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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

CONCEPTO TECNICO No. CT- № 4073 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:	Jaime Rodríguez Azuero Curador Urbano No. 1
LOCALIDAD:	Usaquén
BARRIO:	La Calleja
PROYECTO:	**PADUA**
Dirección:	Transversales 32 y 33, entre calles 131 y 132
UPZ:	Country Club 15
FECHA DE EMISION:	Octubre 20 de 2004
TIPO DE RIESGO:	Sísmico

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 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 revisión realizada por la Sociedad Colombiana de Geotecnia del Estudio de Suelos y Análisis de Cimentaciones, Proyecto Padua, Promover Gerencia Inmobiliaria S.A., que en el Capítulo 6 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 PADUA

El estudio entregado a esta entidad indica que en el lote localizado entre las transversales 32 y 33 y entre calles 131 y 132 de esta ciudad, en el barrio La Calleja de la localidad de Usaquén, (Figura 1), se contempla la construcción de dos edificios de 13 y 14 pisos con sótano y nueve edificios de 4 y 5 pisos con sótano donde quedarán localizados los town houses.

El estudio de Suelos y Análisis de Cimentaciones fue elaborado por la firma Alfonso Uribe S. & Cía. Ltda., mientras que el estudio particular de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas fue elaborado por el Ingeniero Jorge A. Rodríguez O.

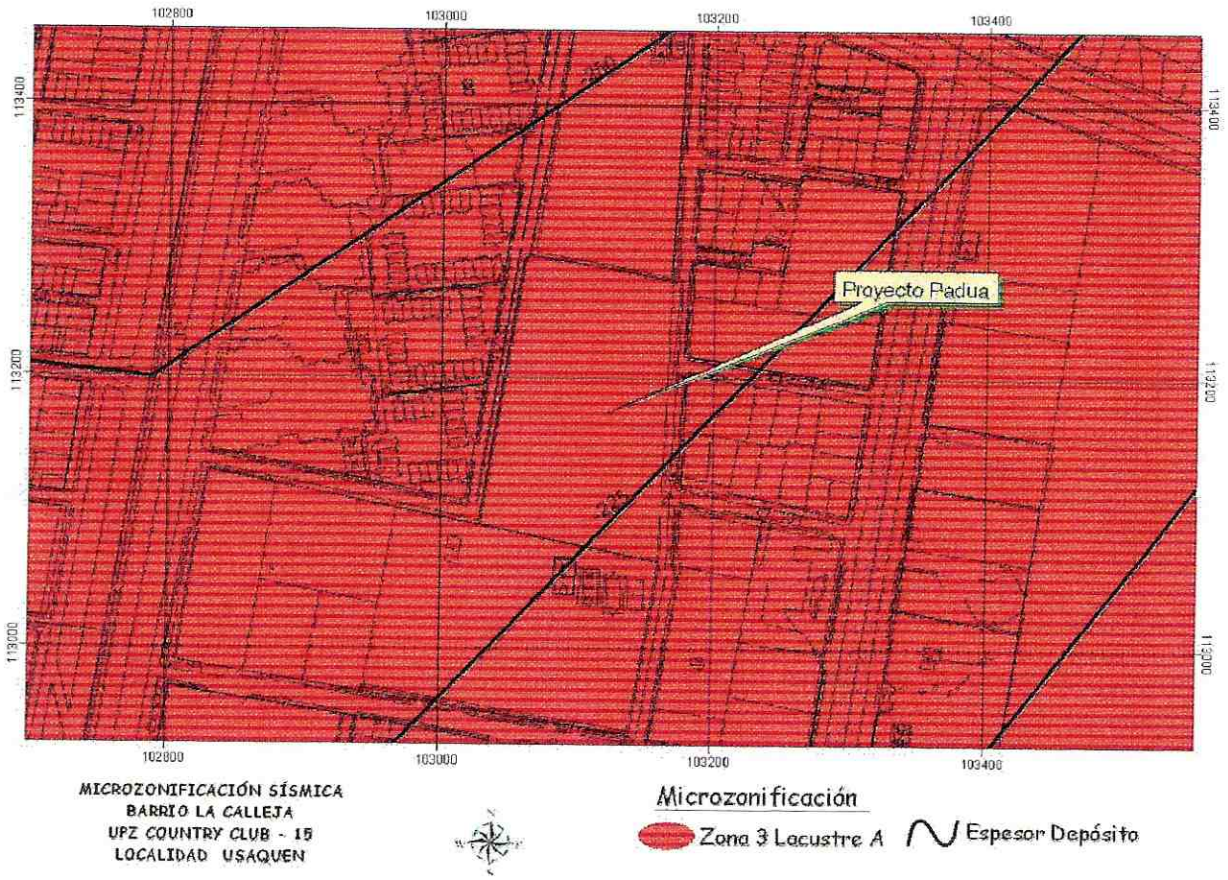

Figura 1 Ubicación del Proyecto Padua

4. REVISIÓN INICIAL DEL ESTUDIO

La revisión del Anexo A del informe AUS-2266-1 "Proyecto La Calleja Asesoría Geotécnica y Sismológica para la Evaluación de la Amenaza Sísmica Transversal 32 y 33 con Calle 131 y 132" que hace parte integral del "Estudio de Suelos y Análisis de Cimentaciones Proyecto Padua Promover Gerencia Inmobiliaria S.A.", se hizo a la luz de los requerimientos consignados en el Decreto 074 de 2001 para este tipo de estudios.

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

En primer lugar se observa que si bien las direcciones coinciden, el nombre del Proyecto en el Anexo A es diferente al nombre del Proyecto incluido en el Estudio de Suelos y Cimentaciones. Es pertinente corregir esta inconsistencia.

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

En el informe se incluye la localización del proyecto, ubicándolo en la Zona 3, pero muy cerca del límite con la zona 4, por lo cual la definen como zona de transición. (Figura 3.1) y en la zona del proyecto se estima que los sedimentos alcanzan 200 m de espesor.

a) *Sin embargo, de acuerdo con el Mapa de Microzonificación de Bogotá, el Proyecto se ubica claramente en la Zona 3 Lacustre, con un espesor de sedimentos estimado entre 225 y 250 m. Es preciso aclarar esta inconsistencia.*

4.2 Para estos estudios, todos los datos de campo deben provenir de mínimo una perforación de 50 m en suelos blandos y se deben 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.

Se destacan las siguientes observaciones:

a) *En el plano No. 1 se presenta la ubicación de ocho (8) perforaciones ejecutadas: seis (6) superficiales con profundidades de 8.2 metros y dos (2) profundas una a 45.5 m y la otra a 52 m. Por otra parte, en el Anexo A Espectro Sísmico de Diseño se reporta que la máxima profundidad de perforación fue de 50.5 m. Se requiere aclarar esta inconsistencia.*

b) No se presenta el perfil de análisis dinámico completo y detallado hasta la roca. La profundidad de los sedimentos se asume en 200 m, pero de acuerdo con el mapa de espesor de sedimentos del Proyecto de Microzonificación Sísmica de Bogotá la profundidad del depósito puede estar entre 225 y 250 m (Figura 1 del presente concepto). Tampoco se presenta el análisis o criterios técnicos utilizados para definir e interpolar el posible perfil geotécnico entre 52 m y 200 m.

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.

En el informe se menciona que en la perforación P1 de 45.5 m de profundidad se llevó a cabo un ensayo Down Hole y los resultados se presentan en el Anexo A. Adicionalmente, los resultados se confrontaron con los obtenidos en otros sitios de la misma Zona 3 Lacustre, con el fin de definir envolventes de valores máximos y mínimos de la velocidad de ondas de corte, Vs.

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.).

En el registro geotécnico de la perforación P1 se presenta la ubicación de las muestras recolectadas durante la fase de campo y en el Anexo A se menciona que sobre estas muestras, en el laboratorio se ejecutaron un ensayo de velocidad de onda, un ensayo de columna resonante y tres (3) triaxiales cíclicos.

SIN EMBARGO, EN EL ANEXO B ENSAYOS DE LABORATORIO NO APARECEN RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DINÁMICOS. SE REQUIERE JUSTIFICAR ESTA OMICIÓN

En la determinación de las curvas de G/Go vs γ y β(amortiguamiento) vs γ. se obtienen diferentes resultados dependiendo de la presión de confinamiento. El estudio no presenta los criterios que se tuvieron en cuanta para incorporar el efecto de la presión de confinamiento en los valores que se adoptaron de G/Go vs γ y β vs γ (Figura 3.3).

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

El informe cumple ampliamente con este requisito.

4.6 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.

El estudio cumple con este requerimiento. Sin embargo, como el espesor del depósito de sedimentos puede ser mayor que el asumido, se requiere verificar el efecto de esta diferencia en el cálculo de los espectros de respuesta.

4.7 Para todas las zonas el espectro obtenido no puede ser menor que el espectro mínimo establecido para cada zona en la Microzonificación Sísmica de Bogotá,

El espectro de diseño recomendado, a partir de períodos mayores a 1.85 segundos, coincide con la rama descendente del mínimo recomendado para la Zona 4 en el Decreto 074. Dado que el Proyecto Padua se ubica en la Zona 3, el espectro de diseño propuesto, en principio no estaría de acuerdo con el Decreto 074 de 2001. Se requiere revisar la ubicación del proyecto con respecto a la Microzonificación Sísmica de Bogotá y replantear el espectro de diseño propuesto en lo pertinente.

5. REVISIÓN DEL ESTUDIO ACTUALIZADO DE FECHA SEPTIEMBRE 15 DE 2004

5.1 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.1

En el informe se incluye la localización del proyecto, ubicándolo en la Zona 3, pero muy cerca del límite con la zona 4, por lo cual la definen como zona de transición. (Figura 3.1). El consultor aclara que en la zona del proyecto se estima que los sedimentos alcanzan entre 200 y 225 m de espesor. Esta localización está de acuerdo con el Estudio de Microzonificación de Bogotá, según el cual el Proyecto se ubica claramente en la Zona 3 Lacustre, con un espesor de sedimentos cercano a 225 m.

El estudio cumple ahora con este requerimiento.

5.2 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.2

Se destacan las siguientes observaciones:

En el plano No. 1 se presenta la ubicación de ocho (8) perforaciones ejecutadas: seis (6) superficiales con profundidades de 8.2 metros y dos (2) profundas una a 45.5 m y la otra a 52 m. Por otra parte, en el Anexo A Espectro Sísmico de Diseño ahora también se reporta que la máxima profundidad de perforación fue de 52 m.

El estudio ahora incluye el perfil de análisis dinámico completo y detallado hasta la roca. La profundidad de los sedimentos se asume entre 200 y 225 m, y para definir e interpolar el perfil geotécnico entre 52 m y 225 m el estudio ahora incluye un análisis completo basado en el Estudio de Riesgo Sísmico Red Troncal de Alcantarillado de la Cuenca del Salitre, realizado en el 2003 por la firma HMV Ingenieros Ltda.

El estudio ahora cumple con este requerimiento.

5.3 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.3

El estudio cumple con este requerimiento desde la revisión inicial.

5.4 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.4

En el registro geotécnico de la perforación P1 se presenta la ubicación de las muestras recolectadas durante la fase de campo y en el Anexo A se menciona que sobre estas muestras, en el laboratorio se ejecutaron un ensayo de velocidad de onda, un ensayo de columna resonante y tres (3) triaxiales cíclicos.

AL FINAL DEL ANEXO A ESPECTRO SÍSMICO DE DISEÑO, AHORA SÍ APARECEN LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DINÁMICOS ANTES MENCIONADOS.

En la determinación de las curvas de G/Go vs γ y β(amortiguamiento) vs γ. se obtienen diferentes resultados dependiendo de la presión de confinamiento. Sobre este aspecto, el estudio presenta en la Figura 3.6 las curvas de variación del módulo obtenidas para las tres muestras ensayadas y menciona que las muestras a mayor confinamiento presentan mayor rigidez dinámica, pero que la variación no es muy grande.

Por otra parte, el estudio incluye la Figura 3.7 la cual presenta resultados de ensayos triaxiales cíclicos realizados en la Universidad Javeriana para evaluar el efecto de la presión de confinamiento sobre los módulos dinámicos de una arcilla típica de alta plasticidad tomada a 6 m de profundidad en el norte de la ciudad. Los ensayos se realizaron a diferentes niveles de deformación y tres (3) presiones de confinamiento, 38, 60 y 128 kPa. La presión de preconsolidación de las muestras se estableció del orden de 80 kPa. En estos ensayos se observó que al aumentar la presión de confinamiento aumenta el módulo de rigidez dinámico, pero en el caso de las dos (2) muestras sobreconsolidadas la diferencia es muy poca. Con base en estos resultados el consultor concluye que el efecto de la presión de confinamiento sobre las curvas de degradación del módulo no es muy importante o que puede la misma incertidumbre que la asociada a otras variables.

En conclusión, el consultor considera que el efecto de la presión de confinamiento se ve mejor reflejada en los cambios de Vs que definen el Go o Gmáx. Por esta razón, para la interpolación entre 52 y 225 m, se adopta una variación de Vs con la raiz cuadrada de la profundidad.

De esta manera, el estudio cumple con este requerimiento

5.5 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.5

El estudio cumple con este requerimiento desde la revisión inicial.

5.6 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.6

El estudio cumple con este requerimiento desde la revisión inicial. Sin embargo, para verificar el efecto de un mayor espesor del depósito de sedimentos en el cálculo de los espectros de respuesta, el consultor incluyó un análisis adicional considerando un espesor de sedimentos de 240 m.

5.7 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.7

Con base en los resultados de los análisis realizados, el consultor concluye que el espectro de diseño para el sitio corresponde al de una zona de transición entre las zonas 3 y 4. En la Figura 1 del presente concepto, correspondiente a la Figura 3.14 del estudio, se muestra una síntesis de todos los resultados de los análisis de respuesta realizados, así como el espectro de diseño propuesto, el cual se compara con los espectros establecidos por el Decreto 074 de 2001 para las zonas 3 y 4. Se observa que para periodos entre 0 y 0.35 seg la envolvente de los datos coincide con el tramo ascendente del espectro recomendado para la Zona 3. La meseta del espectro se localiza al nivel 0.5 g, coincidiendo con el espectro mínimo de la Zona 3. Considerando el hecho que todas las respuestas espectrales se encuentran muy por debajo del espectro mínimo de la zona 3, el descenso del espectro se hace en dos tramos; entre 0.75 y 1.85 segundos el espectro está definido por una línea recta, mientras que a partir de 1.75 segundos coincide con la rama descendiente del mínimo recomendado para la Zona 4 en el Decreto 074 de 2001.

Para el espectro de diseño propuesto el consultor se basa en los Artículos 4 y 7 del Decreto 074 de 2001, los cuales permiten reclasificar la zona y proponer un espectro de diseño diferente al de la microzonificación a partir de un estudio de respuesta de amplificación local. El espectro de diseño diferente propuesto por el consultor se ubica entre los espectros mínimos establecidos para las zonas 3 y 4. Lo anterior es certificado por el responsable del estudio geotécnico y ha sido verificado por esta Sociedad.

En el estado actual, el estudio cumple con este requerimiento.

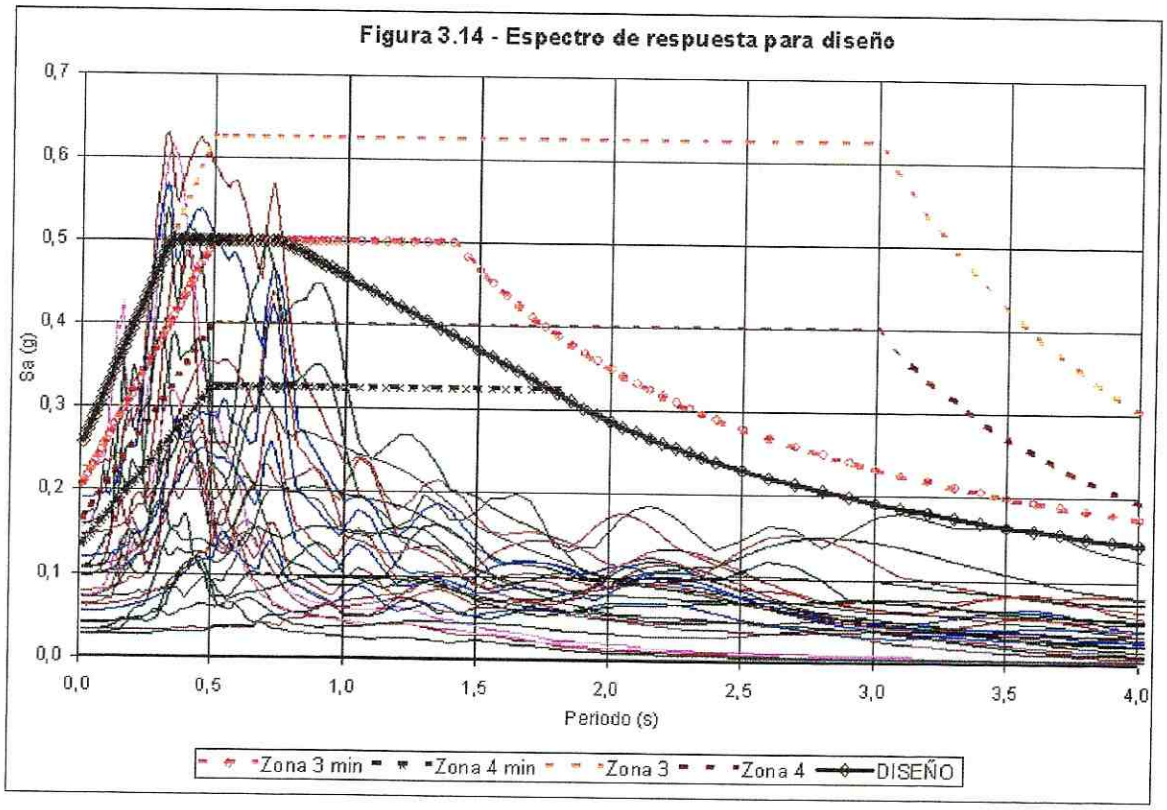

Figura 2 Espectro de Diseño Propuesto y Espectros de Microzonificación

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de esta segunda revisión, se concluye que en el estado actual 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.

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

ADOLFO ALARCÓN GUZMÁN
Presidente y Representante Legal
Sociedad Colombiana de Geotecnia

Vo. Bo.

ING. MAURICIO TAPIAS CAMACHO
Grupo de Conocimiento
DPAE

Vo. Bo.

JAVIER PAVA SÁNCHEZ
Coordinador Técnico
DPAE