



# COMPLETITUD DEL CATÁLOGO SÍSMICO PARA EL OBSERVATORIO SISMOLÓGICO EN EL CENTRO OCCIDENTE DE COLOMBIA

**Daniel E. Suárez Restrepo, Mauricio Echeverry Gonzales, Viviana Ruiz Zorrilla  
Gabriel A. Santodomingo Brunal**

**Universidad del Quindío  
Armenia, Colombia**

## **Resumen**

El objetivo general de este proyecto de investigación del grupo Quimbaya dirigido por el docente Juan Carlos Zorrilla y desarrollado por los estudiantes de ingeniería civil de la Universidad del Quindío, Viviana Ruiz Zorrilla, Mauricio Echeverry Gonzales, Gabriel Antonio Santodomingo Brunal y Daniel Eduardo Suarez Restrepo, es realizar una completitud del catálogo sísmico para el centro occidente de Colombia en un periodo comprendido entre el primer semestre de 2012 hasta el segundo semestre de 2014, utilizando el algoritmo de localización Hypocenter bajo la consola Software libre denominada SEISAN, con el fin de tener información actualizada de la actividad sísmica del cuadrante monitoreado, lo cual es de gran importancia, debido a que el manejo de registros actualizados sirve para hacer estimaciones de amenaza y vulnerabilidad sísmica en la región.

La completitud del catálogo se realizará con base en la información suministrada por el Observatorio Sismológico de la Universidad del Quindío (OSQ), por el Observatorio Vulcanológico de Manizales (OVM) y la Red Nacional Sismológica de Colombia (RNS) delimitado en el periodo mencionado anteriormente. Esto es una aplicación directa de la ingeniería para mitigar vulnerabilidad y así facilitar los análisis para el conocimiento del subsuelo de la región.

**Palabras claves:** fases; hypocenter; localización, sismo

## Abstract

*The overall objective of this research project from group Quimbaya led by teacher Juan Carlos Zorrilla and developed by students of civil engineering at the University of Quindío, Viviana Ruiz Zorrilla, Mauricio Echeverry Gonzales, Gabriel Antonio Santodomingo Brunal and Daniel Eduardo Suarez Restrepo, it is make a seismic catalog completeness of central western Colombia between the first half of 2012 and the second half of 2014, using the location algorithm under the Free Software Hypocenter console called SEISAN, in order to have updated information of seismic activity of monitored quadrant, which is of great importance, due to current records management serves to make estimates of seismic hazard and vulnerability in the region.*

*The completeness of the catalog will be made based on the information provided by Observatorio Sismológico de la Universidad del Quindío (OSQ), by Observatorio Vulcanológico de Manizales (OVSM) and La Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) in the period previously defined. This is a direct application of engineering to mitigate vulnerability and thus facilitate the analysis for the knowledge of the subsoil of the region.*

**Keywords:** *phases, hypocenter, location, earthquake*

## 1. Introducción

La completitud de catálogos sísmicos es una herramienta fundamental para el conocimiento del subsuelo de la región y determinante, para la medición de la amenaza. La concurrencia de sismos y su respectiva caracterización, implica la utilización de software especializado y análisis específico de señales, con base a sus características físicas, como lo son la amplitud y la diferencia de tiempos de arribo en ondas de cuerpo. La localización de eventos sísmicos, ayuda a la compilación de bases de datos, sirviendo como apoyo a cualquier investigación en esta área del conocimiento. La compilación del catálogo sísmico del Observatorio Sismológico de la Universidad del Quindío (OSQ) tiene la finalidad de llenar vacíos en la información registrada por medio de una serie de procesos como la compilación de datos, tanto del OSQ como de otras redes de monitoreo; la homogenización en los formatos, la posterior localización y finalmente la completitud. Lo que se busca con este trabajo es generar la posibilidad de obtener la caracterización del suelo de la zona de monitoreo y así, realizar estudios de amenaza y vulnerabilidad.

## 2. Objetivos

### 2.1 General

Completitud del catálogo sísmico para el centro occidente de Colombia en un periodo comprendido entre el primer semestre del 2012 hasta el segundo semestre de 2014.

## 2.2 Específicos

- La homogenización del catálogo referente los parámetros de localización pertinentes a magnitud, profundidad y errores de localización.
- El análisis espacio-temporal del catálogo a completar.
- Consolidación de la base de datos del Observatorio Sismológico de la Universidad del Quindío.

## 3. Delimitación

Para el monitoreo y registro de la actividad sísmica del centro occidente de Colombia el Observatorio Sismológico de la Universidad Del Quindío (OSQ) cuenta con una red conformada por 5 estaciones sismológicas propias de las cuales son 3 de periodo corto y 2 de banda ancha y 6 acelerógrafos en convenio con la Red Nacional de Acelerógrafos de Colombia (RNAC). La completitud del catálogo se realizara con base en la información suministrada por el (OSQ), por el observatorio vulcanológico de Manizales (OVM) y la (RNAC) enmarcando un periodo entre el segundo semestre del año 2012 y el primer semestre del año 2014.

## 4. Marco Referencial

### 4.1 Localización y Ocurrencia de Sismos

Una de las actividades más importantes en la sismología es la localización de los hipocentros de los sismos. Esto implica la determinación de las coordenadas hipocentrales y el tiempo de origen del evento. En general para esto se requiere identificar las fases de las ondas de cuerpo en los sismogramas y el tiempo de llegada. La localización de los sismos se basa en el principio de que los tiempos requeridos por las ondas sísmicas para llegar desde la fuente al receptor, es una medida directa de la distancia entre los dos puntos.

El hipocentro es el lugar físico, generalmente de longitud, latitud, profundidad debajo de la superficie, el epicentro es la proyección del sismo localizado en la superficie de la tierra La distancia epicentral es la distancia desde el epicentro a la estación a lo largo de la superficie de la tierra.

La localización de sismos implica determinar tanto las coordenadas del hipocentro como la hora de inicio de la fuente. En general, la localización del origen del sismo requiere la identificación de las fases sísmicas y la medición de los tiempos de arribo, así como conocer la estructura de velocidad entre el hipocentro y la estación sísmica (Lay & Wallace, 1995) , donde los tiempos de arribo son calculados con base a un modelo paramétrico. Por otro lado, la búsqueda de la localización de sismos suele ser presentado como un problema inverso, donde conocemos las fases de los tiempos de arribo, y debe resolverse para la localización del origen y el tiempo de inicio que sean consistentes.

El hipocentro es el lugar físico, generalmente de longitud, latitud y profundidad debajo de la superficie, el epicentro es la proyección del sismo localizado en la superficie de la tierra del sismo (inicio de la ruptura). La dimensión física de una falla puede ser de varios cientos de kilómetros para grandes sismos y el hipocentro en principio se encuentra en cualquier parte de la superficie de ruptura. El hipocentro y la hora de inicio son determinados por los tiempos de arribo de las fases del sismo iniciadas por la primera ruptura, el hipocentro calculado corresponde al punto donde inicio la ruptura y la hora de inicio al momento de la ruptura inicial.

#### 4.2 Triangulación

Las primeras localizaciones fueron gráficas usando triangulación, utilizando la intersección de las distancias epicentrales de tres estaciones sobre un mapa y trazando círculos con centro en cada estación. Para obtener estas distancias es necesario utilizar tablas camino-tiempo que permiten pasar de los tiempos leídos a obtener distancias, conociendo el tiempo  $t_s - t_p$ .

El problema más complicado con este método es la dificultad que normalmente se tiene en las lecturas de la onda S, que implica una propagación del error, al igual que la obtención de la profundidad, que es el parámetro de mayor incertidumbre. Estas observaciones se reflejan en el hecho que los círculos no necesariamente se interceptan en un punto, sino que definen un área en cuyo centro se halla el epicentro, y su error depende de las lecturas de fases.

#### 4.3 Localización De Sismos Usando Hypocenter

El algoritmo Hypocenter es un algoritmo escrito en fortran para localización de sismos, la versión original escrita por Liener, 1986, modificado por Liener 1994, y por Havskov & Ottemoller, 1995. Las principales modificaciones es que puede aceptar más fases, localizar eventos tele sísmicos y usando entradas en formato nórdico (se incluyen los datos principales de la forma de ondas correspondientes a sus características) directamente de la base de datos. El archivo de entrada con las coordenadas de las estaciones y modelos de velocidad es STATION0.HYP.

Para localizar un sismo con el algoritmo Hypocenter se necesita las lecturas de los tiempos de arribo de las ondas P y S de mínimo 3 estaciones de banda ancha y/o largo periodo, entonces es posible localizar los eventos locales suficientemente fuertes ( $M_l > 3$ ) y las fuentes tele sísmicas ( $m_b > 5$ ). Los errores en la distancia estimadas a partir de las lecturas de P y las últimas fases secundarias dentro del rango de distancia de  $80^\circ < D < 120^\circ$  son en su mayoría menos de  $+ 1^\circ$  y rara vez mayor de  $+ 2^\circ$ . Los errores medios rara vez difieren significativamente de cero, y cuando lo hacen por lo general es para regiones específicas. Tomando los errores sistemáticos en cuenta, la precisión de la localización se puede mejorar.

### 5. Metodología

- **Compilación de Información:**  
La compilación consiste en unificar la información de registros sísmicos del (OSQ), ya que el formato de las trazas análogas se presenta en SUD y el de las digitales

en SEISAN. Es necesario homogenizar el formato de las trazas ya que el análisis de estas se realiza en SEISAN.

- **Compilación de Información de Otras Redes:**  
La compilación de la información no solo abarca los registros del (OSQ), sino también, del Observatorio Vulcanológico de Manizales (OVM) y la Red Nacional De Acelerógrafos Colombiana (RNAC). Estos registros sísmicos otorgados por las otras redes están por lo general en formato SEISAN, pero sin embargo es necesario homogenizar el formato para el análisis de las trazas ya que SEISAN puede tener características diferentes.
- **Lectura de Fases:**  
El proceso de lectura de fases se hace sobre las trazas unificadas en el formato SEISAN, consiste en la identificación de la onda primaria (P) y la onda secundaria (S), dándoles una calificación o peso que las clasifique de acuerdo a la claridad con la que se registra. Después, se procede a la lectura de la coda con base en las trazas.  
Posteriormente, se sigue a la determinación del tipo de arribo, que influye mucho para la claridad con la cual se lee la onda P, si el sismo es impulsivo se va a identificar con mayor claridad. Continuando con la lectura de la polaridad del sismo, lo que me determina si este es compresivo o distensivo.
- **Localización**  
Para determinación de epicentros con los respectivos errores de localización. Primero, se localizan utilizando un modelo general de velocidades que sirve para obtener localización preliminar, para luego refinar dicha localización con el modelo de velocidad adecuado de acuerdo a la fuente sismo-tectónica obteniendo un error  $RMS < 1$ .
- **Compleitud e Ilustración Espacio Temporal**  
Para determinar el valor de los parámetros que definen la sismicidad en la región centro occidental de Colombia se usan trazas comprendidas entre el periodo de segundo periodo del 2012 hasta segundo de 2014.  
Toda esta información es necesaria para obtener un catálogo completo de la actividad sísmica de la región.

## 6. Referencias Bibliográficas

- Kagan, Y., & Jackson, D. (Enero 2006). A New Catalog of Southern California Earthquakes. *Seismological Research Letters Volumen 77*.
- Mazo Lopera, E., & Zorrilla Aguirre, J. (Septiembre de 2014). Compleitud del catálogo sísmico en el centro occidente de Colombia. Armenia, Quindío, Colombia.
- Ottemoller, L., Voss, P., & Havskov, J. (Junio de 2012). Seisan Earthquake Analysis Software. Bergen, Norway.
- Restrepo Montoya, C., & Zorrilla Aguirre, J. (Marzo de 2013). Determinación del Algoritmo para la Localización de sismos de Mejor Ajuste a las Características de Velocidad y Estructura de la Corteza para el Centro Occidente de Colombia. Armenia, Quindío, Colombia.

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

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)