

ANÁLISIS Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO WEB PARA LA GESTIÓN DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA EN COLOMBIA

Alberto Acosta López

Magíster en Teleinformática y especialista en Gestión de Proyectos de Ingeniería de la Universidad Distrital, Francisco José de Caldas
aacosta@correo.udistrital.edu.co

Luis Alfredo González Riscanevo

Estudiante de último semestre de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas
lagonzalezr77@gmail.com

Recibido: 19-05-2014, aceptado: 23-02-2015, versión final: 23-02-2015¹

RESUMEN

Este artículo se basa en el análisis y desarrollo de un prototipo web por medio del cual se pueda gestionar la información de la actividad sísmica registrada dentro del territorio colombiano, con base en los datos generados por el sistema de procesamiento de la Red Sismológica Nacional de Colombia y los formularios de evaluación de intensidad sísmica. Para la elaboración del prototipo web se desarrolló bajo la metodología RUP, siendo dirigido por casos de uso, los cuales se crearon de acuerdo a las necesidades que se evidenciaron en la etapa de análisis. De esta manera se pudo concluir que con el desarrollo del prototipo optimiza la gestión de la información sísmológica en Colombia, centralizando los datos de la actividad sísmica instrumental con la evaluación de intensidad sísmica por medio del modelo de datos.

Palabras claves: *sismicidad, intensidad sísmica, magnitud, sismo.*

ABSTRACT

This article is based on the analysis and development of website prototype through which it manage information recorded seismic activity in Colombia, based on data generated by the processing system the National Seismological Network of Colombia and the evaluation forms and seismic intensity. For the development of web prototype was developed under the RUP, being directed by use cases, which were created according to the needs that became apparent in the analysis stage. It was concluded that with the development of the prototype optimizes seismological information management in Colombia, centralizing the data of seismic activity instrumental seismic with seismic intensity by the data model.

Key words: *seismicity, seismic intensity, magnitude, earthquake.*

¹ Resultado de proyecto de investigación patrocinado por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

1. INTRODUCCIÓN

Colombia se encuentra situado dentro de un conjunto de placas tectónicas además de pertenecer al cinturón de fuego del pacífico. Esto ha hecho que Colombia se genere diariamente sismos (muchos de los cuales no son percibidos por las personas por su baja magnitud y profundidad), además de erupciones volcánicas. Este antecedente muestra que la población colombiana se encuentra en amenaza sísmica y vulcanológica.

La Red Sismológica Colombiana mensualmente localiza 300 sismos dentro del territorio colombiano. Estos sismos son importantes para la evaluación de la amenaza sísmica y microzonificación de ciudades.

El propósito de este proyecto es ser un soporte y herramienta útil para el análisis, procesamiento y publicación de la actividad sísmica en Colombia a fin de lograr agilidad, oportunidad y eficacia en este proceso.

Para lograr los objetivos propuestos en este proyecto se dividió en tres etapas, las cuales son: análisis, diseño y desarrollo del prototipo. La primera etapa inicia con un análisis de los sistemas de adquisición y procesamiento que actualmente utiliza la Red Sismológica Nacional de Colombia para la recolección y procesamiento de los eventos sísmicos.

La segunda etapa comprende el diseño del proyecto donde se encontró varios requerimientos como son: el modelado UML, documentación de las fases de modelamiento de UML, implementación de la base de datos y diseño de las interfaces de usuario de la aplicación.

La última etapa consta del diseño del prototipo funcional. Este diseño se basó en el patrón de arquitectura Modelo-Vista-Controlador la cual separa los datos de una aplicación, la interfaz

de usuario, y la lógica de control en tres componentes distintos.

Para el análisis, funcionamiento y comportamiento de la información se hizo necesario utilizar una metodología que asista en el desarrollo del prototipo, entre las cuales se encuentra la metodología RUP (Rational Unified Process), la cual se divide en cuatro fases: concepción, elaboración, construcción y transición donde se aplicó en esta fase hasta la actividad de pruebas.

1.1. Sísmicidad Instrumental

Las estaciones de la Red Sismológica Nacional están distribuidas a lo largo del territorio colombiano a fin de monitorear la actividad sísmica en el país. Cada una de ellas se divide en dos partes, Estación Remota (RES) y la Estación Principal (MES).

Estación remota (res)

1. Sistema de Energía.
2. Sistema Remoto de adquisición sísmológica.
3. Sistema de Comunicaciones.

1.2. Sistema de energía

Este sistema como su nombre lo indica es el que proporciona la energía eléctrica a la estación. La alimentación de energía se realiza mediante un banco de 12 celdas de batería, el cual es alimentado constantemente por un cargador de baterías P4000 con corriente AC comercial; este banco tiene aproximadamente 24.2 Voltios DC.

En el momento de un corte de energía eléctrica en la estación entrará en operación el banco de baterías, cuya autonomía en condiciones óptimas es de 48 a 72 horas.

El consumo de energía de una ESR es de 5-7 amperios/hora, lo que da aproximadamente 150 Watts.

1.3. Sistema remoto de adquisición de información sismológica

Es el conjunto de equipos y accesorios que se encargan de capturar, amplificar, digitalizar y empaquetar, en un formato de transmisión de datos, la señal sísmica que llega al lugar donde se encuentra localizada la (RES).

1.4. Sismómetro

Un sensor sísmico es un instrumento que mide el movimiento del suelo cuando es agitado por una perturbación externa. Casi todos los sismómetros captan el movimiento del suelo a través de una estructura de referencia que está vibrando y consideran el principio de la inercia de una masa suspendida que teóricamente tenderá a mantenerse en reposo en respuesta a la perturbación. Básicamente un sismómetro inercial convierte el movimiento del suelo en una señal eléctrica (transductor de velocidad).

1.5. Digitalizador

El Digitalizador es el dispositivo encargado de convertir a formato digital estándar la información analógica, adquirida por el sismómetro en la (RES); lo que significa que básicamente el digitalizador transforma un voltaje a números binarios. Una vez esta información se ha convertido a formato digital es transmitida al sistema de comunicaciones para luego ser enviada al centro de control (MES - Estación Maestra).

1.6. Sistema de comunicaciones

La información adquirida por los sismómetros, es transmitida mediante un sistema de comunicaciones vía satélite hacia la MES, utilizando el satélite INTELSAT VI como repetidor, el cual amplifica las señales y las retransmite hacia la MES.

Estación principal (mes)

En la MES se reciben las frecuencias portadoras de todas las estaciones remotas mediante una gran antena parabólica. Los datos recibidos en la MES procedentes del satélite a través de la portadora y conocidos como "Inbound data", son amplificados, convertidos a frecuencias menores y, finalmente son extraídos los datos de las frecuencias portadoras. Este proceso conocido como demodulación, ocurre de manera individual para cada stream de datos, único para cada estación. Una vez se tienen los datos en su banda base de frecuencia, o en su forma original, son enrutados hacia el Sistema de Adquisición de Datos EARTHWORM, en donde es reconocida la información codificada en el stream de datos correspondiente a cada estación remota y además es adicionado el tiempo a la señal mediante un sistema GPS.

Análisis de la información

Esta etapa de todo el proceso continuo que desarrolla la RSNC, es tal vez la parte más importante, ya que permite el monitoreo constante de la actividad sísmica y el rápido conocimiento por parte de los miembros de la RSNC al igual que de los organismos gubernamentales de atención de desastres acerca de los eventos de gran magnitud.

Las localizaciones y las formas de onda son almacenadas en la base de datos de la RSNC utilizando el software de análisis sísmico SEISAN. A partir de febrero de 2001, se empezó a utilizar en la RSNC, el software The Earthquake Analysis

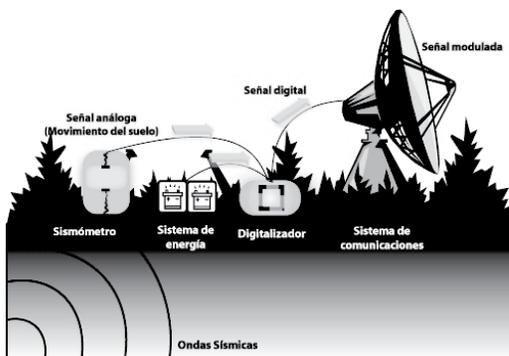


Figura 1.
Sistema de comunicaciones

Software (SEISAN), el cual fue desarrollado para trabajar bajo ambiente Windows, Solaris o Linux indistintamente. SEISAN está conformado por un set de programas y un sistema de archivos organizados cronológicamente para el análisis de sismos de datos sismológicos. La ubicación del epicentro e hipocentro es calculada después de hacer una lectura de fases interactiva con el Hypocenter 3.2 (Lienert, 1994), programa diseñado en Fortran para la localización de eventos locales, regionales y distantes; esta rutina usa formatos muy parecidos a los del Hypo71, e incluye una gran cantidad de nuevas características adicionado a la capacidad de localización global, a su vez posee más de 100 opciones los cuales se pueden variar según las necesidades.

El sistema SEISAN está ubicado en subdirectorios bajo un directorio principal denominado SEISMO, el cual consta de los siguientes subdirectorios: REA, almacena los archivos de lectura y solución de epicentros en una base de datos; WOR, lugar de trabajo para los diferentes usuarios; TMP, almacena archivos temporales; PRO, guarda programas, código fuente y ejecutables; LIB, librerías y subrutinas; INC, incluye los archivos de los programas y subrutinas de PRO y LIB; COM, cuenta con los procedimientos de comando; DAT, tiene los archivos de parámetros por defecto; WAV, archivos digitales de formas de onda; CAL, guarda los archivos de respuesta o calibración de las estaciones; INF, documentación e información; y, PIC, guarda los archivos de imágenes. SEISAN permite intercambiar datos mundialmente utilizando el mismo formato; en la actualidad SEISAN es usado en muchos países, tales como: Ecuador, Venezuela, Chile, Jamaica, Cuba, Estados Unidos, Noruega, Portugal, etc.; y otros países de Centroamérica. Otras bondades de SEISAN son, los programas en su mayoría fueron escritos en lenguaje Fortran y unos algunos pocos en C, todos ellos con su archivo fuente, de tal manera que fueran modificados y ajustados según las necesidades del usuario.

Base de datos Seisan

La base de datos en SEISAN está conformada básicamente por dos directorios REA y WAV, cuyos archivos en formato ASCII se utilizan para guardar los datos de localización y las fases del sismo, utilizando el formato nórdico (Havskov and Ottemöller, 2000). Los archivos son guardados en una estructura de árbol con directorios anual y mensualmente, y los nombres de los mismos reflejan el tiempo de origen de cada evento. La estructura de archivos reside bajo un nombre de directorio (cinco letras) permitiendo que el sistema pueda operarlos. Los archivos denominados S-FILE contienen las lecturas de fases e información de la fuente; también contiene el nombre de los archivos de forma de onda correspondiente. Las formas de onda son guardadas del mismo modo que los datos de localización Sfile, o sea, en directorios anuales y mensuales; estos archivos son guardados en formato binario, bajo el subdirectorio WAV.

Sistema de adquisición de datos Earthworm

Earthworm (1993) es el sistema utilizado por la Red Sismológica Nacional de Colombia para la adquisición de datos. Inicialmente utilizado por la Red Sísmica del Norte de California (NCSN) en EEUU, así como en observatorios volcánicos, entre ellos el Observatorio de Volcanes de Hawaii, el Observatorio Vulcanológico de Alaska, la Red Sísmica del sur de California y otros. El sistema Earthworm se divide en dos partes: Hardware y software.

El hardware es una tarjeta de adquisición de datos National Instruments PCI-MIO, de 12 bits, contiene un convertidor de datos análogo-digital, con capacidad para 64 canales (señales). Las señales analógicas de los sensores del periodo corto de las estaciones sísmicas, provenientes de un volcán o un evento sísmico, ingresan a la tarjeta de adquisición, ahí se convierten a señal digital.

Una vez convertidas a datos digitales el sistema Earthworm realiza distintos procesos con ellos a través de programas independientes denominados módulos, cada uno de estos módulos contiene una programación específica, una ventaja del funcionamiento mediante módulos es que pueden trabajar de forma independiente, además pueden agregarse nuevos módulos y suspender el uso de alguno de ellos sin que se afecte al funcionamiento general del sistema.

Además de datos sísmicos de sensores de periodo corto (analógicas), Earthworm contiene módulos para ingresar señales provenientes de banda ancha y de acelerógrafos. Para los sensores de banda ancha Earthworm tiene un módulo llamado Scream que se conecta a sistema mediante una dirección IP.

Para la adquisición de datos de acelerógrafos, Earthworm cuenta actualmente con módulos que permiten la conexión con adquirentes REFTEK y K2. El equipo REFTEK es un registrador sísmico de banda ancha con aplicaciones para réplicas sísmicas, sismicidad regional,

etc. El equipo K2 de Kinematics, Inc. De Pasadena, California, es un acelerógrafo empleado para obtener las aceleraciones que se generan durante los movimientos fuertes.

La versatilidad del sistema Earthworm en la adquisición de las señales sísmicas descritas demuestra lo eficiente del sistema además de no requerir licencia de uso. Actualmente el sistema Earthworm se encuentra operando en más de 50 observatorios sismológicos y vulcanológicos en el mundo.

Evaluación de Intensidad Sísmica

Los efectos producidos por los terremotos en las estructuras y en las personas, se mide por medio de la Intensidad Sísmica, describiendo de una manera subjetiva el potencial destructivo de los sismos. Existen varias escalas de Intensidad, una de ellas es la denominada "Mercalli Modificada", que se indica en forma resumida en la Tabla, la misma que fue desarrollada por Wood y Newman en 1931 y es una modificación del trabajo desarrollado por Mercalli en 1902.

Tabla 1.
Escala Mercalli modificada para la medición de intensidad de sismos

Grado	Descripción
I. No sentido	No se siente, ni en las circunstancias más favorables.
II. Apenas sentido	La vibración se percibe solo por algunas personas (1%) especialmente personas en reposo en los pisos superiores de los edificios.
III. Leve	La vibración es débil y se percibe en interiores sólo por unas pocas personas.
IV. Ampliamente observado	El terremoto se percibe en interiores por muchas personas, pero al aire libre por muy pocas. Algunas personas se despiertan. El nivel de vibración no es alarmante.
V. Fuerte	El terremoto se percibe en interiores por la mayoría, al aire libre por unos pocos. Muchas personas que dormían se despiertan.
VI. Levemente dañino	Sentido por la mayoría en los interiores y por muchos en el exterior. En los edificios muchas personas se asustan y escapan. Los objetos pequeños caen.
VII. Dañino	La mayoría de las personas se asustan y escapan al exterior. Los muebles se desplazan y los objetos caen de las estanterías en cantidad.
VIII. Gravemente dañino	Pueden volcarse los muebles. Muchos edificios corrientes sufren daños: las chimeneas se derrumban.
IX. Destructor	Monumentos y columnas caen o se tuercen. Muchos edificios corrientes se derrumban parcialmente, unos pocos se derrumban completamente.
X. Muy destructor	Muchos edificios corrientes se derrumban.
XI. Devastador	La mayoría de los edificios corrientes se derrumban.
XII. Completamente devastador	Prácticamente todas las estructuras por encima y por debajo del suelo quedan gravemente

Objetivos del proyecto

General: Analizar y desarrollar un prototipo en plataforma Web para la gestión de la actividad sísmica en Colombia.

Específicos

- Analizar y desarrollar un aplicativo que cuente con el ingreso, consulta y actualización registrada por los sistemas de adquisición y procesamiento de la RSNC para las señales sísmicas que se originan en el territorio colombiano.
- Realizar análisis matemático para la localización geopolítica de Colombia (municipio donde se originó el evento) de los sismos, tomando como base el sistema de coordenadas cartográficas WGS84 en el territorio colombiano.
- Desarrollar formularios bajo un entorno web para la generación de encuestas que conlleven al procesamiento de la intensidad sísmica.
- Procesar la información de la intensidad sísmica tomando como referencia la escala de intensidad macrosísmica EMS-98.
- Generar reportes bajo un entorno web de la actividad sísmica en Colombia donde se pueda consultar por cada una de las diferentes características que contiene un evento sísmico.

2. Metodología del proyecto

Tipo de estudio. El presente estudio es de tipo empírico-analítico, en el cual se establece un análisis técnico del sistema de adquisición y procesamiento de los eventos sísmicos, a partir de esta realidad plasmarla en una aplicación que permita almacenar información relevante del sismo.

Objeto de estudio. El objeto de estudio para este proyecto es el análisis de la información de los eventos sísmicos dentro del territorio Colombiano.

Variables

Variables independientes:

Evento sísmico: Corresponde al proceso de liberación de energía y generación como posterior propagación de ondas por el interior de la Tierra. Al llegar a la superficie de la Tierra, estas ondas son percibidas tanto por la población como por estructuras (Dependiendo de la Magnitud, distancia epicentral, geología local, profundidad y otros factores).

Red Sismológica Nacional de Colombia: encargada de dar una alerta temprana a la ocurrencia de un evento sísmico en el territorio nacional, además lidera las investigaciones sismológicas en el país.

Variables dependientes:

Seisan: software diseñado para el análisis de señales sísmicas.

Intensidad sísmica: Medida de los efectos producidos por un sismo en personas, animales, estructuras y terreno en un lugar particular.

Metodología de ingeniería

La metodología seleccionada para la ejecución del desarrollo requerido es la metodología RUP, la cual permite mayor productividad y mejores prácticas de software a través de un diseño a nivel técnico y una percepción de abstracción del problema. Para el ciclo de vida del software, Rup comprende cuatro fases: concepción, elaboración, construcción y transición. En este proyecto se realizó hasta la etapa de pruebas.

Resultados

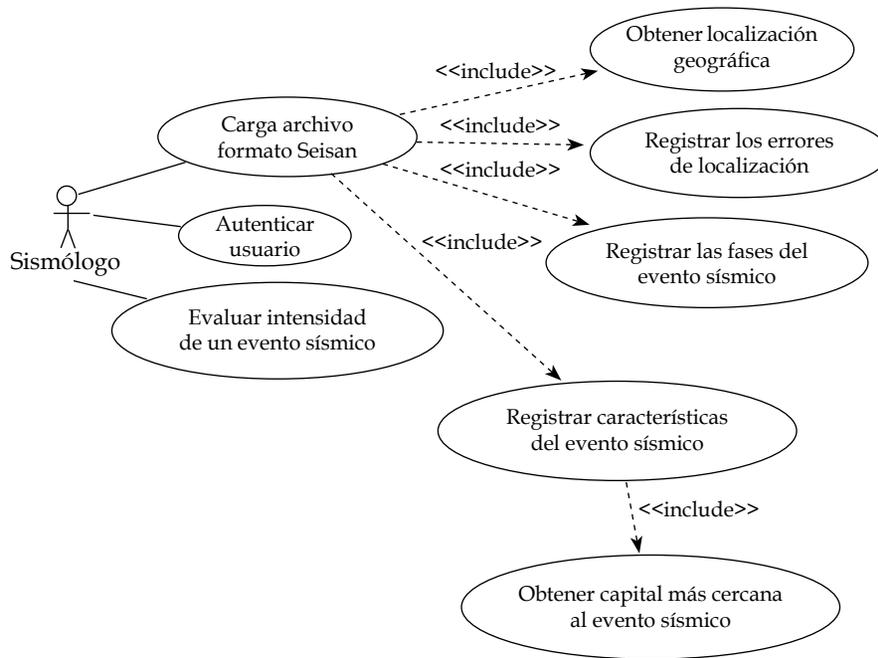


Figura 2.
Diagrama de casos de uso para el usuario Sismólogo.

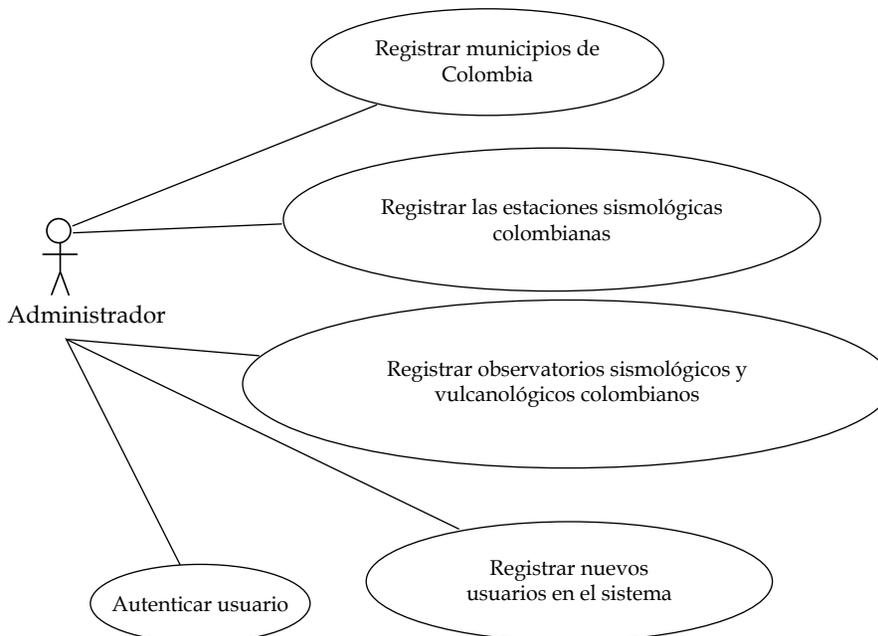


Figura 3.
Diagrama de casos de uso para el usuario Administrador.

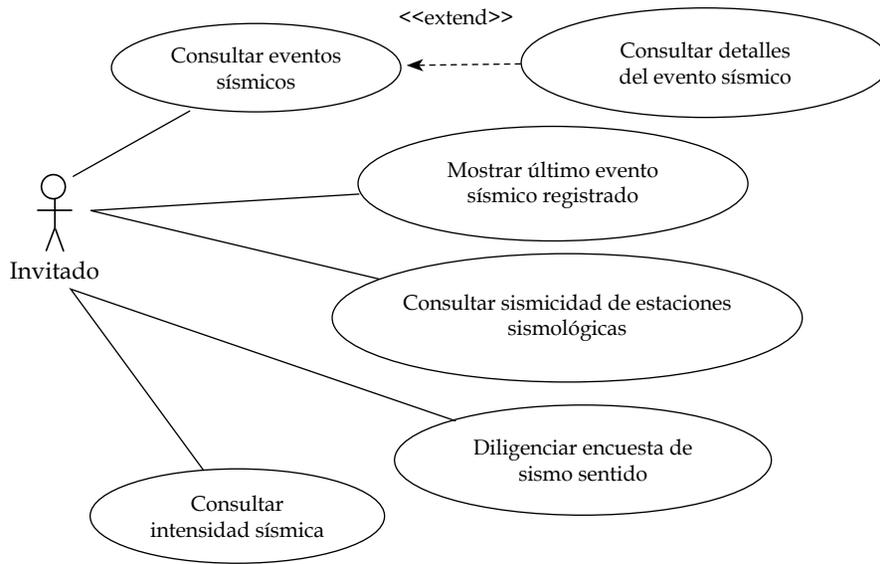


Figura 4.
Diagrama de casos de uso para el usuario invitado

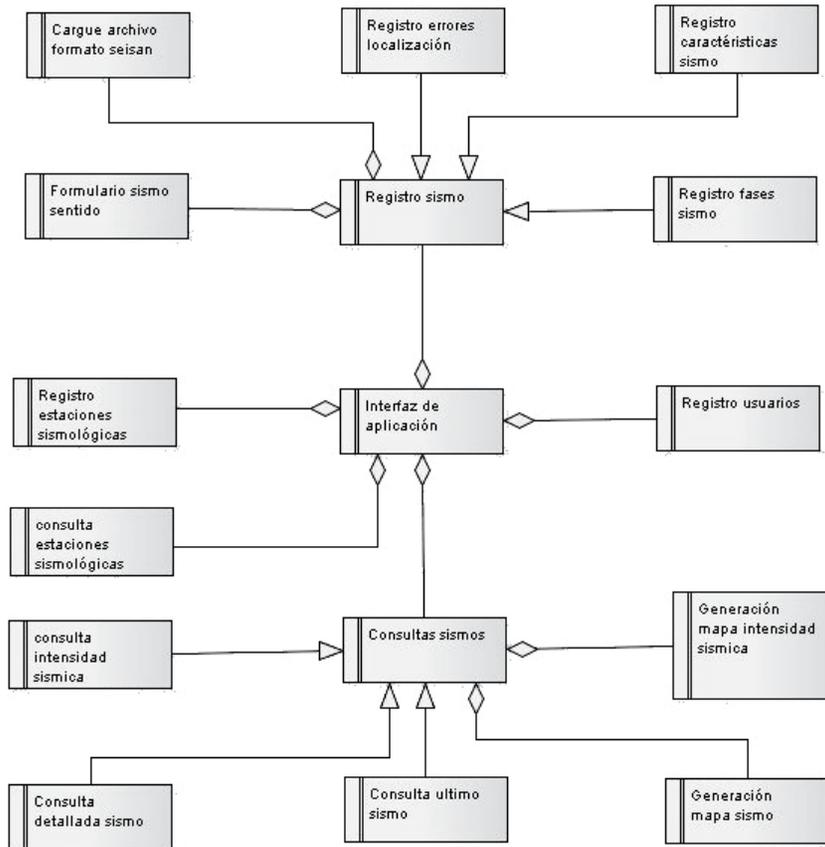


Figura 5.
Diagrama de clases describiendo la estructura de la interfaz.

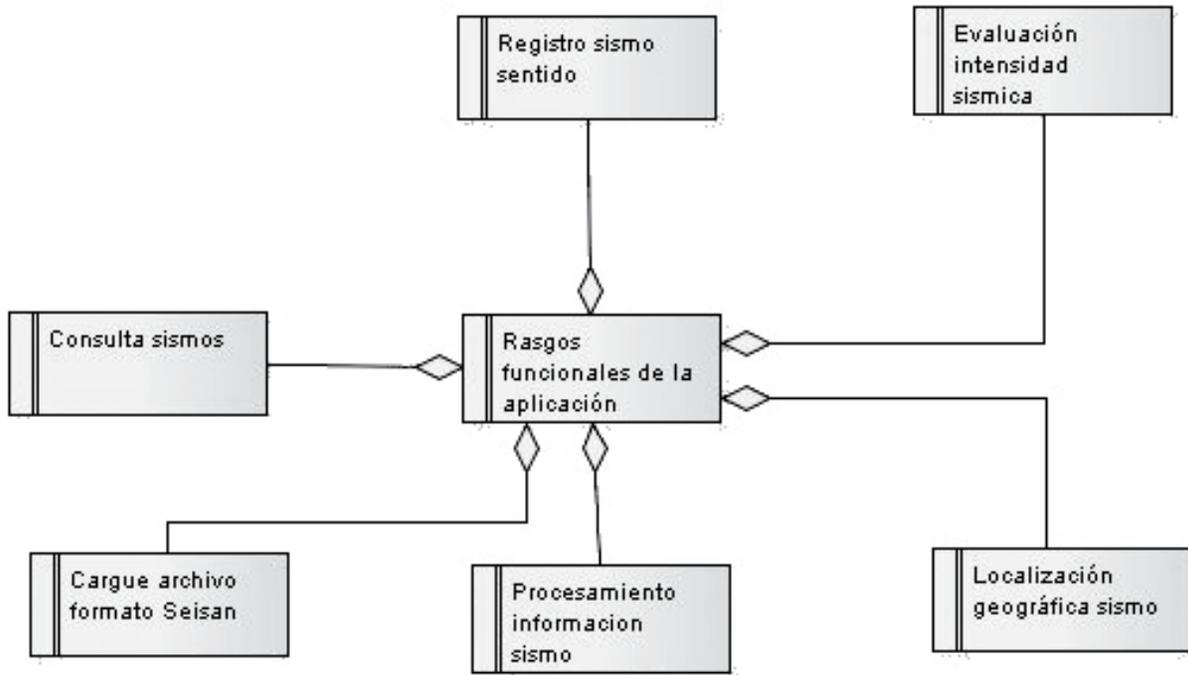


Figura 6.
Diagrama de clases describiendo los aspectos funcionales.

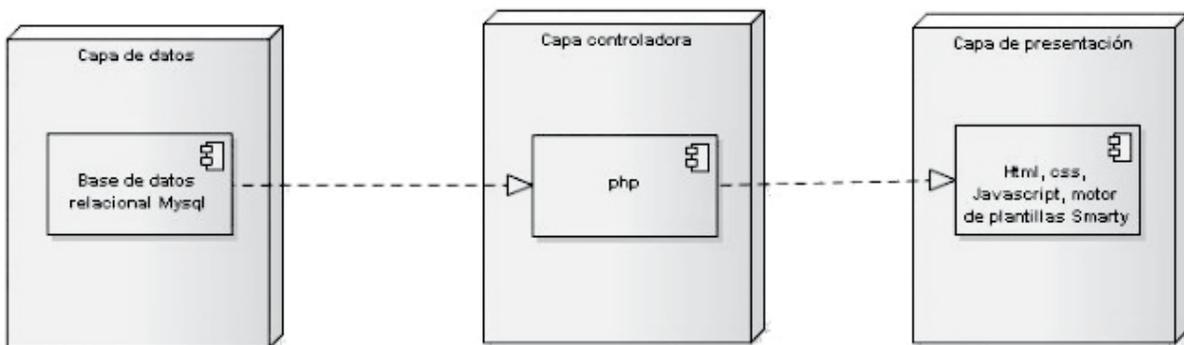


Figura 7.
Diagrama de distribución describiendo la arquitectura de la aplicación.

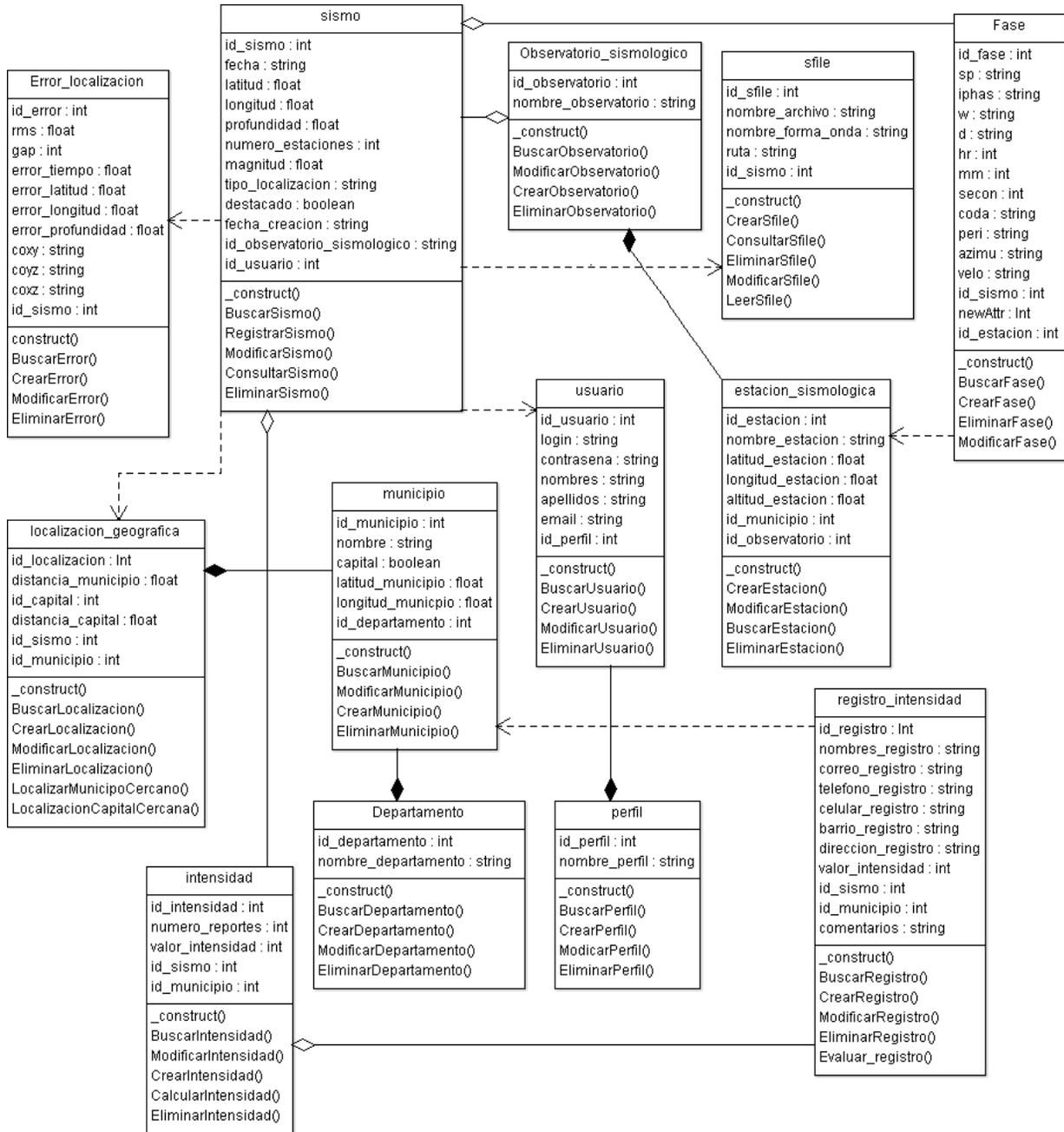


Figura 8.
Diagrama de clases de la aplicación.

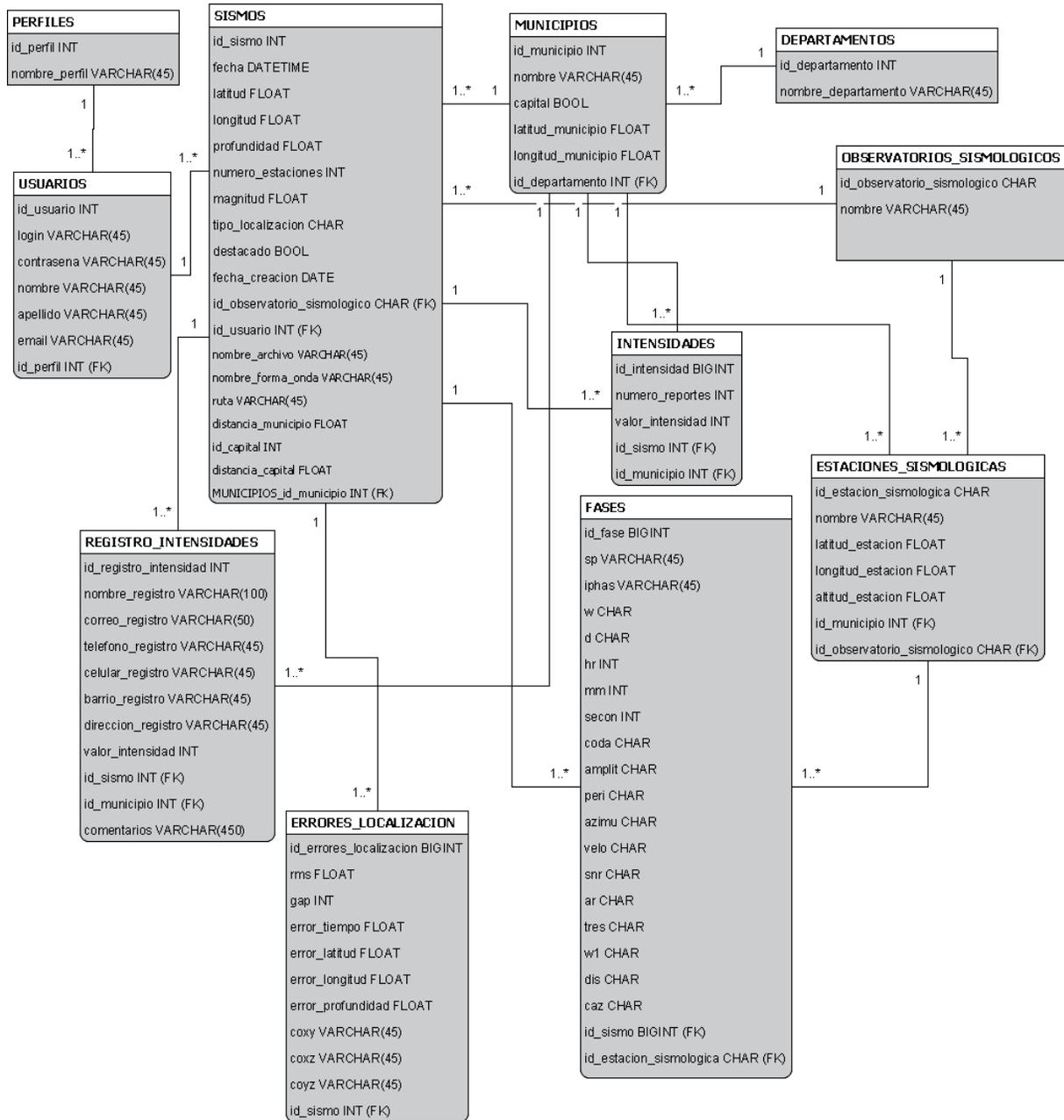


Figura 9.
 Diagrama entidad-relación de la aplicación.



3. Conclusiones

El prototipo web contribuye a la optimización del proceso de cargue y localización geográfica de la sismicidad instrumental dentro del territorio colombiano, ya que mediante la implementación basada en este análisis mejora el manejo de la información.

El prototipo web desarrollado no sólo favorece la utilización de la herramienta para los usuarios con conocimientos avanzados en sismología, sino también al usuario que desee consultar acerca de los eventos sísmicos que se producen dentro del territorio colombiano.

La generación automática del mapa y el valor de intensidad sísmica tomando como referencia la escala de intensidad macrosísmica EMS-98 permite cuantificar el patrón de agitación y el alcance de los daños de los eventos sísmicos categorizados como fuertes.

El desarrollo de formularios de evaluación de intensidad sísmica bajo un entorno web contri-

buye a utilizar rápidamente la abundante información disponible sobre los terremotos directamente de las personas que lo experimentan. Al tomar ventaja de la gran cantidad de usuarios de Internet, se pueden generar mapas iniciales de intensidad sísmica casi al instante, y de forma continua la actualización de los valores de intensidad generan una representación más precisa de los daños ocasionados durante el terremoto.

El aplicativo centralizo el manejo de la información de la actividad sísmica instrumental con la evaluación de intensidad sísmica colombiana por medio de una base de datos, en la cual se administra y almacena la información correspondiente a cada uno de los casos.

La generación de reportes y mapas dinámicos que se incluyen dentro del prototipo contribuyen a ubicar con facilidad la información de los eventos sísmicos por cada una de las diferentes características que contiene un sismo.

REFERENCIAS

- Beltrán Castro A.S (2005). Arquitectura Cliente Servidor. UDI Universitaria de Investigación y Desarrollo
- CRAIG LARMAN. UML y Patrones (2006). Introducción al Análisis y Diseño Orientado a Objetos. Prentice Hall y Pearson,
- Jacobson Boocg I. Rumbaugh G. (2000) El Proceso unificado de Desarrollo de Software. Addison Wesley,
- Pressman Roger S. (1992). Ingeniería de software, un enfoque práctico.
- Sallenave J.P. (1994). La gerencia integral. Mc.Graw Hill, Tercera edición, Editorial Norma.
- StallingS W. (1997). Sistemas Operativos. Prentice Hall, Segunda Edición

- Torres Corredor R.A. (2001). Curso introducción a la Sismología. Ingeominas, Conexión IT. Metodología RUP. Disponible en <http://www.conexionit.com/blog/metodologias/que-es-rup.html>
- Desarrollo Web. Manual PHP. Disponible en <http://www.desarrolloweb.com/manuales/12/>
- Earthworm. Sistema de identificación sísmica para el volcán Popocatepetl. Disponible en <http://www.geofisica.unam.mx/posgrado/tesis/TesisParaConsulta/Tesis-M-Alarcon%20Ferreira%20Ana%20M.pdf>
- MTbase. PowerDesigner 15. Disponible en <http://www.mtbase.com/productos/modelamientometadatos/powerdesigner/pd15>
- Seisan. Implementación de SEISAN para la Red Sismológica Nacional de Colombia. Disponible en <http://bdrsnc.ingeominas.gov.co/publicaRSNC/SEISAN-Franco.pdf>
- Sismoresistencia. (2011) Introducción a la ingeniería sismo resistente. Disponible en <http://inglichpc.files.wordpress.com/2011/03/unidad-ii1.pptx>
- Universidad de Murcia. Manual de Rational Rose (2001). Disponible en <http://www.manualespdf.es/manual-rational-rose-2001/>
- Valle, J. MySQL. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos24/oracle/oracle.shtml#mysql>.
- Dengler and Dewey, (1998). Cálculo de la intensidad sísmica. Disponible en: <http://pasadena.wr.usgs.gov/ciim/pubs/ciim/>
- Instrumentación RSNC. Disponible en: <http://seisan.ingeominas.gov.co/RSNC/index.php/red-de-estaciones/instrumentacion>
- Intensidad Sísmica RSNC. Disponible en: <http://seisan.ingeominas.gov.co/RSNC/paginas/intensidades/EMS-98.html>

