



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 DEL PERFIL DE VELOCIDADES DE ONDA CORTANTE USANDO LA TÉCNICA DE AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL SPAC EN LAS ESTACIONES MODÍN Y RIBERALTA DEL OBSERVATORIO SISMOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

Daniela Martínez Vargas, Juan Camilo Quintero Herrera, Juan Carlos Zorrilla Aguirre, Juan José Agudelo Salazar, Juan Pablo Urquijo Sánchez

**Universidad del Quindío
Armenia, Colombia**

Resumen

El desconocimiento de las propiedades del subsuelo, al igual que la relación existente entre los fenómenos naturales con las consecuencias representadas en la superficie terrestre, genera la necesidad de reconocer, estudiar y modelar todos aquellos procesos presentes en la tierra. Las vibraciones ambientales son necesarias para determinar el perfil de velocidad de las ondas, con el objetivo de caracterizar a partir de esta las propiedades del suelo.

El evento más relevante que ha tenido el departamento del Quindío, hace referencia al sismo que ocurrió el 25 de enero de 1999; debido a esto, se generó la necesidad de monitorear, analizar, procesar y representar la actividad sísmica en el departamento. En este caso, se busca determinar el perfil de velocidades de la onda cortante, usando autocorrelación SPAC, mediante el software Geopsy, con el fin de caracterizar el suelo en el territorio comprendido entre las estaciones sismológicas Modín y Riberalta utilizando el registro de señales sísmicas del Observatorio Sismológico de la Universidad del Quindío (OSQ) y de esta manera aportar a la construcción del conocimiento sobre la amenaza sísmica para la aplicación de este en evaluación de vulnerabilidad. El perfil de velocidad de onda de corte del subsuelo proporciona un análisis preciso de la respuesta del sitio, lo cual permite la caracterización del terreno, con el objetivo de poder establecer todos los procesos de conocimiento que se pueden llevar a cabo sobre él, como determinar las

características estructurales que debe tener en el posible desarrollo de infraestructura, con fines de discernimiento de la amenaza y disminución de la vulnerabilidad.

De manera pertinente este proyecto tiene un enfoque al conocimiento del fenómeno sísmico frente a los efectos que se puedan presentar relacionados a la velocidad de la onda cortante, caracterizando el suelo de origen volcánico de las inmediaciones del departamento del Quindío y así prevenir el impacto en la infraestructura, con la intención de construir un protocolo para proteger y garantizar el correcto funcionamiento de las líneas vitales.

Palabras clave: autocorrelación espacial; componente vertical; onda cortante

Abstract

The unknowledge of the properties of the subsoil and the relationship between natural phenomena with the consequences represented on the Earth's surface, it generates the need to recognize, study and model all those processes that are present on the earth. Environmental vibrations are necessary to determine the wave velocity profile, with the objective of characterizing the soil properties.

The most relevant event that the Quindío department has had, refers to the earthquake that occurred on January 25, 1999, due to this the need to monitor, analyse, process and represent seismic activity in the department was generated. In this case, the aim is to determine the velocity profile of the shear wave, using SPAC autocorrelation, using the Geopsy software, with the aim of characterizing the soil in the territory between Modín and Riberalta seismic stations using the seismic signal record of El Observatorio Sismológico de la Universidad del Quindío, thus contributing to the construction of knowledge about the seismic threat for the application of this in vulnerability assessment.

The velocity profile of the shear wave provides an accurate analysis of the site response, that allows the characterization of the terrain with the aim of establishing all the knowledge processes that can be carried out on it, like determine the structural characteristics that we must have in the development of infrastructure with purposes of discerning the threat and decreased vulnerability.

This project has a focus on the knowledge of the seismic phenomenon front the effects that may appear related to the velocity of the shear wave, characterizing the soil of volcanic origin presented in the Quindio department. That can prevent the impact on the infrastructure, with the intention of make a protocol to protect and guarantee the correct operation of the vital lines.

Keywords: spatial autocorrelation; vertical component; shear wave

1. Introducción

Una de las zonas con mayor actividad sísmica en Colombia es la región andina, en este caso se hace énfasis en el departamento del Quindío, el cual está ubicado sobre 18 fallas activas y la interacción de dos placas tectónicas en proceso de subducción, que al liberar energía, generan

vibraciones con diferentes características, afectando las estructuras situadas en la superficie; el evento más relevante que ha tenido este territorio hace referencia al sismo que ocurrió el 25 de enero de 1999, debido a esto se generó la necesidad de monitorear, analizar, procesar y representar la actividad sísmica en el departamento. Es allí donde nace el Observatorio Sismológico del Quindío, ubicado en la Universidad del Quindío y del cual, se obtuvo la información de señales sísmicas del año 2017 en las estaciones Modín y Riberalta ubicadas en la Serranía Santa Bárbara, con las cuales se realizó la autocorrelación espacial usando el software GEOPSY y por consiguiente desarrollar los perfiles de velocidad de la onda cortante, además se determinó las profundidades y sus velocidades en el sector de la Serranía Santa Bárbara.

Los resultados obtenidos proporcionaron un análisis preciso de la respuesta del sitio lo cual orientó a deducir que la Serranía Santa Bárbara en un sector con un perfil rocoso o texturas de capas gruesas y densas de suelo.

2. Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos específicos se plantea la siguiente metodología:

- Buscar en la base de datos del Observatorio Sismológico de la Universidad del Quindío señales de vibración, presentes en la estación de Modín y Riberalta, teniendo en cuenta que las señales escogidas deben ser para la misma fecha y el mismo tiempo en cada estación.
- Aplicando el software Geopsy se construirá un arreglo para las dos estaciones, Modín y Riberalta en donde se establezca la distancia entre ambas para generar un área de influencia, posteriormente se construirá un ventaneo entre las señales de 10 segundos en un lapso de 1 hora, también se hará un traslapo entre las señales de 50% para un mejor análisis.
- Utilizando los criterios previamente obtenidos, se aplica la técnica de autocorrelación espacial (SPAC) a las señales sísmicas escogidas para determinar el perfil de velocidades del suelo, lo cual genera bases suficientes y así poder construir una buena caracterización del suelo presente, entre las dos estaciones Modín y Riberalta.
- La ingeniería aplica la técnica de autocorrelación espacial SPAC desde el punto de vista epistemológico con el objetivo de construir el perfil de velocidades de la onda cortante, con esta se analiza la distribución de las mismas, según la profundidad y la composición del suelo.
- De manera pertinente este proyecto tiene un enfoque al conocimiento del fenómeno sísmico frente a las amenazas que se puedan presentar relacionadas a la velocidad de la onda cortante, caracterizando el suelo de origen volcánicos y así prevenir el impacto en la infraestructura, con el objetivo de construir un protocolo para proteger y garantizar el correcto funcionamiento de las líneas vitales.
- En la liberación de energía del fenómeno sísmico se produce un efecto inducido que ocasiona un impacto ambiental, generando remoción de masas, colapsos en infraestructuras, que pueden llegar a ocasionar alteración en el caudal ecológico de los ríos y desequilibrando el ecosistema. Por lo anterior, se debe realizar la caracterización del subsuelo en pro de su conocimiento.

3. Resultados y discusión

Después de realizar el ajuste aplicando el método de SPAC con la ayuda del software Geopsy, se obtuvieron las correspondientes gráficas de velocidades de la onda P y S en función de la profundidad. El siguiente análisis es basado en la estructura y el comportamiento de la onda cortante:

2017-07-26-0156

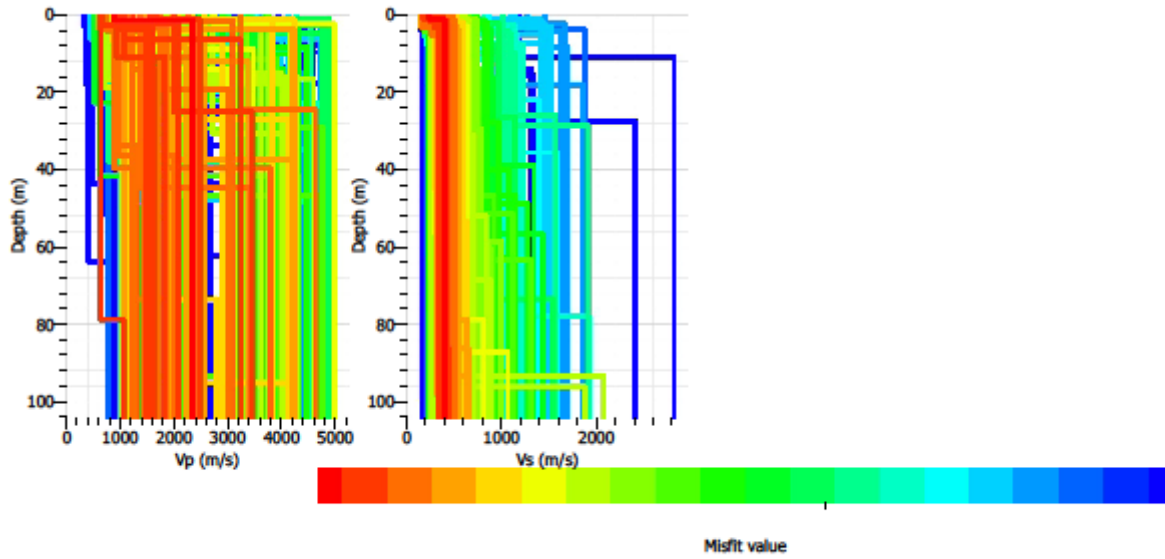


Figura 1Figura 6 Perfil de Velocidades 2017-07-26-0156

Se tiene una velocidad de onda cortante de 300m/s a una profundidad de 30m, y una velocidad de 450m/s a una profundidad de 88m.

2017-10-04-2131

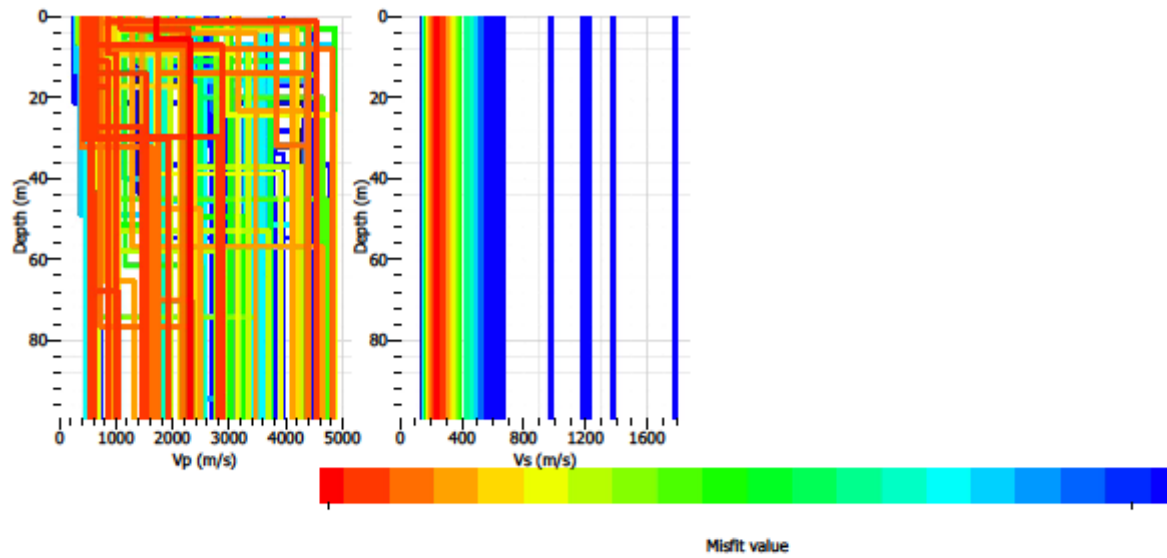


Figura 2 Figura 9 Perfil de Velocidades 2017-10-04-2131

Se tiene que a 24m de profundidad, la velocidad de onda cortante es de 200m/s, y esta es lineal hasta llegar a 320m/s a 100m de profundidad.

2017-10-26-1218

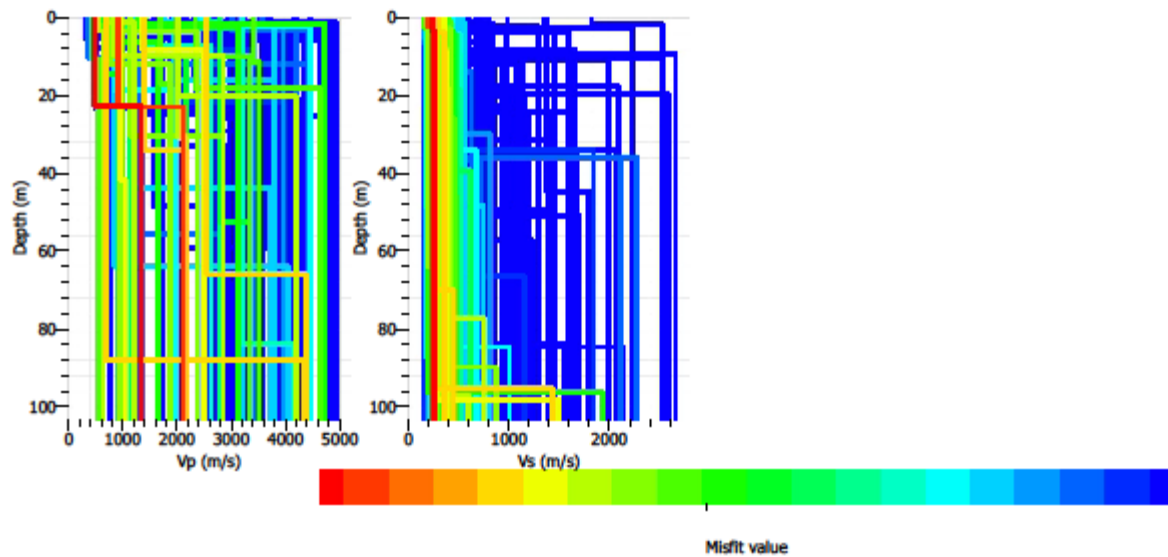


Figura 3 Figura 13 Perfil de Velocidades 2017-10-26-1218

Se evidencia que, a 2 metros de profundidad, la velocidad de la onda cortante es de 176 m/s y a una profundidad de 80 metros la velocidad es de 215 m/s.

De acuerdo al procesamiento digital de las señales, al análisis y la comparación entre los modelos obtenidos y la información presentada anteriormente, se pudo definir que el suelo de la Serranía de Santa Bárbara; obteniendo valores de velocidad que oscilan entre 145m/s y 450m/s con profundidades entre 0 y 100 metros.; lo que conllevó a deducir que es un sector con un perfil rocoso o con texturas de capas gruesas y compactas. El ajuste tiene un grado de error dependiendo de la correlación de los datos, debido a lo anterior se toma como referencia el sector rojo de la gráfica el cual representa menos error, por lo tanto, estas partes poseen un porcentaje alto en la confiabilidad de los resultados.

4. Conclusiones

- Se estudió el perfil de Velocidades para la estructura de suelo comprendida entre las estaciones Modín y Riberalta del Observatorio Sismológico de la Universidad del Quindío encontrando variaciones consecuentes a la formación de dicha estructura de suelo correspondiente a depósitos de suelo de origen volcánico.
- Se realizó el análisis de autocorrelación espacial SPAC utilizando el software GEOPSY como mecanismo para el procesamiento de las señales, teniendo en cuenta intervalos de tiempo de registro iguales, los correspondientes filtros entre 0.15 Hz - 20 Hz y el adecuado muestreo de ventanas de análisis de 10 segundos con traslapes del 50%.
- Se determinó la distribución de velocidades en profundidad para el sector de la Serranía de Santa Bárbara obteniendo valores que oscilan velocidades entre 145m/s y 450m/s para profundidades entre 0 y 100 metros.

5. Referencias

- Aki, K. (1957). Space And Time Spectra of Stationary Stochastic Waves With Special Reference to. *Earthquake Res. Inst. Tokyo University*, 415-547.
- Bermúdez, M. L., Monsalve, H., Cuenca, J. C., Vargas, C. A., Chávez, F., & Ordaz, M. (2001). Evaluación de Efectos de Sitio en la Ciudad de Armenia, Colombia. *Instituto Panamericano de Geografía e Historia*, V 1.1.
- Chávez García, F. J., Rodríguez, M., & Stephenson, W. R. (2005). An Alternative Approach to the SPAC Analysis of Microtremors:. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 95, 277-293.
- Freedman, R., & Young Hugh, D. (2009). *Física Universitaria*. México: Pearson Educación.
- French, A. (2000). Vibraciones y Ondas.
- Jaksa, M., Setiawan, B., Griffith, M., & Love, D. (2018). Estimating bedrock depth in the case of regolith sites using ambient noise. *Engineering Geology*, 145.159.

Sobre los autores

- **Daniela Martínez Vargas**, Estudiante de ingeniería Sexto semestre de la Universidad del Quindío. daniela.martinezv@uqvirtual.edu.co

- **Juan Camilo Quintero Herrera**, Estudiante de ingeniería Sexto semestre de la Universidad del Quindío. juanc.quintero@uqvirtual.edu.co
- **Juan José Agudelo Salazar**, Estudiante de ingeniería Sexto semestre de la Universidad del Quindío. juanj.agudelos@uqvirtual.edu.co
- **Juan Pablo Urquijo Sánchez**, Estudiante de ingeniería Sexto semestre de la Universidad del Quindío. juanp.urquijos@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)