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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

CONCEPTO TECNICO No. CT- 4080 de 2004

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

1. INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:

LOCALIDAD:	Teusaquillo
BARRIO:	Ciudad Salitre Sur Oriental
PROYECTO:	**EDIFICIO SCALA 24**
UPZ:	Ciudad Salitre Oriental 109
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR ESTUDIO:	INGECIENCIAS S.A.
FECHA DE EMISION:	Diciembre 27 de 2004

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

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

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 celebrado un convenio que tiene por objeto realizar una asesoría técnica 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 Particular de Respuesta de Amplificación Local del proyecto urbanístico Edificio Scala 24– localizado en la Calle 22ª No.52-17 en la localidad de Teusaquillo, en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO EDIFICIO SCALA 24

El estudio entregado a esta entidad indica que en el lote que limita por el norte con la calle 22ª, por el costado sur con la vía del Ferrocarril, por el occidente con otra vía y por el oriente con una zona de cesión tipo A de la localidad de Teusaquillo (Figura 1), se contempla el desarrollo de un proyecto con dos torres de 12 pisos y sótano pero no se indica el área construida o las coordenadas del mismo.

Tanto el estudio geotécnico como el estudio particular de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas fue elaborado por la firma Ingeciencias S.A. (Informes 954 y 1001 de 2004, respectivamente).

4. REVISIÓN INICIAL DEL ESTUDIO

La revisión del informe Ingeciencias 1001/2004 "Espectro sísmico local de diseño, Edificio Scala 24 de Uribe Cabrales Cia Ltda. " y el Estudio de Suelos para el Proyecto, Trabajo 954/2004, se hizo a la luz de los requerimientos consignados en el Decreto 074 de 2001 para este tipo de estudios.

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

El propósito de la revisión es verificar que el estudio cumpla con requisitos mínimos de calidad de manera que se pueda verificar de manera razonable la validez del espectro de diseño recomendado, si dicho espectro es diferente al espectro de diseño definido por el decreto 074 de 2001

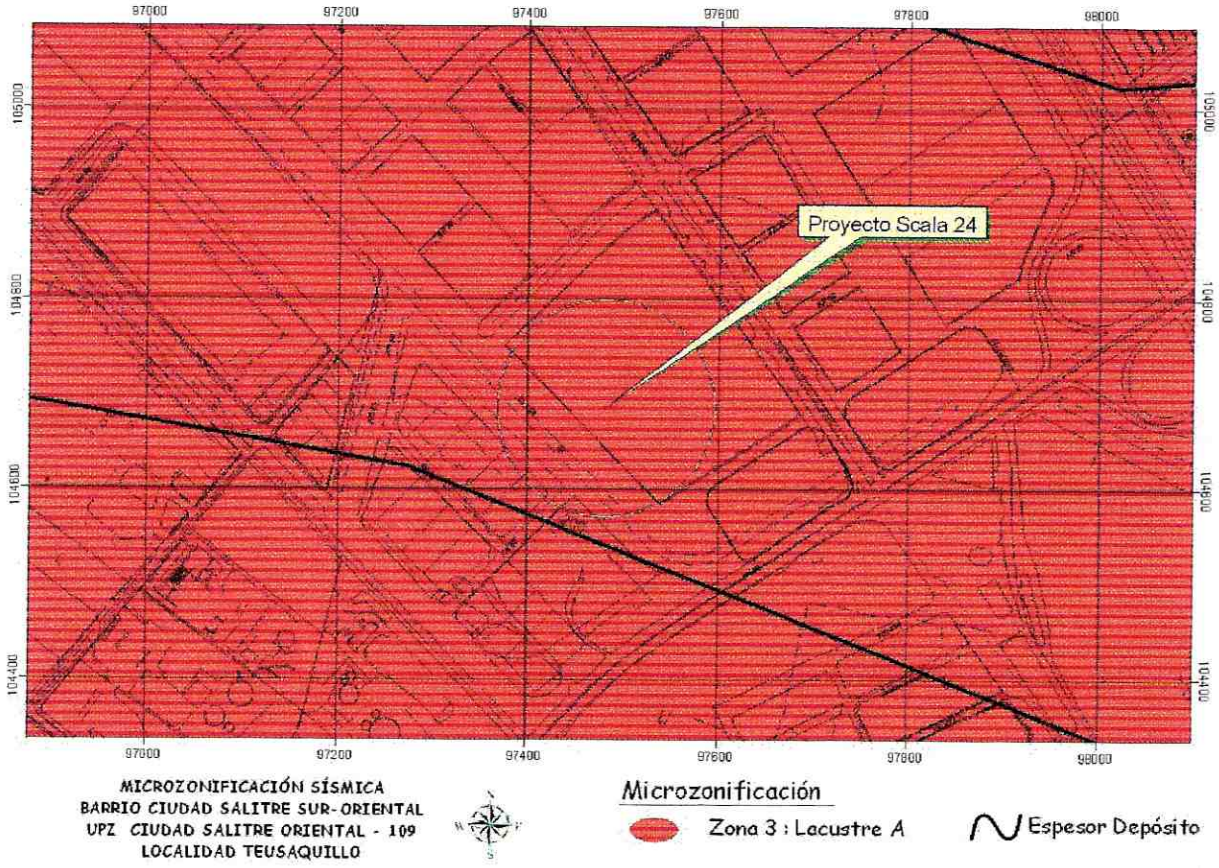


Figura 1. Localización General del Proyecto Scala 24

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

El concepto técnico CT- 4038 relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo se transcribe a continuación, con referencia a los requerimientos pertinentes del decreto antes mencionado que se listan a continuación.

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

  En el cuerpo 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. Sin embargo, en el informe no se presenta dicho mapa, y no se hace referencia a las implicaciones de la ubicación en dicha zona para la realización de los estudios geotécnicos detallados y el análisis de la respuesta local de amplificación de las ondas sísmicas.

- **Realizar número suficiente de ensayos para caracterizar el perfil. Para complementar la información en profundidad 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 la sección 3 se indica que la profundidad del depósito en el sitio es del orden de 200 m y los análisis se hicieron para un perfil de 225 m de profundidad lo cual es correcto de acuerdo con el mapa de espesores del Subproyecto 7 del Estudio de Microzonificación Sismica, la profundidad del depósito es del orden de 200m (Figura 1). Sin embargo, no se presenta ninguna justificación del perfil de análisis dinámico completo y detallado hasta la roca (falta el perfil dinámico entre los 50m y 225 m de profundidad). Solo se presenta el perfil hasta los 50m de profundidad, aunque sin detallar parámetros de comportamiento dinámico (curvas de comportamiento dinámico características

- **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 del que se define un perfil con siete estratos hasta 40 m de profundidad. De acuerdo con los requisitos de la norma vigente este ensayo se debió hacer hasta por lo menos 50 m, por lo que esta un 20% corto con respecto a este requisito.

No se justifican las propiedades se utilizaron para los suelos de 50 a 225 m de profundidad. Se hace mención a que son arenas pero no se indica que valores de Vs o Go ni se muestran las curvas de variación del módulo y el amortiguamiento con la deformación. Se deben presentar de manera justificada estas curvas y precisar que valores de Vs o Go se utilizaron.

- **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.).**

  No se hizo ningún tipo de ensayo dinámico para el proyecto. En la sección 2.2 se dice que se hicieron ensayos de consolidación lenta para determinar los módulos elásticos necesarios para la simulación del espectro de respuesta. Estos ensayos son de compresibilidad volumétrica drenada, los cuales no tienen relación con el módulo de corte en condiciones no drenadas dinámicas que se requiere para estos análisis. Se considera que esta situación hace que los resultados del estudio no sean aplicables para el objeto del mismo.

  No se presentan las curvas dinámicas de los suelos que se utilizaron para los análisis.

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

- **Realizar mínimo un análisis unidimensional (SHAKE, EERA), para todas las zonas de la microzonificación, siempre y cuando la pendiente del terreno sea inferior a 10 grados.**

  Estos dos aspectos se tratan en el capítulo 4 del informe. Con respecto a esto se tienen las siguientes observaciones:

  Se presentan resultados de un sólo análisis con el programa EERA, pero no se indica con que sismo se hizo el análisis. No se utilizaron ni siquiera los tres sismos según lo que está especificado por el decreto 074. Además no se muestran los resultados de espectros obtenidos. Se indica que el espectro de diseño corresponde al de la zona 4. No hay ningún soporte para seleccionar este espectro de diseño en lugar del de la zona 3 en donde se encuentra el proyecto y el perfil de suelos no se ajusta de ninguna manera con los perfiles de suelos de la zona 4.

5. REVISIÓN DEL ESTUDIO ACTUALIZADO DE FECHA DICIEMBRE 3 DE 2004

El informe presenta una descripción muy detallada y completa de los primeros 50 m del perfil de suelos junto con datos de un ensayo de Down Hole. Toda la información es consistente e indica que en el sitio se encuentra una secuencia de capas de arcillas de consistencia media a firme intercaladas con arenas y gravas densas. Los valores de Vs medidos están entre 118 y 290 m/s, con promedio ponderado de 193 m/s sobre los 40 m donde hay datos de Vs y el valor promedio de SPT es de 13 golpes por pie. Los perfiles correspondientes se muestran en las figuras adjuntas.

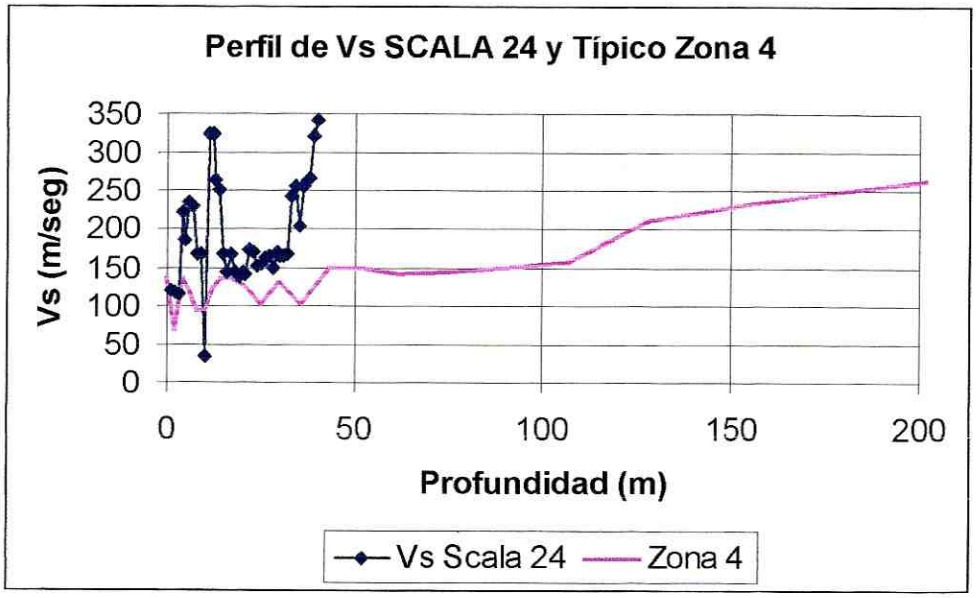


Figura 2

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

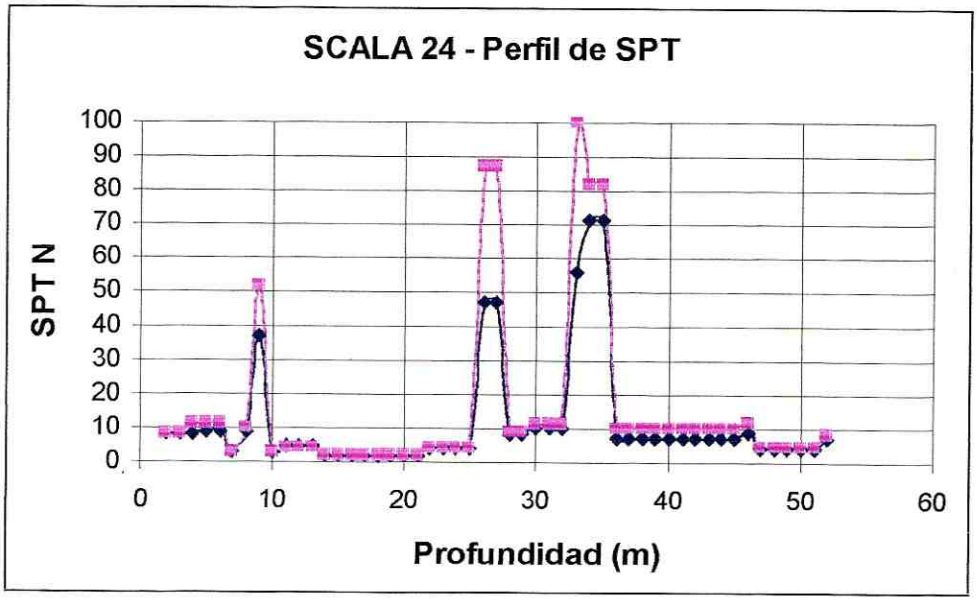


Figura 3

En la Figura 2 se muestra como referencia el perfil de Vs de un sitio de la Zona 4 al occidente del sitio del proyecto Escala 24. Se aprecia que los valores de Vs son significativamente menores que los encontrados en el sitio. En el informe se argumenta que los valores de Vs en el sitio corresponden con el límite entre los valores de la zona 3 y 4, el cual se argumenta que es del orden de 150 m/s. Esto no está definido ni en el Decreto 074 ni en el estudio de microzonificación. Sin embargo aun considerando los valores planteados en el informe, el valor promedio en el sitio es mucho mas alto (193 m/s)

La Figura 3 muestra que en el sitio se encuentran tres estratos de arenas de alta resistencia dentro de los primeros 40 m del perfil. Esta situación no se presenta en la zona 4 sino por debajo de los estratos de arcillas blandas que tienen espesor variable que aumenta hacia al occidente pero que no es menor de 50 m. Las figuras muestran un perfil de suelos mucho más rígido que el que se encuentra en la zona 4. En la zona 4 los valores de SPT en los primeros 50 m no superan los 2 golpes por pie, mientras que en las arcillas que se encuentran en el sitio estos valores son mayores.

Teniendo en cuenta los datos presentados, no resulta razonable argumentar que el perfil de suelos en el sitio es característico de la zona 4. El sitio queda en el medio de la zona 3 de acuerdo con el mapa de microzonificación sísmica para esta parte de la ciudad, por lo que no es aceptable pretender que se haga una reclasificación del sitio con base en estas consideraciones.

Por otra parte se presentan análisis de respuesta dinámica unidimensional para argumentar que el espectro es similar al de la zona 4. Estos análisis presentan las siguientes limitaciones:

- No se presentan las curvas dinámicas utilizadas y se utilizan sólo 2 tipos de suelos, lo cual en este caso no es razonable. Esto es agravado por el hecho de que para este estudio no se hicieron ensayos dinámicos de laboratorio.
- No se presenta una justificación de los valores adoptados entre 40 y 200 m de profundidad. Todo este espesor del perfil se analizó utilizando sólo una capa lo cual tampoco es razonable.
- Los resultados que se presentan son idénticos para los tres sismos (Loma Prieta, Corralitos y México) Esto a todas luces es imposible pues se trata de registros diferentes con niveles de aceleración y contenido frecuencial muy diferentes.
- No se comparan los resultados con los de la norma aplicables para este sector. Sin embargo, los resultados presentados están muy por debajo aún de los valores mínimos aceptables por el Decreto 074 para este sector. Esto no corresponde con lo que se sabe de estudios similares realizados en el área.

La conclusión del estudio es que se debe utilizar el espectro mínimo aceptable para la zona 3 de acuerdo con los requisitos del decreto 074. Esta recomendación no esta relacionada con la argumentación a lo largo del informe en el sentido de que el sitio se puede relocalizar como correspondiente a la zona 4. En todo caso, con base en la información y análisis presentados la recomendación no está justificada de ninguna manera.

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 incompleto a la luz de los requerimientos mínimos consignados en el Decreto 074 de 2001. Se considera que los resultados de los espectros de respuesta de diseño recomendados no son justificados.

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

Para considerar este estudio de nuevo se deben realizar ensayos dinámicos como se requiere por el decreto 074, seleccionar y presentar curvas dinámicas para todo el perfil de suelos, justificar la selección de propiedades entre 40 y 200 m de profundidad y utilizar estos datos para definir el espectro de diseño. De lo contrario se debe utilizar el espectro definido para la zona 3 de la microzonificación donde se encuentra el proyecto.

Una vez se complemente el estudio y se realicen las correcciones y aclaraciones solicitadas, se recomienda enviar el estudio nuevamente a la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, D.C., con el fin de emitir concepto de cumplimiento, de acuerdo con lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

Revisó y Aprobó:

ADOLFO ALARCÓN GUZMÁN
Presidente y Representante Legal
Sociedad Colombiana de Geotecnia

VoBo:

ING. MAURICIO TAPIAS CAMACHO
Grupo de Conocimiento
DPAE

VoBo:

ING. JAVIER PAVA SÁNCHEZ
Coordinador Técnico
DPAE