



Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

CONCEPTO TECNICO No. CT- 4115 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: Juan Diego Avella Valderrama
Arquitectura y Concreto S.A.

LOCALIDAD: Usaquén

BARRIO: Julio Flórez

PROYECTO: **OCASA**

DIRECCIÓN: Carrera 48F con Calle 95

UPZ: 27 La Floresta

TIPO DE RIESGO: Sísmico

EJECUTOR: Alfonso Uribe S. y Cia. Ltda.

FECHA DE EMISION: Marzo 28 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



ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

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 Geotecnia, el cual incluye el Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas, para el Proyecto Ocasa que contempla la construcción de dos edificios que se desarrollan en sótano y diez pisos de altura, localizado en la Carrera 48F con Calle 95 de la ciudad de Bogotá D.C., en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO OCASA

El estudio entregado para revisión por esta sociedad indica que en el lote localizado en la Carrera 48F con Calle 95 en la ciudad de Bogotá, D.C. (Figura 1), se contempla la construcción de dos edificios que se desarrollan en sótano y diez pisos de altura, la estructura será de tipo convencional en concreto reforzado con luces entre columnas no mayores a 7 m. de longitud, se estima inicialmente que el peso de las edificaciones en su área de proyección será de 11 T/m². Para el sistema de cimentación de las edificaciones se presentan dos alternativas, la primera conformada por una fundación combinada de placa-pilotes, y la segunda alternativa únicamente considera pilotes que recibirán el 100% del peso de las edificaciones. La primera alternativa considera que el peso total de las edificaciones debe ser limitado a 10 T/m² dadas las condiciones de asentamiento y compatibilidad de deformaciones entre los pilotes y la placa, del peso total se propone que la losa toma el 40%, y los pilotes el 60% restante, para la placa se estima un espesor mínimo de 80 cm., y esta deberá estar apoyada sobre los limos arcillosos de color gris oscuro a una profundidad de 3.3 m bajo el nivel del andén. Para los pilotes se sugiere que tengan una profundidad de la punta



Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

como mínimo de 25 m. bajo el nivel del andén de la carrera 48F. En la segunda alternativa se contempla un sistema de fundación mediante pilotes preexcavados y fundidos in situ, que trabajarían por fricción en los suelos limo-arcillosos, la profundidad de punta de los pilotes será como mínimo de 30 m bajo el nivel del andén de la carrera 48F.

El lote del proyecto corresponde a las siguientes coordenadas planas aproximadas:

110.100 N 100.050 E

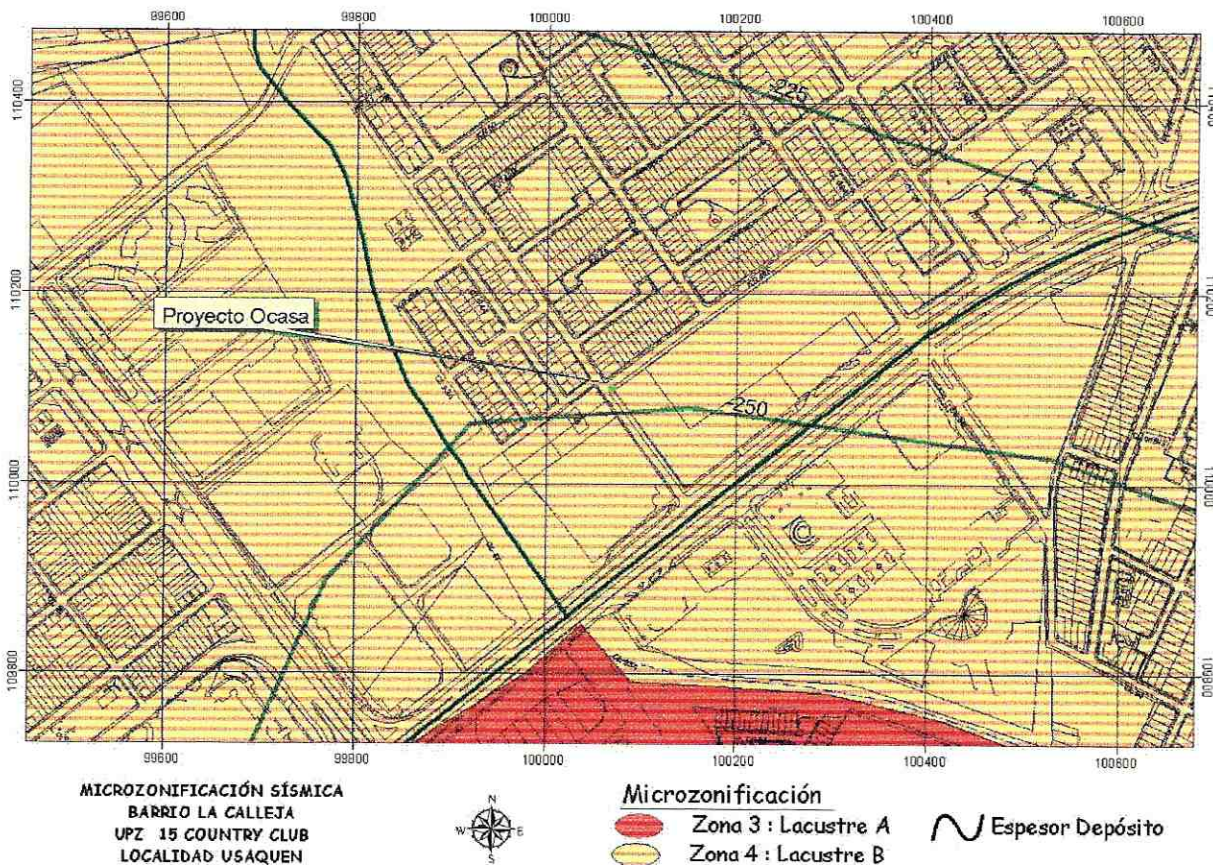


Figura 1 Localización del Proyecto Ocasá



ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

El Estudio de Suelos y Geotecnia para las edificaciones del proyecto Ocasa fue realizado por la firma Alfonso Uribe S. y Cía. Ltda., Estudios de suelos, mientras que el anexo E, Espectro Local de Diseño, que incluye el estudio particular de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, PhD., con el apoyo del laboratorio de pruebas y ensayos de la Pontificia Universidad Javeriana.

4. PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del informe AUS-2976-1 para el proyecto de dos edificios Ocasa, 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.

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

En la Introducción del Anexo E del informe se define la localización del proyecto de acuerdo con el mapa de Microzonificación Sísmica de Bogotá, ubicándolo en la Zona 4 de Lacustre B. Esta ubicación está de acuerdo con el Decreto 074 de 2001 (Figura 1 del presente concepto técnico).

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.

Para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lote del proyecto se realizaron cuatro (4) perforaciones: dos (2) a 7.4 m, una (1) a 43 m y la restante a 50 m de profundidad. En las dos (2) perforaciones de 7.4 m fueron llevados a cabo ensayos de veleta de campo, y en los dos (2) sondeos más profundos se llevaron a cabo ensayos de penetración estándar, y se tomaron muestras inalteradas a 8, 15, 26, 37 y 43 m, sobre las cuales se realizaron ensayos de laboratorio para determinar las propiedades dinámicas, de resistencia y deformabilidad de los materiales. En la perforación a 50 m se realizó el ensayo de down-hole con el propósito de determinar el perfil de velocidad del sitio.



ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

La investigación de campo, información de otros estudios, y los resultados de los ensayos de laboratorio realizada permitió una caracterización de la estratigrafía en el sitio de proyecto hasta la profundidad explorada (50 m) y extenderla hasta los 200 m donde se ubica el techo de la roca según el mapa de espesor de sedimentos del estudio de microzonificación sísmica de Bogotá.

El estudio cumple en cuanto los requerimientos de exploración.

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 hasta 48 m de profundidad, del que se define un perfil donde también se incluyen las posibles variaciones en los valores de la velocidad de onda, Vs. En el informe se presenta la figura de profundidad vs. tiempo de viaje, correspondiente al ensayo de Down-Hole realizado por la firma PSI.

La Figura 3.3 presenta el perfil de valores de Vs usado para este estudio, donde los primeros 50 m corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de down-hole, para las velocidades a profundidades superiores a los 50 m se calibraron usando la información proveniente de datos anteriormente encontrados en la calle 100 y 170. Sin embargo, en el informe no se explican las consideraciones tenidas en cuenta para fijar la velocidades a profundidades mayores (Roca), en la tabla 3.1 se indica un valor de 1200 m/s, pero no se comenta de donde proviene ese valor. Es necesario ampliar en este particular con el objeto de validar el perfil propuesto.

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 (triaxial cíclico) sobre muestras de suelos obtenidas a tres (3) diferentes profundidades: 8, 25 y 42 m, respectivamente. Con los resultados obtenidos de estos ensayos se determinaron las propiedades de rigidez y amortiguamiento del suelo en un amplio intervalo de deformaciones, necesario para adelantar un análisis de la respuesta dinámica del sitio.

El estudio cumple en cuanto los requerimientos de ensayos dinámicos.

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



Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

En el estudio se propone utilizar un total de ocho (8) acelerogramas, dentro de los cuales se presenta una inconsistencia, pues en la tabla 2.3 de sismos seleccionados se incluye como evento número 8 el registro de Michoacán (México-1985) Estación la Unión, con una aceleración máxima registrada de 0.13g, si este es el caso el estudio no cumple con el Decreto 074 de 2001, pues en el análisis no se están incluyendo los tres (3) registros de aceleración definidos por el Decreto, y que son de uso OBLIGATORIO en el análisis de respuesta sísmica. Sin embargo, la figura 2.1h al parecer no presenta el registro de Michoacán (México-1985) Estación la Unión, en cambio presenta el registro del sismo de zona de subducción, fuente lejana, correspondiente al exigido por el Decreto, en caso de haber usado éste registro y no el presentado en la tabla 2.3, el informe cumpliría con los requisitos del Decreto sobre este particular. Es necesario que se aclare sobre este aspecto y se tomen las correcciones correspondientes al caso.

Cada uno de los registros se presentan en el informe, pero falta incluir el factor de escala que se utilizó para normalizar los sismos, por otra parte también se deben discutir los posibles efectos que tiene el uso de los factores de escala, teniendo en cuenta que el uso de factores de escala es solo justificable para factores alrededor de la unidad. Tampoco se describe en el informe que componente del movimiento se seleccionó para la modelación de la respuesta. También se debe aclarar si para la modelación de la respuesta se usó toda la señal del registro o solo se usó la ventana del registro que corresponde a las ondas de corte, esto es muy importante desde que el programa para modelación de la respuesta solo considera ondas de corte.

Observando con detalle los sismos seleccionados para la modelación de la respuesta, se resaltan dos eventos: el primero es el sismo de California Upland, del cual se usó un registro a una distancia epicentral de 5.0 Km, el punto es si un sismo a esa distancia tan corta se puede presentar para el lugar de estudio. El segundo es el sismo de Valparaíso, el cual corresponde a un sismo de fuente de subducción, los sismos en Chile provienen de la subducción, entonces el punto es, si es posible justificar un sismo de una fuente de subducción a 64 Km de distancia epicentral, como sismo de fuente regional (no subducción) para el escenario de amenaza de Bogotá, donde los sismos de subducción están por lo menos a 400 km de distancia.

Es necesario justificar de manera muy clara la escogencia de cada sismo, en especial los dos (2) que acá se mencionan.

Los sismos que sean escogidos para la evaluación de la respuesta de los suelos, tienen que responder de manera muy precisa a un escenario real de amenaza sísmica para



Secretaría
GOBIERNO

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

Bogotá D.C., de otra manera esos sismos no se pueden usar y mucho menos cuando son escalados.

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 cumple con este requerimiento mediante la utilización del programa EERA que considera la propagación unidimensional de ondas de corte.

La figura 3.10 presenta una función de amplificación con respecto al valor medio de S_a en función del grado de cobertura por incertidumbre, para este trabajo se ha seleccionada una incertidumbre del 90%, a la cual corresponde un factor de amplificación es de 1.55 con respecto a la media de la función de amplificación. Es necesario justificar la escogencia de la incertidumbre del 90%.

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.

El informe presenta en la figura 3.11 una comparación de los espectros mínimo y máximo de la zona 4 del estudio de microzonificación sísmica de Bogotá D.C., así mismo se presentan los espectros promedios obtenidos mediante el análisis de respuesta, sin embargo estas comparaciones deben realizarse con respecto a los espectros obtenidos en cada caso para cada registro por separado, y también se debe incluir el registro del sismo de Tauramena, correspondiente al estudio de microzonificación, como lo exige el Decreto 074 de 2001.

Por otra parte la validez de los espectros de respuesta en superficie está condicionada a aclarar las inconsistencias y dudas planteadas, en especial a la escogencia de las señales y a las velocidades en roca para el perfil de la modelación.



ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

5. REVISIÓN DEL ESTUDIO ACTUALIZADO DE FECHA MARZO 1 DE 2005

5.1 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.1

El estudio cumple este requerimiento desde la revisión inicial.

5.2 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.2

El estudio cumple con este requerimiento desde la revisión inicial.

5.3 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.3

El consultor en esta segunda versión argumenta que los valores de velocidad de la roca son tomados de resultados obtenidos en otros estudios, se le solicita al autor que para futuros estudios se incluyan las referencias relacionadas con el particular en mención, también se recomienda usar variaciones de este parámetro para los distintos modelos planteados. El estudio ahora cumple con este requerimiento.

5.4 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.4

El estudio cumple con este requerimiento.

5.5 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.5

El estudio ahora cumple con este requerimiento, sin embargo, se le recomienda al consultor ser mucho más preciso y claro con la escogencia de registros sísmicos para las modelaciones de la respuesta dinámica.

5.6 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.6

El estudio cumple con este requerimiento, pues el consultor explica las razones para la escogencia del factor de incertidumbre.

5.7 ATENCIÓN DADA A LA OBSERVACIÓN 4.7

El espectro de diseño propuesto corresponde al espectro mínimo de la zona 4, lo cual esta acorde con lo permitido por el decreto 074 de 2001.

El estudio cumple con este requerimiento.



Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.




DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de la presente revisión (segunda), se concluye que el estudio de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas del proyecto en referencia, cumple con los requerimientos mínimos consignados 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:  FERNANDO RAMIREZ CORTES