Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia
www.scg.org.co

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

CONCEPTO TECNICO No. CT- 4239 de 2005

Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Artículo 7 - Decreto 074 de 2001

1. INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:	L.F.O. Ingenieros Consultores
LOCALIDAD:	Usaquén
BARRIO:	Santa Bárbara Oriental
PROYECTO:	**Calle 122 con Carrera 9**
UPZ:	14 Usaquén
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	L.F.O. Ingenieros Consultores
FECHA DE EMISION:	Noviembre 11 de 2005

2. ANTECEDENTES

De acuerdo con el Decreto 074 del 30 de enero de 2001, por el cual se complementa y modifica el Código de Construcción de Bogotá, D.C., se identifican los límites de Microzonificación Sísmica de Bogotá, D.C. y se adoptan los espectros de diseño, se establece que las construcciones y edificaciones de cualquier índole que se levanten en Bogotá, D. C. o que sean ampliadas, adecuadas o modificadas en forma tal que conlleven intervención estructural, deberán diseñarse y construirse dependiendo de la zona en la cual se encuentren según la Microzonificación Sísmica, acogiendo al efecto los espectros 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 074 de 2001, 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 Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, D.C. – FOPAE - y la Sociedad Colombiana de Geotecnia – SCG – han acordado la realización de una asesoría técnica por parte de la SCG al FOPAE en la Revisión de Estudios y Metodologías de Evaluación de Riesgo Sísmico y por Fenómenos de Remoción en Masa.

El presente concepto técnico corresponde a la **segunda revisión** realizada por la Sociedad Colombiana de Geotecnia del Estudio de Suelos y Análisis de Cimentaciones, para los edificios del Proyecto Calle 122 con Carrera 9, barrio Santa Bárbara Oriental de esta ciudad, que en el informe de Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza sísmica Proyecto Calle 122 con carrera 9, se incluye la Caracterización Sísmica para efectos del Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas, en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO CALLE 122 CON CARRERA 9

El estudio entregado a esta entidad no indica que tipo de construcción se adelantará en el lote localizado en la carrera 9 con calle 122, barrio Santa Bárbara de la localidad de Usaquén, en la ciudad de Bogotá, D.C. (Figura 1).

El estudio de suelos y análisis de cimentaciones para los edificios del Proyecto Calle 122 con carrera 9, fue realizado por la L.F.O. Ingeniería de Suelos, y en otro estudio elaborado por el Ingeniero Jorge Alberto Rodríguez se presenta el Estudio de Amenaza Sísmica Local, que incluye el estudio particular de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas.

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

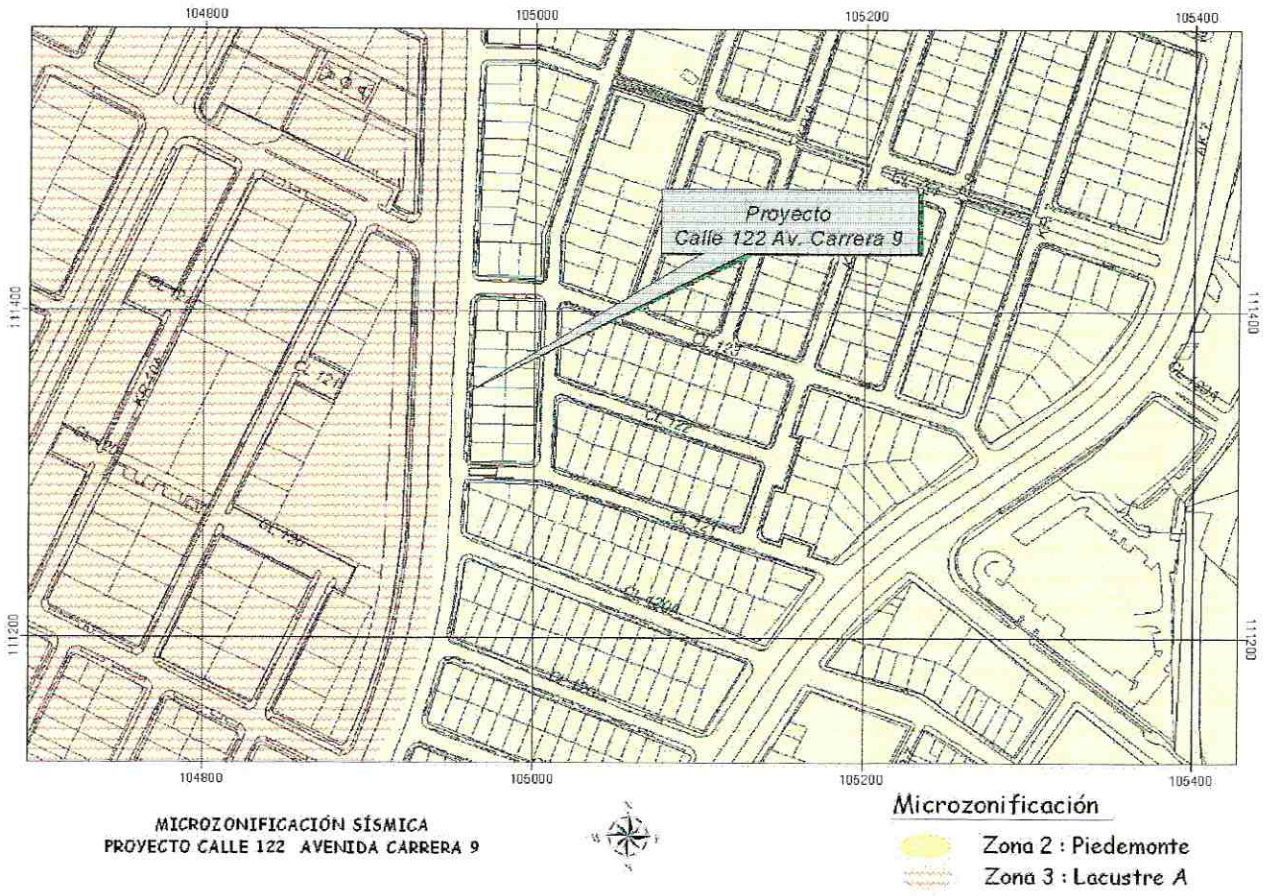


Figura 1 Ubicación General del Proyecto Calle 122 con Carrera 9

4. REVISIÓN INICIAL DEL ESTUDIO

La revisión del informe LFO-5835 ¨ Estudio de Suelos para "EL Proyecto calle 122 con carrera 9", se hizo a la luz de los requerimientos consignados en el Decreto 074 de 2001 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 074.

El concepto técnico No. CT- 4216 de Septiembre 22 de 2005 relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo se transcribe, 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 la sección 1.1 del informe se define la localización del proyecto de acuerdo con en el mapa de Microzonificación Sísmica de Bogotá, ubicándolo en la Zona 3 Lacustre A. Esta ubicación esta de acuerdo con el Decreto 074 de 2001.

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**.

En el estudio se menciona la realización de una perforación a una profundidad de 52 metros. El autor presenta los valores del ensayo de penetración estándar, y estos los correlaciona para obtener los valores de Vs, los cuales correlaciona bien con los medidos con la prueba down-hole. Se le solicita aclarar al consultor cual fue la correlación utilizada para el cálculo del Vs a partir del ensayo de penetración estándar. De igual manera en el informe se menciona la realización de un ensayo Down-Hole, por la firma PSI, el cual no se anexa en el presente informe, se solicita anexar el respectivo soporte de dicha prueba. Aunque el consultor realiza los análisis para unas condiciones de velocidad de ondas de corte máxima y mínima, los valores de Vs medidos con el down-Hole, en el tramo comprendido entre 27 metros y 52 metros son bastante inferiores a los reportados en la calle 130 con carrera 9, realizada por el autor en otro estudio. Se recomienda además de los anteriores análisis, realizar un cálculo adicional con los valores medidos en el sitio.

Cumplimiento parcial de este requerimiento

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

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.

Se hizo un ensayo de Down Hole, se solicita sin embargo anexar los respectivos soportes de la prueba.

Cumplimiento parcial de 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 dos ensayos dinámicos (triaxial cíclico) sobre muestras de suelos de grano fino obtenidas a profundidades de 10 y 20 metros. Desafortunadamente se detectaron las siguientes inconsistencias:

- *Es necesario revisar los valores reportados por las pruebas de laboratorio, ya que en el anexo de ensayos de laboratorio, se reportan pesos unitarios de 0.09 gr/cm3 (S4-9) y 0.06 gr/cm3 (s4-14).*
- *En la figura 3.5 se presenta la curva de módulo de elasticidad contra deformación para las muestras a 10 y 20 metros de profundidad, se solicita aclarar si es módulo de elasticidad o módulo de corte (ya que es este último el que se necesitaría para este tipo de análisis).*
- *Es necesario revisar y analizar los resultados de los ensayos triaxiales cíclicos realizados en la Universidad Javeriana, ya que la muestra S4 -9 Sh1, correspondiente a un limo arcilloso café (MH), presenta un comportamiento similar al de una arena, y la trayectoria de esfuerzos (p-q), llega hasta el origen, lo cual es imposible en un suelo fino. Se solicita aclarar, esta inconsistencia.*
- *Las curvas de amortiguamiento contra deformación de corte, son bastantes dudosas, ya que la muestra experimenta un ascenso en el amortiguamiento hasta una deformación de 0.06, luego un ascenso brusco hasta 3.6 y luego una disminución del amortiguamiento. Es importante resaltar que este tipo de comportamiento no lo puede simular el EERA, como bien lo aclara BARDET, J. P. (2000) en el manual del programa.*
- *Es importante recordar que este tipo de equipos (GDS), no está en capacidad de medir presiones de poros negativas, por lo cual es necesario aclarar si en los resultados de presión de poros contra tiempo, se esta teniendo en cuenta o no la contrapresión?*

- *Desafortunadamente, no se observa una buena correlación entre el módulo de corte (datos de laboratorio) y las curvas adoptadas. La condición es aún más crítica para las curvas de amortiguamiento donde no existe correlación entre los datos de campo y las curvas adoptadas.*
- *Finalmente se solicita al consultor revisar los valores del amortiguamiento, ya que los valores presentados son muy elevados (30% a 50% de amortiguamiento). Si revisamos los valores típicos reportados por Ishibashi y Zhang (Unified Dynamic Shear Moduli and Damping ratios for Sand and Clay), nos encontramos que los máximos valores reportados son del 32 %.*

Cumplimiento parcial de este requerimiento.

4.5 Utilizar todos los acelerogramas del proyecto de microzonificación sísmica de Bogotá, en la obtención del espectro de respuesta en superficie.

El estudio cumple ampliamente 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.

El estudio utiliza el programa de diferencias finitas EERA.

El estudio cumple con este requerimiento

4.7 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.

Debido a que en el perfil estratigráfico se detectaron unos estratos de arena, se hace necesario evaluar el potencial de licuación, para lo cual se recomienda utilizar el método simplificado de Seed (1986), el cual ha tenido mejoras importantes, como las introducidas por Youd (1997). Finalmente, la revisión del espectro de respuesta propuesto por los asesores, esta supeditada a la aclaración de las dudas planteadas en las secciones anteriores

Cumplimiento parcial de este requerimiento

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

5. SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO DE FECHA OCTUBRE 4 DE 2005

5.1 ATENCIÓN A LA OBSERVACIÓN 4.1

El estudio cumple con este requerimiento desde la anterior observación.

5.2 ATENCIÓN A LA OBSERVACIÓN 4.2

En la figura 3.4 el consultor presenta la correlación entre Vs y el número de golpes del ensayo de penetración estandar. Lo que es claro, es que este tipo de correlación es muy pobre y la dispersión de los datos muy grande, como para pretender correlacionar estas pruebas, máxime cuando una se realiza a pequeñas deformaciones (Down-hole), y la otra a grandes deformaciones (SPT). Por tal motivo, este tipo de correlación no puede ser aceptada, máxime cuando se trata de un estudio de detalle. No sobra recordar que el SPT es válido únicamente en suelos granulares y que su extrapolación a suelo finos no es cierta. Se recomienda al consultor tener en cuenta esta observación, ya que para futuros estudios no se aceptará este tipo de correlaciones.

El estudio cumple con este requerimiento

5.3 ATENCIÓN A LA OBSERVACIÓN 4.3

El estudio anexa los respectivos soportes de la prueba Down-hole.

El estudio cumple con este requerimiento.

5.4 ATENCIÓN A LA OBSERVACIÓN 4.4

Para futuros estudios, se recomienda realizar ensayos granulométricos con el fin de verificar la distribución de los materiales, para evitar clasificar un material como fino pero cuyo comportamiento sea el de un material granular. Adicionalmente, es necesario revisar la manera como se solicita la realización de los ensayos triaxiales, ya que el consultor realiza una vehemente defensa de sus resultados, pero lo cierto, es que este tipo de pruebas (multitriaxiales), no son representativas del comportamiento esfuerzo-deformación del suelo ante carga dinámica. Prueba de ello, es la gran dispersión de los datos del módulo de corte y del amortiguamiento. De igual, manera se menciona el uso de las correlaciones de Ishibashi, pero no se profundiza sobre su utilización, ya que Investigaciones realizadas por Ingeominas en la microzonificación sísmica de Cali, muestran que estas correlaciones no son totalmente aplicables.

Finalmente, se observa en las pruebas de laboratorio una pérdida importante de rigidez cuando se incrementa el esfuerzo desviador. Esto deja en entredicho la validez de estos ensayos multitriaxiales. Este problema se podría obviar un poco, permitiendo para cada esfuerzo desviador un número limitado de ciclos y no diez como lo realizan actualmente, debido a esto el consultor se hace responsable de los resultados obtenidos en los análisis. Además es recomendable revisar el cálculo del amortiguamiento, ya que esos valores de amortiguamiento tan altos no son factibles. Se debe tener en cuenta que para futuros estudios no se aceptará este tipo de análisis.

El estudio cumple con este requerimiento

5.5 ATENCIÓN A LA OBSERVACIÓN 4.5

El estudio cumple con este requerimiento

5.6 ATENCIÓN A LA OBSERVACIÓN 4.6

El estudio cumple con este requerimiento

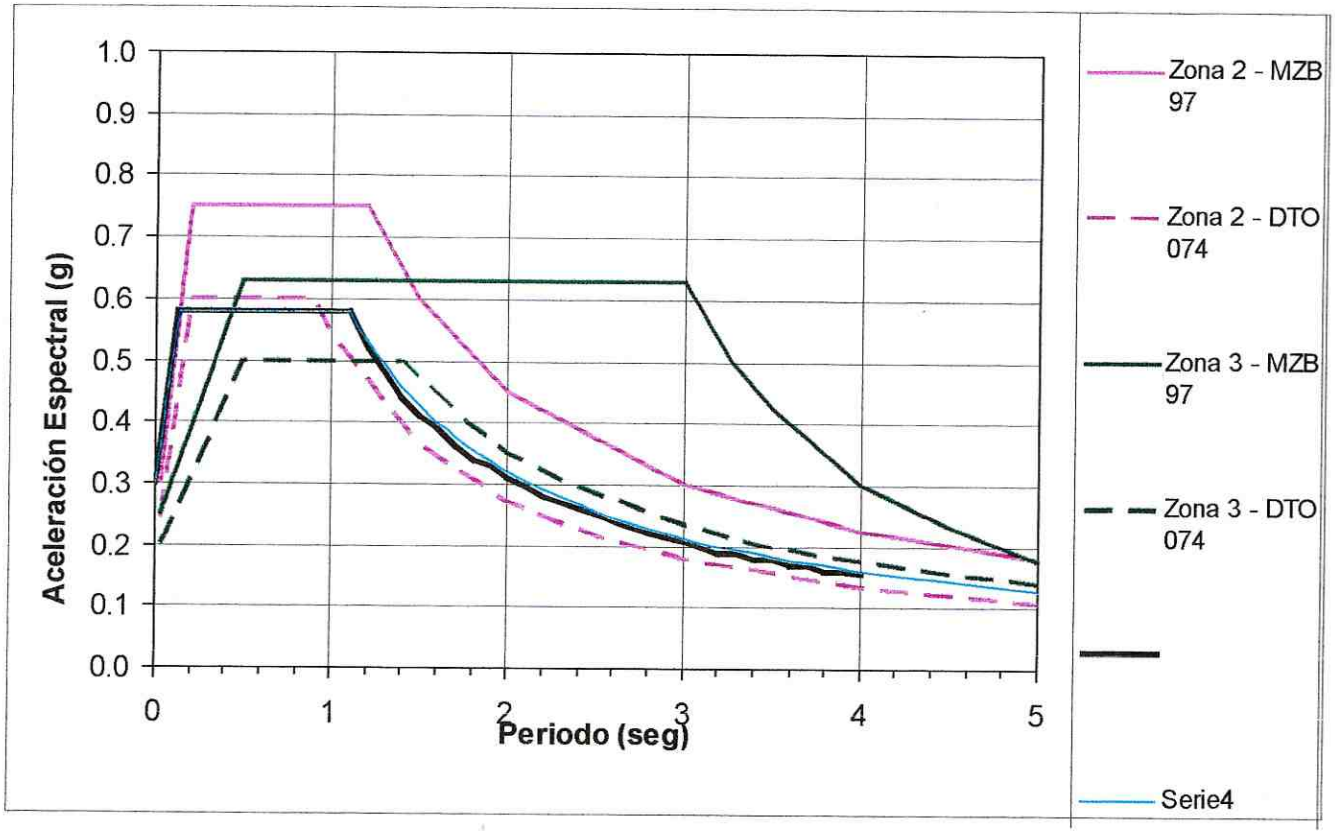
5.7 ATENCIÓN A LA OBSERVACIÓN 4.7

El autor utiliza el método de Seed (1985), para evaluar la susceptibilidad a la licuación, sin embargo para fututos estudios recomendamos utilizar el método propuesto por Youd en el Workshop de 1997, donde se realiza una revisión del método y se introducen cambios importantes. La única incertidumbre que se tienen en los análisis es la hipótesis de porcentaje de finos del 35%, debido a que no se conoce realmente el porcentaje de finos. Esto desde luego limita bastante los resultados determinísticos y probabilísticos realizados.
En la figura anexa se presenta el espectro propuesto por el consultor y el del decreto 074, encontrándose que el espectro cumple con los requerimientos.

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA



Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

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 está completo a la luz de los requerimientos mínimos consignados en el Decreto 074 de 2001.

Revisó y Aprobó: **ADOLFO ALARCÓN GUZMÁN** Presidente y Representante Legal Sociedad Colombiana de Geotecnia	
Revisó: **ING. JUAN CARLOS PADILLA R.** Grupo de Riesgo Sísmico DPAE	VoBo: **ING. LIBARDO TINJACA CARDENAS** Coordinador Grupo de Riesgo Sísmico DPAE