



Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

CONCEPTO TECNICO No. CT- 4121 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:	Jaime Rodríguez Azuero Curadoría Urbana No. 5
LOCALIDAD:	Rafael Uribe Uribe
BARRIO:	Gustavo Restrepo
PROYECTO:	Reforzamiento Subestación San Carlos
UPZ:	36. San José
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
FECHA DE EMISION:	Abril 8 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



Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

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 **primera 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 de Reforzamiento de la Subestación San Carlos, localizado en la Calle 32 sur No. 15 C - 97, de la ciudad de Bogotá D.C., en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO DE REFORZAMIENTO DE LA ESTACIÓN SAN CARLOS

El estudio entregado para revisión por esta sociedad indica que la subestación eléctrica de alta tensión San Carlos, esta localizado en la Calle 32 sur No. 15 C - 97 en la ciudad de Bogotá, D.C. (Figura 1), la subestación consta de unas casas de maquinas y dos torres de transmisión de alta tensión. El perfil estratigráfico y la profundidad de los estratos de suelo en el lote es variable, dado que se encuentra ubicado en la zona de transición entre los cerros y la zona de piedemonte.

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

96145 N
97684 E

El Estudio de Suelos y Geotecnia para el proyecto de la subestación eléctrica de alta tensión de San Carlos, fue realizado por la firma Edgar Rodríguez Granados – INGENIERÍA Y GEORIESGOS, como miembro de la Unión Temporal E.V.S.C.



Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA



Figura 1 Localización de Proyecto Subestación San Carlos

4. REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del informe de Vulnerabilidad Sísmica Para Líneas Vitales de la Subestación de Alta Tensión San Carlos, se hace a la luz de los requerimientos consignados en el Decreto 074 de 2001 para este tipo de estudios.



Secretaría
GOBIERNO

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

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 relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo se presenta, 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 informe presentado no se define la localización de las diferentes estructuras del proyecto, es necesario que el autor presente claramente la localización de cada una de las estructuras de la subestación de acuerdo con las zonas del mapa de Microzonificación Sísmica de Bogotá. Según las coordenadas del proyecto, este se ubica en la zona de transición entre cerros y piedemonte, dada la extensión del lote. Esta ubicación esta de acuerdo con el Decreto 074 de 2001 (Figura 1 del presente concepto técnico).

El informe presentado no cumple con este requisito.

↳ Pág A-36

- **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 dos (2) perforaciones, con profundidades de 17.5 y los 15 m. A partir de estas perforaciones se identificaron diferentes capas de suelos arenosos y arcillosos. De los sondeos realizados se obtuvieron muestras alteradas e inalteradas, las cuales fueron usadas en ensayos para su clasificación, además se realizaron ensayos de penetración estándar y de veleta de campo.



Secretaría
GOBIERNO

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

Ninguna de las perforaciones alcanzó la profundidad de 50 m., ni tampoco alcanzó a penetrar en el estrato rocoso (el cual debe ser penetrado al menos 5 m.), tal como lo exige el Decreto 074 de 2001. En este sentido el estudio no cumple con los requisitos del Decreto 074.

Las perforaciones se realizaron sobre la parte del piedemonte, lugar donde se encuentran las casas de máquinas de la subestación, pero ninguna perforación se realizó en los lugares donde se encuentran las torres de transmisión de alta tensión, que corresponden a las estructuras más importantes de la subestación. Es necesario tomar medidas sobre este particular, el cual es de gran relevancia para el estudio presentado.

El informe presentado no cumple con este requisito.

- **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 estudio presentado no se presenta nada relacionado con este particular, el autor del estudio argumenta que las velocidades de los materiales fueron tomados de otros estudios, pero no provienen de la zona de particular interés, ni tampoco se adelantaron ensayos de campo para determinar las velocidades de onda de corte.

Es necesario adelantar ensayos de velocidad de onda de corte con objeto de validar el estudio propuesto.

El informe presentado no cumple con este requisito.

- **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 este estudio no se presentan ningún tipo de ensayos relacionados con este particular.

En este estudio no se determinan las propiedades de rigidez y amortiguamiento de los suelos, esto en particular es necesario para adelantar un análisis de la respuesta dinámica del sitio.



Secretaría
GOBIERNO

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

El estudio NO cumple en cuanto los requerimientos de ensayos dinámicos.

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

En el estudio se propone utilizar varios acelerógramas agrupados según fuente local, intermedia y lejana. Los registros para la fuente local se presentan cuatro, pero ninguno de ellos incluye ni la distancia epicentral, ni el nombre la estación, ni el factor de escala utilizado, esta misma situación se presenta en los acelerógramas de fuente intermedia y lejana. Para los registros de fuente intermedia se incluyen cinco, de los cuales tres corresponden a sismos sintéticos. Para los sismos sintéticos es necesario describir de manera muy detallada como estos fueron calculados, pues el informe no presenta nada al respecto. Para fuente lejana solo se incluye un registro.

El decreto 074 de 2001, claramente señala que como mínimo se deben utilizar los tres registros del estudio de microzonificación sísmica de Bogotá, el estudio presentado no cumple con este requisito, pues no se aclaran que señales corresponden al estudio de microzonificación, y al parecer el registro de Tauramena usado en la microzonificación, no se incluye en el estudio presentado.

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 usualmente los programas para modelación de la respuesta solo consideran ondas de corte.

El informe presentado no cumple este requisito.

- **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.**



Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

Dado que la ubicación del lote esta en la zona de transición entre la zona de cerros y el piedemonte, se hace necesaria la utilización de modelos bidimensionales, los cuales son usados en el informe presentado.

En el modelo bidimensional de elementos finitos utilizados muestran elementos de diferentes tamaños, incluso algunos de ellos demasiado grandes para poder lograr una modelación adecuada de las bajas frecuencias contenidas en los acelerógramas. Es necesario que se indiquen los criterios utilizados para definir el tamaño de los elementos finitos, pues el tamaño de los elementos limita el rango de frecuencias valido de las modelaciones. Es necesario que se indique como se determinaron las longitudes de onda a que se hace referencia en el informe, también se solicita que se presenten los valores de longitud de onda obtenidos.

- **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 3.21 y 3.22 una comparación de los espectros mínimo y máximo de las zonas 1 del estudio de microzonificación sísmica de Bogotá D.C., así mismo se presentan los espectros obtenidos mediante el análisis de respuesta bidimensionales. Sin embargo, la validez de los espectros de respuesta en superficie está condicionada a aclarar las inconsistencias y dudas planteadas.

5. 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. Para poder conocer con certeza la validez de los espectros de respuesta obtenidos y del recomendado en el estudio evaluado, primero deben aclararse y corregirse los puntos antes mencionados, ya que existen algunas dudas sobre la confiabilidad de dichos resultados.

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



Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

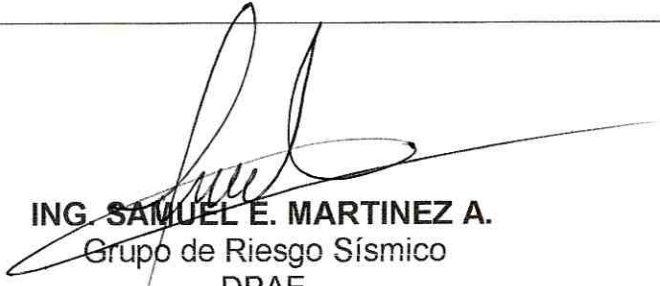
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA


ADOLFO ALARCON GUZMÁN
Presidente y Representante Legal
Sociedad Colombiana de Geotecnia

Revisó:


ING. SAMUEL E. MARTINEZ A.
Grupo de Riesgo Sísmico
DPAE