 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.

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. GOBIERNO DE TURISMO Y CONVIVENCIA Fondo de Prevención y Atención a Emergencias</p>	<b>CONCEPTO TÉCNICO DE REVISIÓN DE ESTUDIOS DE RESPUESTA DE AMPLIFICACIÓN LOCAL DE ONDAS SÍSMICAS</b>	Código:	GPR-FT-09
		Versión:	01
		Código Documental:	



**Figura 1. Localización del Proyecto Centro Internacional.**

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.

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

En el numeral 1.1 y 3.2 del informe, se indica que el sitio del proyecto se encuentra localizado en la Zona 2 (Piedemonte) 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.



	<b>CONCEPTO TÉCNICO DE REVISIÓN DE ESTUDIOS DE RESPUESTA DE AMPLIFICACIÓN LOCAL DE ONDAS SÍSMICAS</b>	Código:	GPR-FT-09
		Versión:	01
		Código Documental:	

**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.**

De acuerdo con los numerales 1.3.2 y 3.2 del informe, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lote del proyecto, la firma AUS Ltda. realizó dos (2) sondeos que alcanzaron los 62 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 el sondeo S-2 se realizó el ensayo Down Hole y se obtuvieron tres muestras inalteradas para los ensayos dinámicos de laboratorio. Los registros de las perforaciones y el plano de la localización se presentan anexos al informe.

Según el numeral 3.2 del informe, 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 2.5/8.7 m: Rellenos arcillosos con escombros y rocas.
- De 2.5/8.7 a 17 m: Arcilla gris oscura con gravas gruesas de consistencia muy dura.
- De 17 a 36 m: Limos arcillosos y limos arenosos cafés y grises oscuros de consistencias media y dura, con lentes de turba y arena.
- De 36 a 59 m: Arcillas y arcillas arenosas de consistencia dura a muy dura, con intercalaciones de gravas embebidas en una matriz arcillosa.
- De 59 a hasta la profundidad de exploración (62 m): Arcillolitas alteradas.

Después de los 62 m y hasta los 70 m de profundidad, donde el consultor indica que se encuentra el contacto del depósito de suelo con la roca sana, el perfil geotécnico se complementó extrapolando el último estrato encontrado.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

**5.3 Realizar ensayos de velocidad de onda de corte,  $V_s$ , por medio de métodos de campo como down hole, cross hole y otros equivalentes.**

Según el numeral 3.2 y los anexos del informe, en el lugar del estudio se realizó un ensayo de Down-Hole a una profundidad de 54 m ejecutado por la firma Ulloa y Diez. En la figura 3.5 se indican los resultados del ensayo Down Hole ejecutado en el lugar del estudio y en los proyectos Parque Central

	<b>CONCEPTO TÉCNICO DE REVISIÓN DE ESTUDIOS DE RESPUESTA DE AMPLIFICACIÓN LOCAL DE ONDAS SÍSMICAS</b>	Código:	GPR-FT-09
		Versión:	01
		Código Documental:	

Bavaria, Parque Central Bavaria Mz 3 y Porvenir. A continuación se resumen los valores determinados a partir de los resultados de la prueba.

Profundidad (m)	Vs (m/s)	$\nu$
4-8	250	0.34
8-15	346	0.36
15-35	238	0.41
35-48	373	0.37
48-54	512	0.38

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.).**

Según el numeral 3.2 del informe, se realizaron ensayos dinámicos a muestras obtenidas con tubo Shelby a tres profundidades diferentes: 6, 14 y 28 m. Para cada profundidad se ejecutaron pruebas de bender elements y triaxiales cíclicos de esfuerzo controlado. Los resultados de las pruebas de laboratorio se presentan anexos al informe. Se observa concordancia entre los datos obtenidos en el laboratorio y los presentados en las memorias de cálculo del informe.

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.**

En el numeral 2.4 del estudio se indica que se utilizaron un total de 14 acelerogramas de los sismos alternativos aprobados por la DPAE y el acelerograma del 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.

- 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 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

	<b>CONCEPTO TÉCNICO DE REVISIÓN DE ESTUDIOS DE RESPUESTA DE AMPLIFICACIÓN LOCAL DE ONDAS SÍSMICAS</b>	Código:	<b>GPR-FT-09</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Código Documental:	

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 y los criterios empleados para la asignación de curvas dinámicas se presentan en el numeral 3.2 del estudio.

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 tres (3) diferentes tipos de materiales y 45 estratos de suelo, desde superficie hasta 70 m de profundidad donde el consultor consideró que se localiza en contacto con el basamento rocoso.

Adicionalmente, debido a que el sitio corresponde a la Zona 2 Piedemonte y a que la pendiente longitudinal del terreno supera el 10%, el consultor ejecuta una modelación bidimensional utilizando el programa de elementos finitos PLAXIS Professional V7.2, considerando el suelo como un material elástico y utilizando un esquema de amortiguamiento numérico de tipo Rayleigh, con parámetros alfa y beta que dependen de la frecuencia del sistema y de la relación de amortiguamiento. En las figuras 3.9 y 3.10 del informe se presenta el modelo empleado para los análisis, la distribución de materiales y el nodo en el que se calcularon las historias de aceleraciones. El nodo empleado para calcular la historia de aceleraciones corresponde a placa de piso del primer sótano. En las tablas 3.2 y 3.3 de la página 18 se presentan las propiedades elásticas empleadas en los análisis.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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

Debido a que el sitio del estudio se encuentra en la Zona 2 (Piedemonte) 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.

### **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 el espectro mínimo de la Zona 2 (Piedemonte).


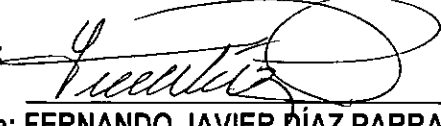


El estudio CUMPLE con este requerimiento.

	<b>CONCEPTO TÉCNICO DE REVISIÓN DE ESTUDIOS DE RESPUESTA DE AMPLIFICACIÓN LOCAL DE ONDAS SÍSMICAS</b>	Código:	GPR-FT-09
		Versión:	01
		Código Documental:	

## 6 CONCLUSIONES

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.

<b>Elaboró:</b>  <b>Nombre:</b> CARLOS JAVIER PEDRAZA ALFONSO. Profesión: Ingeniero Civil, MSc Geotecnia. Matrícula Profesional: M.P. 15202098211BYC.	<b>Revisó:</b>  <b>Nombre:</b> FERNANDO JAVIER DÍAZ PARRA Coordinación de Conceptos Técnicos
<b>Aprobó:</b>  <b>Nombre:</b> GERMÁN BARRETO ARCINIEGAS Subdirección de Investigación y Desarrollo	<b>Vo.Bo:</b>  <b>Nombre:</b> GUILLERMO ESCOBAR CASTRO Dirección