



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:
UN COMPROMISO PARA EL
DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD

15 al 18
DE SEPTIEMBRE

20
20

www.acofi.edu.co/eiei2020

DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA FUNDAMENTAL DEL SUELO USANDO LA TÉCNICA DE RELACIONES ESPECTRALES DE NAKAMURA CON SISMOS REGISTRADOS CASO: CALARCÁ Y UNIQUINDÍO

**Johan David Diaz Buitrago, Juan Carlos Zorrilla Aguirre, Juan David Londoño
Rojas, Mariana Lucia Lizarazo Hoyos, Valeria Ospina Ángel**

**Universidad del Quindío
Armenia, Colombia**

Resumen

El departamento del Quindío (Colombia), se encuentra en una zona de amenaza sísmica alta debido a la influencia del fallamiento superficial asociado al sistema de romeral y el proceso de subducción entre la placa oceánica Nazca y la placa continental suramericana, causando así sismos constantes. Consecuente a lo anterior el terremoto del 25 de enero de 1999, fue creado el Observatorio Sismológico de la Universidad del Quindío (OSQ) enfocado al monitoreo y el análisis del fenómeno sísmico. Ante la necesidad de caracterizar el suelo de origen volcánico consecuencia de los episodios eruptivos del complejo volcánico norte de Colombia, se determina la frecuencia y la amplificación del suelo. Uno de los componentes de estudio que posee el OSQ es el registro de dos estaciones acelerográficas (Uniquindio, Calarcá) para un enfoque preciso al conocimiento de la amenaza tectónica de la región para la mitigación de riesgo, de las cuales se extrae la información para este proyecto. De las estaciones se clasificarán los sismos registrados simultáneamente de ambas. Posteriormente, se aplica la técnica Nakamura al realizar los cocientes espectrales entre las componentes horizontales y verticales de los sismos predeterminados, después se obtiene la frecuencia fundamental y amplificaciones del suelo halladas por medio del software Geopsy, consecuente con la formación académica en la ingeniería civil y así de acuerdo a toda la información recolectada determinar la clasificación del suelo respecto a su comportamiento.

La investigación es técnicamente correcta porque es consecuente con un área de la ingeniería, en este caso la ingeniería sísmica, y es éticamente correcto porque no se está vulnerando ningún

derecho de la comunidad ni del ambiente en general. Además, no se presenta riesgo alguno, puesto que la investigación se basa en el procesamiento de señales sísmicas ya registradas. Todo lo anteriormente mencionado del procesamiento de las señales de esta investigación aporta al conocimiento de la amenaza como fenómeno natural, y para el uso de la misma es necesario tener un contexto en esta área del conocimiento.

Palabras clave: amplificación; Nakamura; sismo.

Abstract

The department of Quindío (Colombia) is in a high seismic threat zone due to the influence of surface faulting associated with the romeral system and the subduction process between the Nazca oceanic plate and the South American continental plate, thus causing constant earthquakes. As a result of the above, the earthquake of January 25, 1999, the Seismological Observatory of the University of Quindío (OSQ) was created, focused on monitoring and analyzing the seismic phenomenon. Given the need to characterize the soil of volcanic origin as a consequence of the eruptions of the northern volcanic complex in Colombia, the frequency and amplification of the soil are determined. One of the study components that the OSQ is the registration of two acceleration stations (Uniquindio, Calarcá) for a precise approach to the knowledge of the tectonic threat of the region for risk mitigation, from which the information for this is extracted. The earthquakes recorded simultaneously from both will be classified from the stations. Subsequently, the Nakamura technique is applied when performing the spectral ratios between the horizontal and vertical components of the predetermined earthquakes, then the fundamental frequency and soil amplifications found by means of the Geopsy software are obtained, consistent with academic training in civil engineering and thus, according to all the information collected, decide the soil classification regarding its behavior. The research is technically correct because it is consistent with an area of engineering, in this case seismic engineering, and is ethically correct because it is not violating any rights of the community or the environment in general. Furthermore, there is no risk, since the investigation is based on the processing of already registered seismic signals. All the aforementioned of the signal processing of this investigation contributes to the knowledge of the threat as a natural phenomenon, and for its use it is necessary to have a context in this area of knowledge.

Keywords: amplification; earthquake; Nakamura

1. Introducción

El departamento del Quindío se encuentra en una zona de amenaza sísmica alta debido a la influencia del fallamiento superficial y el proceso de subducción, provocando constantes liberaciones de energía (sismos) en este sector territorial. Dichos eventos sísmicos son registrados por el Observatorio Sismológico de la Universidad del Quindío (OSQ), debido a que es la entidad creada (a partir del evento de gran relevancia del 25 de enero de 1999) y encargada del estudio de la amenaza. Por lo anterior, es necesario presentar información que ayude a entender el comportamiento de este fenómeno físico, particularmente refiriéndose al análisis de la

caracterización del suelo basándose en las relaciones espectrales-Nakamura, aplicadas a las estaciones acelerográficas ubicadas en el municipio de Calarcá y en las instalaciones de la Universidad del Quindío.

2. Metodología

Se analizó los tipos de superficies de localización de las estaciones acelerográficas (Uniquindio, Calarcá), para su respectiva comparación, según las variables de análisis. De tal manera este proceso es pertinente al dar un enfoque preciso al conocimiento de la amenaza tectónica de la región para la mitigación de riesgo, que cumple con los estándares de protección ambiental, estructural y de líneas vitales. Además, se procedió a seleccionar los sismos registrados en ambas estaciones acelerográficas, para el procesamiento digital correspondiente, de las relaciones espectrales. Luego, se obtuvo las frecuencias fundamentales y amplificaciones del suelo, halladas con los sismos seleccionados por medio del software Geopsy, aplicando la técnica de Nakamura al realizar los cocientes espectrales entre las componentes horizontales y verticales de los sismos predeterminados. Teniendo los criterios para la identificación de sismos y el respectivo cociente espectral, consecuente con la formación académica en la ingeniería civil, se caracterizó el suelo teniendo en cuenta los valores de frecuencia fundamental y amplificación del suelo obtenidas.

3. Resultados

A continuación, se podrán observar los análisis respectivos (Tabla 1) de las variables de estudio (frecuencia y amplificación del suelo) empleando la técnica de Nakamura (H/V) con el fin de categorizar el suelo sobre el que reposan las estaciones de Uniquindio y Calarcá, debido a que cada estación está instalada sobre un tipo de material de suelo diferente.

Tabla 1 Resultados obtenidos

Objetivos y Resultados esperados planteados en el proyecto	Indicador de resultado
Analizar la frecuencia fundamental del suelo	Valores de frecuencias del suelo en la estación acelerográfica de Calarcá: [4.25, 6.12, 5.93, 6.25, 5.75, 6.8, 5.95] Hz. Valores de frecuencia del suelo en la estación acelerográfica de Uniquindio: [2.06, 1.85, 1.9, 1.95, 1.95, 2, 1.97] Hz.
Convalidar el método H/V para las estaciones Calarcá y Uniquindio.	Metodología H/V (técnica de Nakamura) con variables predeterminadas de ventaneo de 10 segundos traslapadas al 50% y un filtro pasabanda entre 0.15 y 20 Hz con su respectiva técnica de suavizado.
Analizar la amplificación del suelo en las estaciones Calarcá y Uniquindio usando registros de sismos.	Valores de amplificación del suelo en la estación acelerográfica de Calarcá: [4.5, 3.5, 2.6, 3.1, 3, 2.7, 2.8] veces. Valores de amplificación del suelo en la estación acelerográfica de Uniquindio: [6.8, 5.5, 7, 6.8, 7, 6.4, 7.1] veces.

4. Discusión de los resultados

En cada uno de los sismos analizados, se evidenció un mayor valor de frecuencia del suelo en la estación acelerográfica de Calarcá con valores entre 4.25 y 6.8 Hz (Gráfico 1), promediando en un valor de 5.86 Hz de frecuencia del suelo, mientras que en la estación acelerográfica de Uniquindio se registraron frecuencias del suelo que oscilaban entre 1.85 y 2.06 Hz (Gráfico 2), promediando en un valor de 1.96 Hz de frecuencia del suelo. Con respecto a la amplificación del suelo se puede evidenciar que en la estación acelerográfica de Uniquindio se presentan amplificaciones mayores que en la estación acelerográfica de Calarcá (Gráfico 1 y 2). Esta diferencia entre frecuencias y amplificaciones del suelo con respecto al registro de sismos es debido a la composición del suelo sobre el que están instaladas las estaciones acelerográficas, teniendo Calarcá la característica de estar instalada sobre roca rígida, frente a la estación de Uniquindio, la cual se encuentra instalada sobre una composición de diferentes materiales.

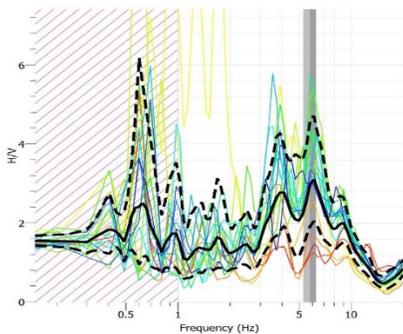


Gráfico 1: Estación acelerográfica de Calarcá

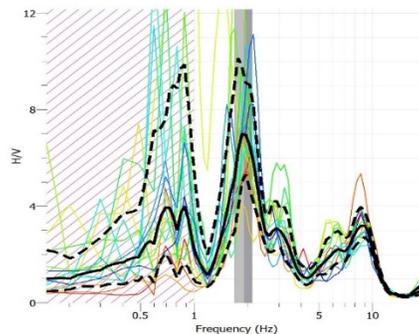


Gráfico 2: Estación acelerográfica de Uniquindio

5. Conclusiones

Se analizó la frecuencia fundamental del suelo obteniendo un valor entre 4.25 y 6.8 Hz para la estación de Calarcá y entre 1.85 y 2.06 Hz para la estación de Uniquindio, lo cual refleja la diferencia de formación geológica entre ambos subsuelos y permite identificar la propagación de las ondas con base en dicho subsuelo.

Se convalidaron los cocientes espectrales como metodología de análisis de frecuencias para la estación Calarcá y la estación Uniquindio, utilizando la metodología H/V técnica de Nakamura como herramienta de conocimiento para análisis de frecuencia y amplificación, teniendo en cuenta el muestreo correspondiente a ventanas de 10 segundos traslapadas al 50% y un filtro pasabanda entre 0.15 y 20 Hz con su respectiva técnica de suavizado.

Se analizó la amplificación del suelo en las estaciones de Calarcá y Uniquindio utilizando sismos registrados en ambas estaciones y se hallaron valores entre 2.6 y 4.5 veces y 5.5 y 7.1 veces respectivamente, lo cual determina que entre más rígido sea el medio menos amplificación presenta para este caso en específico; evidenciando lo obtenido en estas dos estaciones.

6. Referencias

- Baise, L. (2017). Engineering Geology. ELSEVIER, 12-22.
- Bermudez, M. L. (2001). EVALUACIÓN DE EFECTOS DE SITIO EN LA CIUDAD DE ARMENIA, COLOMBIA. Bogotá (Colombia).
- Davoodi, M. (2018). Estimation of the Thickness of Multi-layer Soils from the Higher Peak. CrossMark.
- Sarria, A. (1995). Ingeniería sísmica. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Zorrilla Aguirre, J. C. (2018). DETERMINACIÓN DE EFECTOS DE SITIO EN LAS ESTACIONES DEL OBSERVATORIO SISMOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO USANDO ESPECTROS DE NAKAMURA Y AUTOCORRELACIÓN SPAC. Armenia (Quindío).

Sobre los autores

- **Johan David Díaz Buitrago**, Estudiante de ingeniería Sexto semestre de la Universidad del Quindío. johand.diazb@uqvirtual.edu.co
- **Juan David Londoño Rojas**, Estudiante de ingeniería Sexto semestre de la Universidad del Quindío. juand.londonor@uqvirtual.edu.co
- **Mariana Lucía Lizarazo Hoyos**, Estudiante de ingeniería Sexto semestre de la Universidad del Quindío. marianal.lizarazoh@uqvirtual.edu.co
- **Valeria Ospina Ángel**, Estudiante de ingeniería Sexto semestre de la Universidad del Quindío. Valeria.ospinaa@uqvirtual.edu.co
- **Juan Carlos Zorrilla Aguirre**, Ingeniero civil, Máster en ingeniería Sísmica y Estructural, Profesor programa de ingeniería civil, Tutor semilleros de investigación. jczorrilla@uniquindio.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)