CONCEPTO TÉCNICO No CT - 5193
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
PROYECTO:	**COUNTRY 147 – CEDRITOS**
LOCALIDAD:	1 Usaquén
UPZ:	13 Los Cedros
BARRIO:	Cedro Salazar
DIRECCIÓN:	Carrera 7F No. 147-05
CHIP:	AAA0194SUTO
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	JEoprobe Ltda.
FECHA DE EMISION:	Marzo 18 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

BOG Bogotá Positiva
GOBIERNO DE LA CIUDAD
Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

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 *"Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Edificio Carrera 7F No.147-05"* elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, a construirse en el predio ubicado en la Carrera 7F No.147-05, que se remitió como estudio sísmico local en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 193 de 2006.

La solicitud de revisión del estudio fue radicada mediante oficio 2008ER-814 del 25 de Enero de 2008 por la Ing. Camila Castell Córdoba de la Curaduría Urbana No.5, que se complementó posteriormente con el oficio 2008ER-1059 el 31 de Enero de 2008 y la respuesta de observaciones se radicó el día 6 de Marzo de 2008 mediante el oficio 2008ER-2476 por parte de la firma JEoprobe Ltda.

3 GENERALIDADES DEL PROYECTO

De acuerdo con el consultor, el proyecto arquitectónico contempla la construcción de un edificio de 13 pisos de altura, con sótano y semisótano.

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

114230 N 105260 E

El informe *"Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica del Proyecto Edificio Carrera 7F No.147-05"* fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma AUS y Cía. 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.

Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

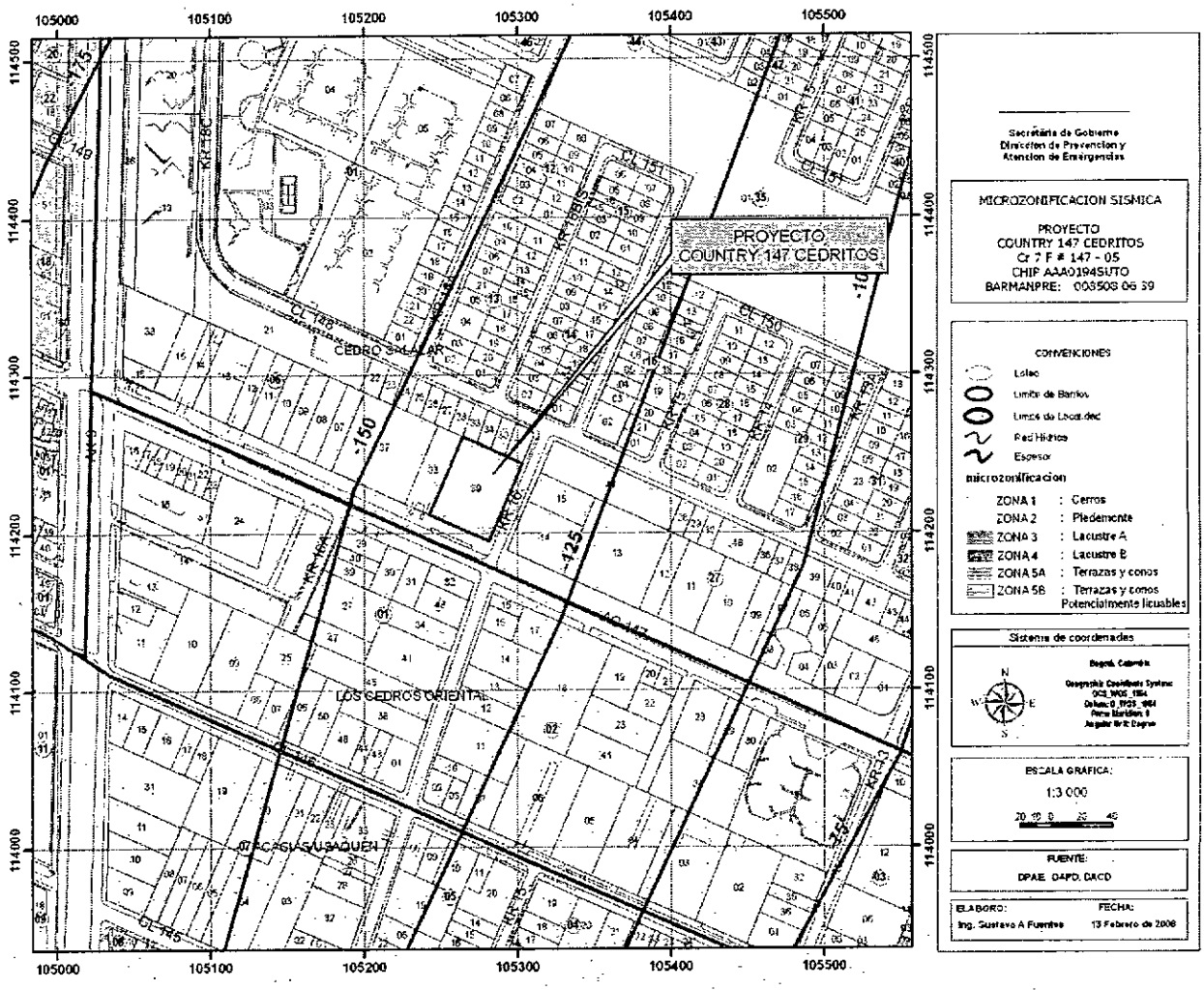

Figura 1. Localización del Proyecto Country 147 Cedritos.

4 PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO (FEBRERO DE 2008)

La revisión del informe presentado para el proyecto Country 147 - Cedritos 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

BOG BOGOTÁ POSITIVA
GOBIERNO DE LA CIUDAD
Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

diseño recomendado, cuando dicho espectro es diferente al espectro de diseño definido por el Decreto 193.

El concepto técnico 5162 de Febrero 25 de 2008 emitido por la DPAE relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo, se transcribe a continuación:

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 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.

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 cinco (05) sondeos que alcanzaron profundidades entre 10 y 52 m; 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 y de veleta de corte. Adicionalmente, en el sondeo P-3 de 52 m de profundidad, se ejecutó el ensayo Down Hole por parte de la firma Ulloa & Diez Ltda., de este sondeo se tomaron muestras en tubo Shelby sobre las que se hicieron los ensayos de laboratorio para determinar las propiedades dinámicas. Los registros de las perforaciones junto con el plano de la localización se presentan anexos al 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 0.5/1.1 m: Rellenos heterogéneos.

Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

- De 0.5/1.1 a 1.5/2.1 m: Arcillas café de consistencia media.
- De 1.5/2.1 a 3.4/7.6 m: Limos arcillosos de color gris oscuro con capas de arena y grava de densidad media.
- De 3.4/7.6 a 41.8/43 m: Limos arcillosos de color café con lentes de turbas.
- De 41.8/43 a 47.5/50.6 m: Arenas café compactas.
- De 47.5/50.6 hasta la profundidad de explotación (51 m): Gravas en matriz arcillo arenosa de color café, muy compactas.

Después de los 51 m y hasta los 60 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 los resultados del estudio de riesgo sísmico para la cuenca del Salitre (HMV, 2003)

Sin embargo de acuerdo al mapa de espesores de sedimento presentado en la figura 1 del presente concepto, se observa que el basamento rocoso se encuentra a 140 m +/- 50 m, por lo cual la profundidad aproximada es superior a 60 m. Es necesario que el consultor ajuste su perfil geotécnico al espesor del mapa de sedimentos de acuerdo con el articulo 7 numeral 5 del Decreto 193 de 2006.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE 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 los numerales 1.3.2 y 3.2, en el sondeo P-3 se realizó un ensayo de Down-Hole a una profundidad de 50 m ejecutado por la firma de Ulloa & Diez Ltda. En la figura 3.3 se indican los resultados de los ensayos Down Hole ejecutados en el lugar del estudio, en la Calle 170 con Autopista Norte y en la Calle 127 con Carrera 16, comparados con la correlación entre el SPT y la velocidad de onda de corte propuesta por GEC en 2002. El perfil de Vs se complementó hasta los 60 m adoptando la presencia de la Formación Subachoque a partir de los 40 m, aumentando la velocidad en proporción a un exponente de 0.5 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.

Profundidad (m)	Vs (m/s)	ν
3-34	144	0.33
34-50	211	0.42

BOGOTÁ POSITIVA
GOBIERNO DE LA CIUDAD
Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

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 las muestras obtenidas con tubo Shelby a 16 y 25 m de profundidad, en el sondeo P-3. Para estas profundidades se ejecutaron pruebas de Bender Elements y triaxiales cíclicos de esfuerzo controlado. Los resultados de las pruebas de laboratorio se presentan anexos al informe y se observa concordancia entre los datos obtenidos en el laboratorio y los presentados en las Figuras 3.4 y 3.5 del 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 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.

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

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

Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

onda con valores mínimos y máximos típicos. Por otro lado, dentro de los análisis se consideran dos (2) tipos de materiales y 50 estratos de suelo, desde superficie hasta 60 m de profundidad donde el consultor consideró que se localiza el contacto con el basamento rocoso.

Sin embargo es necesario que el consultor:

- Ajuste el perfil análisis de acuerdo con la profundidad presentada en el mapa de espesores de sedimento del estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá.

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 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.

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 revisará una vez el consultor cumpla con las aclaraciones de los puntos 4.2 y 4.6 del presente concepto.

5. SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO

La segunda revisión realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del proyecto Country 147 - Cedritos a construirse en la Carrera 7F No.147-05 que se remitió como estudio sísmico local y del oficio aclaratorio 2008ER-2476 de Marzo 6 de 2008, se efectúa siguiendo los requerimientos consignados en el Decreto 193 de 2006 para este tipo de estudios.

BOG BOGOTÁ POSITIVA
GOBIERNO DE LA CIUDAD
Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

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 2008ER-2476 de Marzo 6 de 2008, el consultor justifica que el contacto con el basamento rocoso se asumió a 60 m de profundidad basado en los resultados de la exploración del subsuelo y la prueba de Down Hole realizada, que indican la aparición de materiales de la transición de la Formación Sabana y la Formación Subachoque, motivo por el cual se adoptó dicha profundidad.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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.).

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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.

Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

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 2008ER-2476 de Marzo 6 de 2008, el consultor justifica que el contacto con el basamento rocoso se asumió a 60 m de profundidad basado en los resultados de la exploración del subsuelo y la prueba de Down Hole realizada, que indican la aparición de materiales de la transición de la Formación Sabana y la Formación Subachoque, motivo por el cual se adoptó dicha profundidad.

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 3.29 del informe, el cual se presenta en la Figura 2 del presente concepto.

El espectro propuesto inicia con una Sa de 0.24 g, el cual asciende hasta 0.6 g entre 0.2 y 0.9 segundos, presentando dos picos de aceleraciones espectrales de 0.7 g a 0.4 s y 0.63 g a 0.6 s, a partir de 0.9 s desciende con los valores del espectro mínimo de la Zona 2 hasta 1.6 s, donde aumenta a 0.4 g aproximadamente entre 1.7 y 2.1 s, finalmente sigue descendiendo para tomar los valores del espectro mínimo de la Zona 2 a 2.5 s. El espectro propuesto es valido hasta un periodo de 3 segundos.

Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

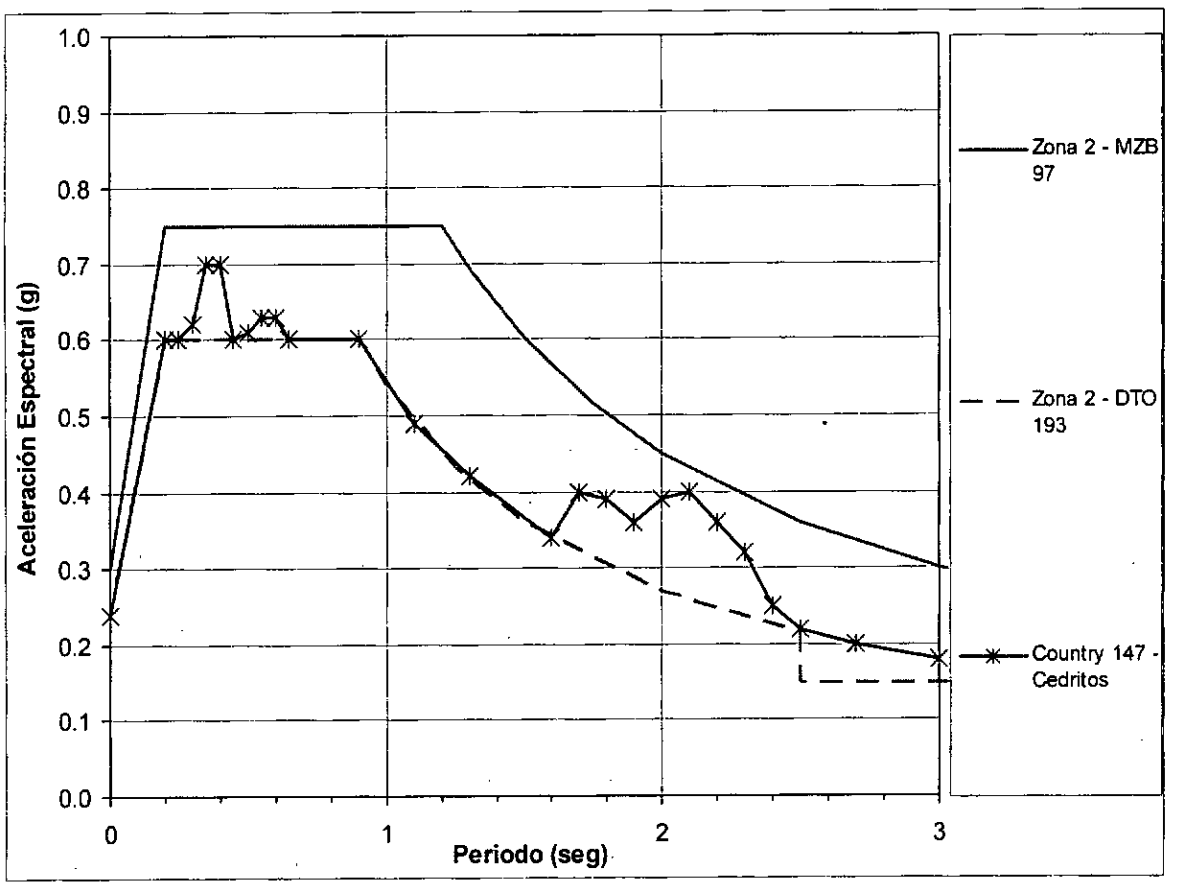

Figura 2. Espectro de diseño recomendado para el proyecto Yacali.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

BOG BOGOTÁ POSITIVA
GOBIERNO DE LA CIUDAD
Diagonal 47 No. 778 -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y . www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

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.

Elaboró **FERNANDO JAVIER DÍAZ PARRA**
Ingeniero Civil, MSc Geotecnia
M.P. 25202093681 CND

Aprobó **GUILLERMO ÁVILA ÁLVAREZ**
Subdirector Investigación y Desarrollo

Vo.Bo. **GUILLERMO ESCOBAR CASTRO**
DIRECTOR

Diagonal 47 No. 77B -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co