

Ingeniería

Revista Semestral de la Universidad de Costa Rica

ISSN 1409-2441

Vol. 16 (2)

Ago/Dic 2006

CONTENIDO

Artículos

1. Estudio catódico de cinética de corrosión del acero al carbón en fluido geotérmico mediante un electrodo de disco rotatorio..... 17-22
Vega, Mario.
2. Sintonización de controladores *PI* y *PID* utilizando modelos de polo doble más tiempo muerto 23-31
Solera, Eugenia; Alfaro, Víctor.
3. La naturaleza de la Ingeniería..... 33-43
Herrera, Rodolfo.
4. Dimensionado y construcción de un túnel de viento de baja velocidad 45-54
Monge, Juan Gabriel.
5. Centrifugal fan impeller failure analysis using finite elements..... 55-62
Monge, Juan Gabriel.
6. Nuevo formato de datos para el Laboratorio de Ingeniería Sísmica del Instituto de Investigaciones en Ingeniería de la Universidad de Costa Rica..... 63-74
Moya, Aarón.
7. Evaluación de la potencia de operación de un eje de turbina vertical mediante el método de elementos finitos 75-83
Monge, Juan Gabriel.
8. Representación de lenguajes de patrones de análisis de dominio 85-101
Calderón, Alan.
9. Evaluación del concreto con reductor de agua en clima cálido 103-111
Solís, Romel; Moreno, Eric; Chuc, Nadine.

Nota técnica

- Experiencia docente en la Universidad de Costa Rica en el uso de puntos de función y metodologías orientadas a objetos para estimar proyectos de software 115-127
Salazar, Gabriela.

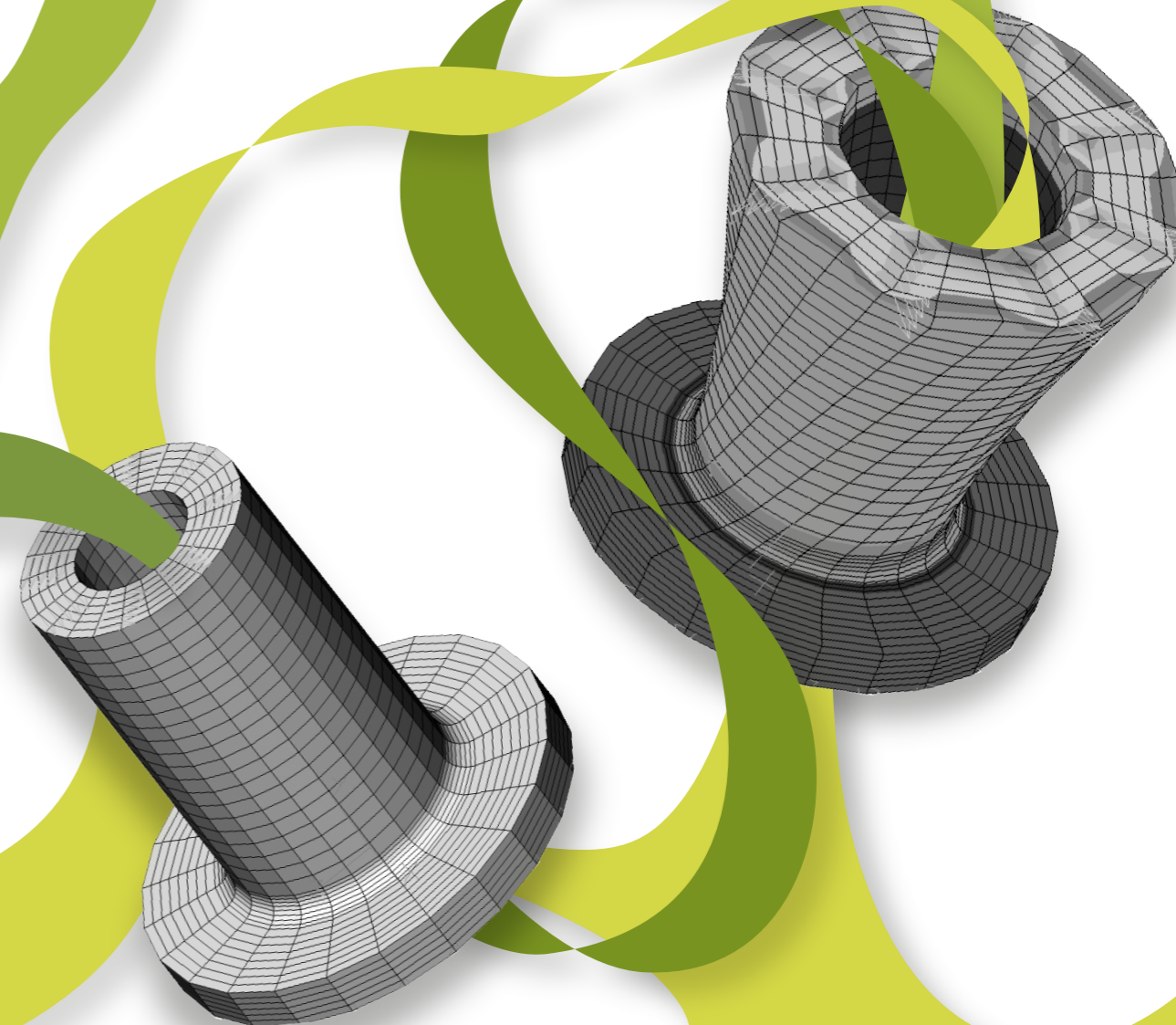
Normas

- Normas para la presentación de artículos a la Revista Ingeniería..... 131-138



Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica
AGOSTO/DICIEMBRE 2006 - VOLUMEN 16 - Número (2)



NUEVO FORMATO DE DATOS PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA SÍSMICA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Aarón Moya Fernández

Resumen

Se describen los diferentes programas de cómputo desarrollados en el Laboratorio de Ingeniería Sísmica (LIS) para el procesamiento y actualización de su base de datos de sismos fuertes. Los programas fueron ejecutados usando los lenguajes de programación FORTRAN-77 y PYTHON, con el objetivo de leer los diferentes formatos según el tipo de instrumentos y luego unirlos en uno solo, el cual se adoptaría como el estándar. Los programas, como tales, pueden ser instalados en cualquier máquina que corra bajo el ambiente LINUX, pero la base puede ser consultada desde máquinas que utilicen otro ambiente como el de Windows o el de UNIX por medio del lenguaje PYTHON. El resultado más importante fue que se pudo depurar la enorme cantidad de registros que el Laboratorio ha ido acumulando a lo largo del tiempo. También, el nuevo formato permite que haya un intercambio de información de forma mucho más confiable, completa y rápida que antes, pues el encabezado incluye todos los aspectos sismológicos necesarios para elaborar mapas, graficar las señales, etc.

Palabras clave: movimiento fuerte, sismos, FORTRAN, formato, acelerógrafo, programas de cómputo.

Abstract

This is a study where we describe the different computer programs that were developed at the Earthquake Engineering Laboratory to manage and update the strong motion records. The programs were developed using FORTRAN-77 and PYTHON languages which worked according to the type of instrument that recorded the earthquake and wrote the information in a single, standard format. The computer programs can be installed and compiled in any LINUX based system and accessed from any other OS such as Windows or UNIX through the PYTHON language. The most important result was that we were able to update all the records that the laboratory had been gathering through time. Also, the new format allows the exchange of information in a more reliable, complete, and faster way than before because the header contains all seismological aspects to map or plot the signals.

Key words: strong motion, earthquakes, FORTRAN, format, accelerograph, computer programs.

Recibido: 15 de agosto del 2006 • **Aprobado:** 18 de octubre del 2006

1. INTRODUCCIÓN

El Laboratorio de Ingeniería Sísmica (LIS), adscrito al Instituto de Investigaciones en Ingeniería de la Universidad de Costa Rica (INII-UCR), es un laboratorio dedicado al mantenimiento de una red de movimiento fuerte de más de treinta acelerógrafos. El Laboratorio se encarga de la recopilación, almacenamiento y procesado de la información que se genera con cada nuevo sismo. El resultado de las investigaciones llevadas a cabo se da a conocer a través de publicaciones o de la Internet y sus datos se encuentran disponibles tanto para investigadores como para estudiantes que así lo soliciten. Sin embargo, la extensa red del LIS es

heterogénea y dificulta la transferencia de datos al carecerse de un formato estándar. Cada uno de los muchos tipos de aparatos que el LIS posee genera su propio tipo de formato, por lo que el objetivo de este estudio es homogeneizar dicho formato para que los datos sean más fácilmente accesibles a los usuarios.

Poco después de su fundación, el LIS tuvo a cargo varios instrumentos del tipo SMA-1 (Figura 1) que eran acelerógrafos analógicos fabricados por una sola compañía llamada Kinometrics. Estos aparatos funcionaban a base de una película fotográfica que era velada por un haz de luz que seguía el movimiento del suelo. La información proveniente de tales aparatos requería de un largo

procesado para que, finalmente, fuera utilizable. Primero, se tenía que revelar la película fotográfica en un cuarto oscuro. Luego se debía rastrear y guardar como imagen en formato binario “.tiff” de alta resolución. Finalmente, con el uso de programas de computación de la misma empresa, se debía limpiar dicha imagen para convertirla a datos numéricos (ASCII) cuyo formato poseía la extensión “.v1”, si los datos estaban sin corregir y “.v2”, si estos poseían algún tipo de corrección como filtros y línea base.

La Figura 2 muestra un archivo con el formato “.v2”. Como se observa, el formato “.v2” carece de un ordenamiento de datos en pares ordenados que simplifique su procesado por medio de un gráfico o mapa. Además, la información de la estación, como el tipo de suelo y refugio y la ubicación del sismo, sea este de tipo subducción o local, no se encuentra disponible.

Con el paso del tiempo y la llegada de nueva tecnología, el Laboratorio fue adquiriendo equipo cada vez más moderno que ya no requería del uso de película fotográfica. Se adquirieron instrumentos digitales del tipo SSA-2 de Kinemetrics, los cuales que guardaban la información en un disco interno y requerían del uso de una computadora portátil para extraerla. Esos registros se guardaban con la extensión

“.ssa” en su forma binaria y se requerían programas especiales de la compañía proveedora para leer y graficar la información.

El cambio de tecnología también trajo consigo un ligero cambio en el formato de los datos. Los “.ssa” podían ser transformados al código ASCII, también en formato “.v2”. Sin embargo, aunque estos se continuaban llamando “.v2”, en su interior existían variaciones en el orden de los parámetros, el número de líneas, la longitud de las variables, etc., que los hacían diferentes a los “.v2” provenientes de los instrumentos SMA-1. (Figura 3)

En años más recientes, se adquirieron los instrumentos tipo K2 y ETNA dentro de los cuales la información se guardaba en archivos binarios con extensión “.evt”. Kinemetrics desarrolló el programa *Strong Motion Analysis* (SMA) que se encargaba de convertir los archivos con extensión “.evt” en “.v2”. En este caso, el formato numérico “.v2” era común a ambos, sin embargo, se presentó un nuevo problema.

Los instrumentos acelerográficos, previos a la generación del K2, son del tipo *Force Balance Accelerograph* (FBA), lo cual significa que los tres canales de registro (correspondientes a las tres componentes del vector de movimiento)

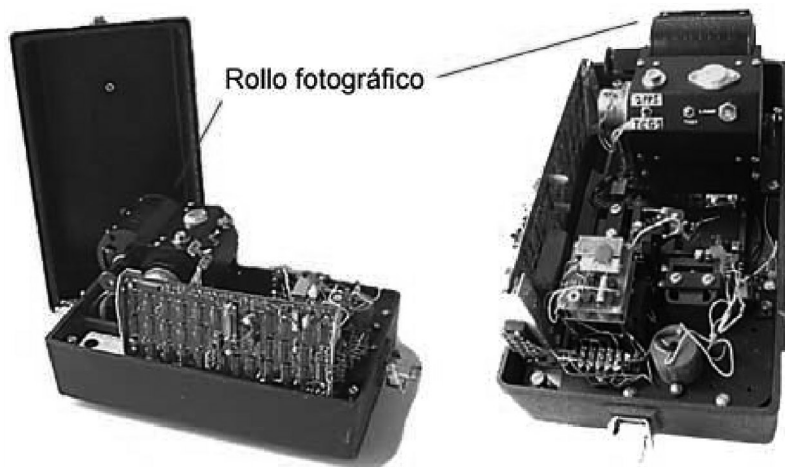


Figura 1. Instrumento analógico tipo SMA-1 utilizado por el LIS en sus inicios.


```

CORRECTED ACCELEROGRAM                                CHAN 1
UNCORRECTED ACCELEROGRAM DATA                        PROCESSED: 11/22/2004
04N20ECL.EVT
11/20/2004 8:06:36 (GMT)                               (ORIGIN: 11/20/2004 8:06:36 GMT)
                                                    TRIGGER TIME: 11/20/2004 8:06:50.640 GMT
STATION NO.          9.932N  84.084W  SSA2   S/N 941 (3 CHNS OF 3 AT STA)
SSA2 S/N 0941
CHAN 1: LONG        (STA CHN: 1).....
04N20ECL.EVT                                11/20/2004 8:06:36 (GMT)
HYPOCENTER:    0.000N    0.000E  H=   0.0KM   ML= 0.00
INSTR PERIOD = 0.0198 SEC,  DAMPING =0.6500,  SENSITIVITY =2.500 VDC/G
                RECORD LENGTH = 78.000 SEC
                UNCOR MAX = 0.178 G, AT 8.230 SEC
RMS ACCEL OF (UNCOR) RECORD = 0.016 G
ACCELEROGRAM BANDPASS FILTERED WITH RAMPS AT 0.060-0.120 AND 43.00-45.00 CYC/SEC
15600 POINTS OF INSTRUMENT- AND BASELINE-CORRECTED ACCEL, VELOC, AND DISPL DATA
AT EQUALLY-SPACED INTERVALS OF 0.005 SEC.
PEAK ACCELERATION = 173.376    CM/SEC/SEC  AT 22.865    SEC.
PEAK VELOCITY = 6.822    CM/SEC  AT 22.680    SEC.
PEAK DISPLACEMENT = 1.627    CM  AT 22.745    SEC.
INITIAL VELOCITY = -0.018    CM/SEC;  INITIAL DISPLACEMENT = -0.000    CM
04N20ECL.EVT                                11/20/2004 8:06:36 (GMT)

1 1 1 3 3 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 015600156001560015600 1 1 10 0 0 64 15 1 1 015600
015600 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0
0.020 0.650 78.000 0.016 0.100 2.500 0.178 8.230
50.400 0.000 0.000 0.000 5.000 0.000 5.000 5.000
0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
0.000 0.000 0.000 98.067 0.005 78.000 0.000 0.000
0.000 45.000 2.000 78.000 0.005 0.120 0.060 0.000
22.865 173.376 22.680 6.822 22.745 1.627 -0.018 0.120
43.000 0.005 0.005 -0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
0.000 0.000 0.000 0.000
15600 POINTS OF ACCEL DATA EQUALLY SPACED AT 0.005 SEC. (UNITS: CM/SEC/SEC)
0.069 -0.143 -0.159 0.027 0.255 0.303 0.136 -0.050
-0.066 0.057 0.127 0.042 -0.084 -0.087 0.025 0.083

```

Figura 3. Ejemplo de un archivo en formato ".v2" obtenido por un instrumento del tipo SSA-2. Nótese como hay gran diferencia en el número de espacios y cantidad de información entre este registro y el de la figura 2.

Esto evidencia que existe la necesidad de cambiar el formato en que se encuentran escritos los datos para que puedan ser utilizados por terceras personas en investigación. Como ya se dijo, el programa original de fábrica ordena los datos en líneas lo que dificulta su manipulación inmediata por otros programas. Sería ideal que los datos estuvieran organizados en tres columnas correspondientes a las tres componentes que conforman un acelerograma.

Otro aspecto importante es que a los datos, una vez en formato ASCII, se les deben introducir ciertos parámetros del sismo y de la estación (como magnitud, longitud y latitud) para que queden guardados en los encabezados de los registros. El problema es que, ante la ocurrencia de un sismo grande, la información para un mismo sismo en varias estaciones es procesada durante varios días por diferentes personas. Si se introduce el dato incorrecto (por ejemplo, un signo negativo en la casilla correspondiente a la longitud), entonces se crea una inconsistencia en los registros que sería muy difícil de detectar, a no ser que se elaboren mapas de ubicación. Además de ello, está el inconveniente de que la información oficial de los parámetros de ubicación, magnitud y profundidad de los sismos puede cambiar, conforme nuevas revisiones de los parámetros son recalculados por los centros sismológicos: Red Sismológica Nacional (RSN) y el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (OVSICORI).

Se hace necesario entonces automatizar la generación de la información que debe ser incluida dentro de cada encabezado, para que así no haya confusión y pueda ser actualizada en cualquier momento. Estos programas funcionarían en forma similar a una base de datos dentro de la cual existen tablas que contienen información sobre los parámetros sísmicos y de ubicación de estaciones que evitarían la redundancia de información dentro de los encabezados y permitirían su rápida actualización.

2. PREPARACIÓN DE DATOS

Los datos registrados por el Laboratorio son primeramente convertidos al formato “.v1”. El

formato “.v1” es un archivo de la señal sísmica sin ningún tipo de corrección instrumental o de filtrado. El formato llamado “.v2” consiste en el mismo archivo pero con las correcciones de instrumento y filtrado de fábrica apropiados. Por esa razón, en este trabajo se utilizan los archivos “.v2” como su *input*.

Para la manipulación de la información, se utiliza el ambiente LINUX por su gran estabilidad, versatilidad en el manejo de gran cantidad de información y por el software incluido que es accesible a cualquier persona. Todos los archivos

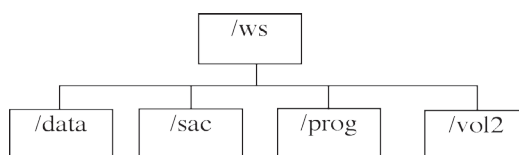


Figura 4. Estructura de los directorios donde se encuentran los programas y datos correspondientes.

“.v2” son movidos a un directorio llamado “/vol2” dentro de otro directorio llamado “/ws”. La Figura 4 muestra la estructura de estos directorios.

Los directorios /vol2, /sac y /data poseen, a su vez, tantos subdirectorios como estaciones tiene el LIS (un total de cincuenta y dos estaciones, entre activas e inactivas al momento de esta publicación). Dentro de /prog se encuentran los programas escritos en FORTRAN, SAC2000 (Goldstein et al., 1999) y PYTHON que desempeñan diferentes funciones, según se detalla a continuación.

2.1 FORTRAN

Se desarrollaron tres programas que son **leerv2evt**, **leerv2flm**, **leerv2ssa**. Estos leen el formato QDR, FLM (correspondiente a los SMA-1) o SSA respectivamente y se encargan de extraer información como: el número de puntos, número serial del instrumento, datos, etc. que son comunes a todos los aparatos, organizándolos en forma de columna y asignándoles una extensión “.v0”.

Los nombres de los eventos son cambiados de manera que contengan la fecha de ocurrencia del sismo con el año, mes, día, hora, minuto y estación. Por ejemplo, el sismo del 22 de diciembre de 1990, que destruyó varias casas en Alajuela, tiene por nombre original 90d22AL1, pero con el nuevo formato este mismo archivo recibe el nombre de 199012221727_ALJ.

Los instrumentos tipo FBA y EpiSensor ordenan en forma diferente las componentes del sismo. Los FBA ordenan las componentes en forma *L-V-T*, mientras que los EpiSensor lo hacen de forma *L-T-V*. El estándar que sigue el Laboratorio es ordenar los datos en forma *L-V-T*, por tanto, cuando un registro proviene de un EpiSensor, el orden de sus componentes es alterado al cambiar de “.v2” a “.v0”

Los **vol2sac**, **sac2lis** son programas escritos en FORTRAN que hacen uso de la librería de SAC2000 (Goldstein et al., 1999) para convertir los archivos a formato SAC. SAC2000 es el acrónimo del *Seismic Analysis Code* o Código de Análisis Sísmico que consiste en un ambiente formado por varias decenas de funciones como filtros, transformadas de Fourier y gráficos para trabajar exclusivamente con datos sísmológicos. SAC2000 es un *software* que puede ser solicitado por cualquier centro de investigación y usado libremente con fines no comerciales por universidades o centros de investigación.

SAC2000 representa un paso intermedio entre los archivos “.v0” y “.lis”. SAC2000, automáticamente calcula las distancias epicentrales y la dirección de la estación al epicentro. También facilita la generación de mapas que muestran la ubicación del sismo y la estación, respectivamente. La Figura 5 es un ejemplo de mapa generado por SAC2000 para la estación ROH (representada con un triángulo) y los epicentros de todos los eventos registrados por ella (representados por círculos). Para la generación de ese tipo de mapas, SAC2000 utiliza las herramientas del *Generic Mapping Tools* o GMT (Wessel y Smith, 1991) que consta

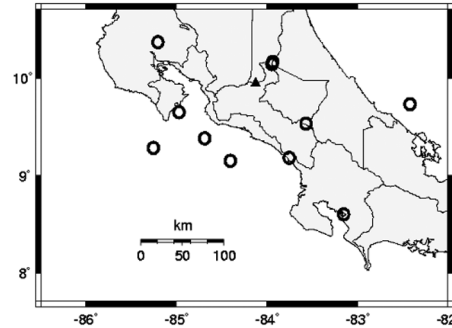


Figura 5. Mapa generado por SAC2000 usando GMT para mostrar la ubicación de todos los registros de sismos (círculos) con respecto a la estación ROH (triángulo)

de más de sesenta comandos de UNIX para el desarrollo de muchos tipos de mapas. Debido a que SAC2000 está optimizado para trabajar con datos sísmológicos, se pueden realizar gráficos de los registros con solo ejecutar dos o tres comandos, según se requiera.

La Figura 6 muestra un ejemplo de formas de onda graficadas con SAC2000. El programa muestra la estación, componente y fecha del evento. Para generar tal gráfico, solo es necesario ejecutar dos comandos como se indica:

```
sac> read 199908082259_NFL.*
sac> plot1
```

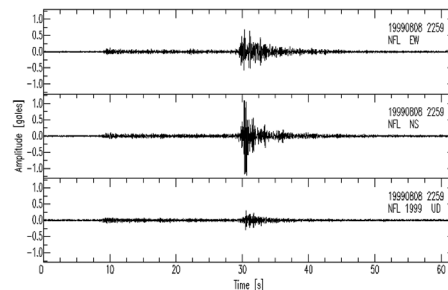


Figura 6. Registro de las tres componentes de un sismo en la estación NFL. La estación, la fecha, la hora y la componente son parte de la leyenda en este tipo de gráficos.

2.2 PYTHON

Dependiendo del tipo de instrumento que haya registrado un sismo, se hace necesario entonces llamar uno u otro de los programas en FORTRAN (leerv2evt, si es un aparato tipo ETNA o K2, leerv2flm, si es uno tipo SMA-1 o leerv2ssa, si es tipo SSA). Esto significa que habría que saber de antemano qué tipo de instrumento y en qué estación se encontraba un registro para poder procesarlo con el programa correspondiente.

Una forma de evitar ese problema es usando el lenguaje *script* de programación llamado PYTHON. El programa desarrollado en PYTHON se llama “tolis.py” y tiene la función de rastrear el directorio /vol2 dentro de cada estación en busca del tipo de instrumento que registró un sismo determinado y llamar el programa de FORTRAN correspondiente. PYTHON también se encarga de mantener la base actualizada, de manera que si un evento ha sido borrado por error, solo este se pueda volver a generar sin necesidad de tener que generar todos los demás registros.

El siguiente procedimiento se realiza para todos los eventos:

1. Los archivos con extensión “.v2” que se encuentran en formato ASCII se copian dentro de la respectiva estación en el directorio /vol2.
2. El programa “tolis.py” se ejecuta. Este entra en cada carpeta y crea una lista de los eventos que se encuentran en ella. Con esta lista, el programa busca en una tabla la fecha del evento reportada por la RSN o el OVSICORI donde se encuentran todos los parámetros de la fuente como lo son: latitud, longitud, profundidad y magnitud. El programa entonces abre el archivo y determina el tipo de instrumento al que pertenece el registro. Una vez identificado el tipo de instrumento que creó el registro, se llama el programa de FORTRAN correspondiente y se escriben los datos en forma columnar.

3. Los registros “.v2” se transforman en “.v0” dentro del directorio /vol2. En este paso, todos los archivos tienen las componentes ordenadas en forma *L-V-T*.
4. Los registros “.v0” son convertidos a formato SAC2000 con el programa **vol2sac**. Los datos de la estación son leídos de un cuadro que contiene los parámetros de ubicación, tipo de suelo, refugio, etc. De esta forma se evitan incongruencias. En este paso se calculan las distancias epicentrales e hipocentrales y también los ángulos de ubicación de la estación con respecto al epicentro. Los archivos en formato de SAC2000 se guardan bajo la estación correspondiente en el directorio /sac.
5. Los registros en formato SAC2000 son finalmente convertidos al formato “.lis” por medio del programa **sac2lis** y guardados bajo la estación correspondiente en el directorio /data.

El sistema funciona de tal forma que si se borran todos los archivos en SAC2000 o en formato “.lis”, la base completa se podría recuperar con solo digitar **tolis.py**. Cuando los datos son guardados en formato SAC, las componentes se escriben por separado y poseen extensión “.ns” para la componente NS o longitudinal, “.ud” para la componente vertical y “.ew” para la componente EW o este-oeste.

3. RESULTADOS E IMPACTO

El nuevo formato “.lis” logra uniformizar la muy heterogénea base de datos de terremotos del Laboratorio de Ingeniería Sísmica. En cada encabezado se puede consultar cualquier tipo de información del evento y datos de la estación correspondiente, sin necesidad de tener que acudir a otras fuentes como tablas, publicaciones, etc.

La Figura 7 muestra el formato “.lis” para el sismo ocurrido en Damas, Costa Rica, el 20 de


```

Agency Lab. Ing. Sismica, INII-UCR, Costa Rica
Processed on Fri Sep 30 11:12:26 2005
Epicenter Damas de Aguirre
=====
Record name:                200411200807_QSP.lis
Event Date:                 2004/11/20 08:07
Event Latitude:             9.5200
Event Longitude:            -84.2200
Event Depth (km):          25.0000
Event Magnitude (Mw):      6.2000
Source type:                SUBDU
Station Code:              QSP
Instrument type:           ETNA
Serial number:             2453
Station Latitude:          9.4300
Station Longitude:         -84.1600
Station Elevation (m):     0.0000
Soil type (ATC 1985):      S1
Site condition:            FFD
Epicentral Dist. (km):     11.9373
Hypocentral Dist. (km):    27.7038
Azimuth (Ep.to.St):       146.4963
Delta t:                   0.0050
PGA-N00E:                  226.0000
PGA-UPDO:                  218.0000
PGA-N90E:                  231.0000
MIN. FILT. FREQ:          0.1200
MAX. FILT. FREQ:          47.0000
Number of points:         26400
S1-Rock    S2-Hard    S3-Soft    S4-Very soft
FFD-Free_field BDU-Buildng_up BDG-Buildng_down
=====DATA IN GALS=====
      N00E          UPDO          N90E
- .10000000E-02  0.12000000E-01  0.20000001E-02
0.49999999E-02  0.80000004E-02  0.40000002E-02
0.13000000E-01  0.10000000E-02  0.89999996E-02
0.14000000E-01  -.10000000E-02  0.12000000E-01

```

Figura 7. Resumen de la ejecución del procesado de datos desde el formato “.v2” hasta el formato “.lis”

noviembre del 2004 y registrado en la estación QSP ubicada en Quepos.

Los nombres de los parámetros se dan en inglés para mayor claridad para investigadores tanto nacionales como extranjeros. La explicación de cada variable dentro del nuevo formato se ha puesto en línea en el sitio del LIS en la INTERNET: <http://www.inii.ucr.ac.cr/lis> bajo el apartado “*Descargas*” y en el Cuadro 1.

Los datos del sismo se presentan en forma columnar y en gales para cada componente, según se indica: N00E es la componente longitudinal, la UPDO es la vertical y la N90E es la transversal. Los datos están en formato exponencial y cuentan con tres cifras significativas.

El nuevo formato “.lis” permite el intercambio de información en forma completa y

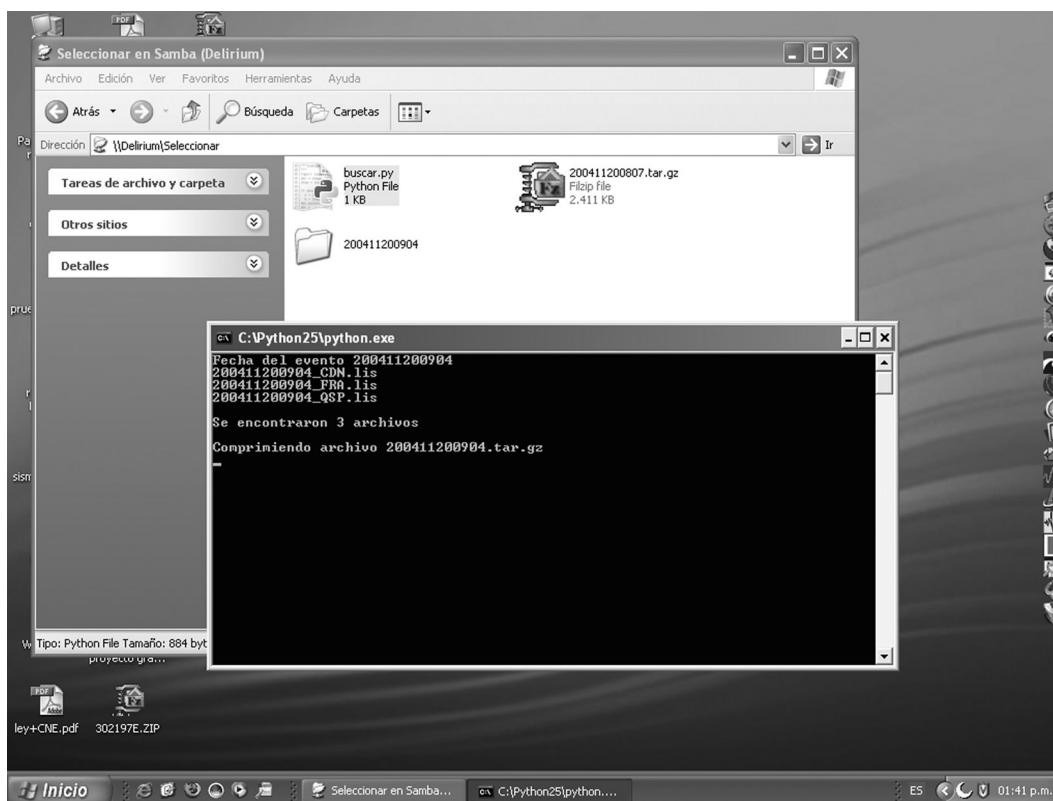


Figura 8. Ejecución del script “buscar.py”. Al hacer doble-clic en el ícono “buscar.py” en una máquina en Windows, se abre una terminal cuya función es ejecutar el programa en LINUX. El usuario introduce la fecha del evento de interés y “buscar.py” se encarga de encontrar todos los sismos que tengan esa fecha y los comprime.

ordenada, como se había propuesto. Varios investigadores nacionales y extranjeros han solicitado la información de diferentes sismos (principalmente el de Damas que ha sido el último importante). También, muchos estudiantes de Ingeniería Civil y de maestría han hecho uso del nuevo formato que les permite graficar los resultados rápidamente en hojas electrónicas.

Como se ha dicho, la base acelerográfica se encuentra en el sistema LINUX, pero muchas de las máquinas también están en Windows. Por esa razón se creó un *script* en PYTHON para que pudiera ser ejecutado en LINUX desde Windows. El *script* se llama “buscar.py” y tiene la función de que al introducirse cualquier fecha válida de un evento, por ejemplo el 200411200807, el *script* se dedica a rastrear

o escanear todas las estaciones y extraer los archivos que correspondan a esa fecha. Se crea entonces un directorio con el mismo nombre del evento y cada registro es guardado allí. Además, la información se comprime para que pueda ser enviada a otros investigadores que la hayan solicitado. La Figura 8 muestra el *script* siendo ejecutado desde una terminal de Windows.

El “buscar.py” trabaja en forma independiente al sistema operativo y funciona como un tipo de consulta en el lenguaje de bases de datos. Muchas otras consultas se pueden desarrollar, como por ejemplo, el número de eventos, las estaciones que lo hayan registrado, etc. pero la más importante siempre es la de extracción, porque por lo general lo que le interesa al investigador es el registro en sí.

Cuadro 1. Definición de cada variable

NOMBRE EN INGLÉS	NOMBRE EN ESPAÑOL	DESCRIPCIÓN
AGENCY	AGENCIA	Institución que procesó la información, en este caso, el Laboratorio de Ingeniería Sísmica.
PROCESSED ON	FECHA DE PROCESADO	Fecha cuando se creó o reprocesó el archivo; es tomada del sistema al momento de correr el programa.
EPICENTER	EPICENTRO	Nombre del lugar donde se ubicó el epicentro, según ha sido informado por la RSN o el OVSICORI.
EVENT LATITUDE, LONGITUDE, DEPTH, MAGNITUDE	LATITUD, LONGITUD, PROFUNDIDAD Y MAGNITUD DEL EVENTO	Parámetros de la fuente sísmica determinados por la RSN o el OVSICORI. Los datos de la magnitud son por lo general estimados en MI o Ms. Esos valores han sido recalculados de acuerdo con Rojas et al. (1993) para convertirlos a Mw dentro del formato “.lis”.
RECORD NAME SOURCE TYPE	NOMBRE DEL REGISTRO TIPO DE FUENTE SÍSMICA	Nombre del registro. Tipo de fuente según sea local (LOCAL) o de subducción (SUBDUC). Esta clasificación se basa en la profundidad del evento o según lo informe la RSN o el OVSICORI.
STATION CODE, INSTRUMENT TYPE, SERIAL NUMBER STATION LATITUDE, LONGITUDE, ALTITUDE SOIL TYPE	CÓDIGO DE ESTACIÓN TIPO DE INSTRUMENTO NÚMERO SERIAL LATITUD, LONGITUD Y ALTITUD DE LA ESTACIÓN TIPO DE SUELO	Código de la estación dado por tres letras. Según sea analógico o digital. Número serial del instrumento. Coordenadas de ubicación de la estación determinadas con GPS. Dado por un código.
SITE CONDITION	REFUGIO	Se refiere al tipo de refugio donde se encuentra el instrumento: la mayoría se encuentran en estructuras de un piso y es lo que se llama campo libre (“FFD”). Hay estaciones ubicadas dentro de edificios ya sea en la parte superior
EPICENTRAL DISTANCE, HYPOCENTRAL DISTANCE, AZIMUTH	DISTANCIA EPICENTRAL, HIPOCENTRAL Y AZIMUT	Parámetros calculados a partir de las coordenadas de ubicación del sismo y la estación.
DELTA T	MUESTREO	(“BDU”) o inferior (“BDG”) La mayoría de los instrumentos son de doscientas muestras por segundo, mientras que en los QDR es de cien muestras por segundo.
PGA	ACELERACIÓN PICO	Calculada para las tres componentes, luego de haber filtrado la señal y corregido los datos por línea base.
FILTER	FILTRADO DE LOS DATOS	La frecuencia mínima y máxima varía dependiendo del tipo de instrumento (sea analógico o digital).
NUMBER OF POINTS	NÚMERO DE PUNTOS	Tamaño del registro.

En el nuevo formato se hace hincapié de que los registros fueron obtenidos y procesados por el Laboratorio de Ingeniería Sísmica. Los formatos originales (de fábrica) carecen de este dato, con lo cual se refuerza el carácter investigativo de la Universidad de Costa Rica al suplir información científica a quien la solicite.

4. CONCLUSIONES

1. Uno de los resultados más importantes de este estudio es que ha servido para depurar la base de sismos en formato “.v2” existente. Es decir, se ha tenido que revisar los más de trescientos eventos sísmicos que el LIS ha registrado desde su creación y se han podido actualizar gran parte de ellos.
2. Los programas de cómputo en FORTRAN y PYTHON han sido optimizados para funcionar con cualquier registro de extensión “.v2” que se añada a la base y procedan de un aparato de Kinematics, que son los que se han utilizado a la fecha. Sin embargo, los programas pueden ser modificados para trabajar con cualquier tipo de archivo proveniente de otro tipo de aparatos, siempre y cuando los datos se encuentren en formato ASCII.
3. Aunque se pudo haber trabajado únicamente en el ambiente SHELL que se encuentra instalado en todo sistema LINUX y UNIX por *default*, se prefirió el lenguaje PYTHON porque este, al poder ser transportado a cualquier otro sistema operativo, se vuelve independiente del ambiente en el que se encuentre el usuario. Por ejemplo, si se contara con una estación de trabajo en UNIX, bastaría instalar PYTHON para que los programas de búsqueda funcionaran. Al momento de escribirse este artículo, en el LIS se trabajaba en un ambiente mixto de sistemas operativos de LINUX y Windows cuya interoperabilidad es permitida gracias a PYTHON.
4. Cuando nuevos registros son introducidos, solo estos son convertidos a formato “.lis” mientras que el resto no se ve modificado. Esta funcionalidad le permite a los programas trabajar como una especie de DBMS (*Data Base Management Software*) aunque a un muy bajo nivel, por cuanto lo único que se verifica es que los datos existan y estén actualizados.
5. La base entera puede ser borrada y actualizada tan rápidamente como lo permita el procesador de la computadora que se utilice. Los programas están escritos de tal forma que, tanto los eventos en formato SAC2000 como los “.lis” puedan ser regenerados, si se diera el caso de actualizar cada uno de ellos.
6. En este trabajo se utilizaron únicamente recursos propios del Laboratorio de Ingeniería Sísmica como lo fueron las estaciones de trabajo y el sistema operativo LINUX. Los datos se guardan en formato ASCII lo cual permite que la información pueda ser igualmente accedida por personas que trabajen en otros ambientes como UNIX, Macintosh o Windows.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Goldstein, P., Dodge, D. Firpo, M. (1999) “SAC2000: Signal processing and analysis tools for seismologists and engineers, UCRL-JC-135963, Invited contribution to the IASPEI International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology.
- Rojas, W.; Bangum, H. & Lindholm, C. A catalog of historical and recent earthquakes in Central America. Technical report No. 2-7, NORSAR, 77p.
- Wessel, P. & Smith, W. H. F. (1991). Free software helps map and display data. EOS Trans. AGU, 72, 441.

SOBRE EL AUTOR

Aarón Moya Fernández

Ph. D. en Sismología del Movimiento Fuerte, de

la Universidad de Kioto, Japón.

Investigador del Instituto de Investigaciones en
Ingeniería y Profesor de la Escuela de Geología

de la Universidad de Costa Rica.

Teléfono: 207-4715, Facsímil: 224-2619

Correo electrónico: aaronm@inii.ucr.ac.cr