



SISTEMA UNIVERSAL DE REDUCCION DE DATOS ACELEROGRAFICOS DIGITALES EN PC

Roberto Quaas W.*

RESUMEN

Se presenta un sistema de reproducción y preprocesamiento de datos sísmicos de temblores fuertes registrados en cinta magnética digital por acelerógrafos DCA-310, DCA-333, DSA-1, PDR-1 y ADII-1. El sistema, basado en una computadora tipo PC, permite procesar fuera de línea registros acelerográficos digitales de manera rápida y eficiente, proceso que anteriormente se tenía que realizar en una minicomputadora.

Mediante un conjunto de programas interactivos manejados por menú, se ejecutan las siguientes tareas básicas: lectura de datos de cassette, decodificación y almacenamiento en disco de la información con un formato estándar, graficación de los acelerogramas en pantalla de alta resolución, eliminación de offset, decodificación del reloj interno y externo (OMEGA), corrección y despliegue de la fecha, hora del evento y datos del instrumento, obtención de aceleraciones máximas, edición gráfica mediante cursor, expansión (zoom) y compresión de registros, cálculo de espectros de Fourier, impresión y graficación en un trazador de pluma y transmisión de datos editados a otra computadora.

INTRODUCCION

Para estudiar el fenómeno sísmico y el comportamiento de las estructuras y suelos, es indispensable contar con una amplia infraestructura instrumental de medición y procesamiento de la información. Al ocurrir un temblor importante se requiere procesar de inmediato los datos para poder evaluar el movimiento y difundir información preliminar de los registros a la comunidad científica.

Al ocurrir los temblores de septiembre de 1985, el Instituto de Ingeniería tuvo en operación una extensa red de acelerógrafos. El inesperado volumen de datos obtenidos de los sismos y sus réplicas que tuvo que ser procesado en los días y semanas posteriores al evento, excedió la capacidad instalada del equipo de lectura y procesamiento basado en una computadora Prime-550.

* Investigador, Instituto de Ingeniería, UNAM.

En la actualidad la red está compuesta por cerca de 160 acelerógrafos de distintas marcas y modelos que producen anualmente en promedio aproximadamente 200 acelerogramas digitales de tres componentes. Para descentralizar y agilizar el preproceso de esta gran cantidad de registros, se vió la conveniencia de desarrollar un sistema universal para lectura y reducción de datos sísmicos fuera de línea basado en una computadora tipo PC. Una vez leídos y decodificados los datos originados por acelerógrafos con distintos formatos de grabación, se procesan y archivan ya con un formato estándar. Con la versión actual del sistema se pueden leer datos de los siguientes acelerógrafos: DCA-310 y DCA-333 de Terra Technology, DSA-1 y PDR-1 de Kinematics, y ADII-1, acelerógrafo recientemente desarrollado en el Instituto de Ingeniería. De ser necesario, el sistema podría fácilmente adaptarse a otros instrumentos de registro.

DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA

El diagrama general del sistema se muestra en la figura 1. Está basado en una computadora tipo PC-XT/AT compatible con IBM, con capacidad de memoria de 512K bytes, por lo menos una unidad de disco flexible, dos puertos serie, uno paralelo y sistema operativo MS-DOS versión 2.1 o mayor.

Bajo control de un programa supervisor, se leen los datos grabados en cassette y se transfieren a 9600 bauds de la lectora a la computadora PC a través de una interfaz serie RS-232C. Allí se decodifican y almacenan temporalmente en memoria. Los datos están multiplexados, compuestos por las señales triaxiales de aceleración y datos auxiliares tales como tiempo real del registro, características del instrumento, etc. Transferida la información, los datos son decodificados y pueden almacenarse en forma permanente en un archivo en disco o desplegarse gráficamente en la pantalla de alta resolución. La gráfica puede bajarse a una impresora de matriz, graficarse en un trazador de pluma o trasmitirse a su vez a otra computadora.

PROGRAMACION

El programa está escrito a dos niveles de programación: compilador BASIC y ensamblador 8088. El primer nivel se escogió para aprovechar la flexibilidad y facilidad de manejo de este lenguaje en la PC y a su vez la eficiente ejecución de los programas compilados. Se utilizó para las rutinas de diálogo, procesamiento de textos, control de ventanas y cálculos numéricos complejos. A nivel ensamblador se programaron todas aquellas tareas que requerían mas velocidad, procesamiento

binario y direccionamiento mayor de 64K bytes tales como movimiento de bloques de datos, acceso rápido a disco, decodificación y la mayoría de los procesos de control. De esta manera se optimaron los recursos de software y hardware para ejecutar las funciones deseadas.

El sistema está compuesto por 13 rutinas con más de 4000 líneas de código. Se diseñó en forma modular como un proceso interactivo estructurado mediante menús de tareas y comandos bajo control de un programa maestro. De esta manera se podrá ampliar fácilmente el sistema con otras rutinas y procesos.

MODO DE OPERACION

La ejecución del programa se inicia con el despliegue en pantalla del menú principal a partir del cual se escogen las distintas tareas a realizar las cuales se describirán a continuación. La estructura del menú principal se presenta en la figura 2.

Reproducción y lectura de datos

Esta rutina controla mediante un submenú la lectura y almacenamiento en memoria de los datos enviados por la reproductora. Se tiene una capacidad de almacenamiento de hasta 5.4 minutos de información continua. Los datos se decodifican de acuerdo al formato y tipo de aparato y se demultiplexan antes de almacenarlos con un formato de datos único. En el caso del acelerógrafo PDR-1 que tiene control automático de ganancia, se corrige antes cada muestra con su ganancia correspondiente. Al final de este proceso se presenta una estadística de la operación: No. de palabras leídas, duración equivalente del registro en memoria, No. de muestras decodificadas, No. de errores, etc.

Almacenamiento y lectura de datos en disco

Mediante estas opciones del menú principal, se guardan los datos almacenados en memoria en un archivo en disco o se leen datos a memoria de un archivo previamente abierto. A cada archivo se integra un encabezado con diversos datos de referencia tales como nombre de la estación de registro, tipo de instrumento, rango, No. de serie, fecha de recolección, longitud del registro, índices de tramos editados, etc. El movimiento de archivos puede efectuarse con cualquier unidad de disco.

Graficación y edición

Con esta rutina se grafican las trazas de las tres componentes de aceleración. El proceso, mostrado en la figura 3, se controla también por menú. Las letras mostradas entre corchetes indican los comandos necesarios para ejecutar la tarea correspondiente. La graficación consiste en desplegar tramos del acelerograma en sus tres componentes en la pantalla de alta resolución (640 pixeles horizontales por 200 vericales). Cada pantalla con un tramo del registro, se identifica con un número de segmento que a su vez se divide en 10 subsegmentos o fracciones. De esta manera puede desplegarse cualquier tramo del acelerograma especificando el No. y fracción del segmento.

Para el despliegue gráfico se dividió la pantalla en cuatro áreas: la parte superior para graficar de 1 a 3 trazas del registro, un cuadro intermedio con información referente a la gráfica desplegada, y una línea inferior para los comandos del programa. Entre la parte superior y el cuadro intermedio se grafica la señal externa de tiempo OMEGA o WWV. El formato de graficación y su descripción se muestra en la figura 4. Un ejemplo de gráfica, en la forma como se despliega en pantalla, se da en la figura 5.

El menú de graficación (figura 3), por medio de sus distintos comandos, permite lo siguiente:

- Especificar el canal o canales a graficar, ganancia gráfica, factor de decimación y expansión, así como el segmento gráfico deseado.
- Avanzar o retroceder en la graficación escogiendo el segmento correspondiente.
- Habilitar un cursor (línea vertical punteada superpuesta) y entrar al submenú mostrado en la figura 6. El cursor puede moverse horizontalmente hacia ambos lados, ya sea en forma continua punto a punto, o por tramos (fracciones de segmento). Cada vez que se mueve el cursor se decodifican y despliegan la fecha y hora así como el No. del evento, No. de muestra señalada y el valor de aceleración (en gals) correspondientes a la posición del cursor.

El comando "zoom" efectúa una expansión de la gráfica a partir de la posición del cursor. Esta función, de mucha utilidad para el análisis gráfico del registro, permite analizar rápidamente algún detalle del registro. Un ejemplo del uso del cursor y expansión de gráfica se presenta en la figura 7. El registro corresponde al acelerograma en la estación de SCT del temblor de septiembre 19 de 1985. En la figura superior se posicionó el cursor para ampliar un tramo de interés del registro. Este se muestra expandido en la

figura inferior, revelando un pequeño temblor de origen local sobrepuesto al principal.

Con el comando T se decodifica y despliega el código de la señal externa de tiempo OMEGA (o WWV). De esta manera se puede comparar el tiempo del reloj interno del aparato contra la referencia externa y efectuar la corrección correspondiente del tiempo de ocurrencia del sismo.

Cuando los acelerómetros no están nivelados horizontalmente, producen en el registro un desplazamiento de la línea de cero (offset). Para poder analizar el registro con ganancias gráficas altas (especialmente con acelerogramas pequeños), es necesario eliminar la componente estática con esta opción del programa.

Dentro de este menú se tiene la posibilidad de corregir el acelerograma al nivel de una o varias muestras. Es relativamente frecuente encontrar perturbaciones espúreas del acelerograma (glitch) originadas durante el proceso de registro o reproducción. Se puede cambiar la muestra (en sus tres componentes independientemente) señalada por el cursor de distintas maneras: igualarla a la muestra anterior o a la siguiente, interpolar entre muestras adyacentes, o cambiar la muestra a un valor deseado en gals.

-El comando de + opciones (de la figura 3) conduce a un submenú, mostrado en la figura 8, con opciones adicionales de la rutina de graficación y edición. Permite entrar al proceso de edición, bajar punto a punto la gráfica desplegada en pantalla a una impresora de matriz, habilitar nuevamente el cursor o graficar cualquier parte del registro en un graficador de pluma (DMP-40). Esta gráfica en papel tiene una definición hasta 16 veces mayor que la presentada en la pantalla. Un registro así graficado se muestran en la figura 9. También a través de este menú se tiene la opción de encontrar y desplegar los valores máximos de aceleración (en gals) de los tres canales y de cualquier tramo deseado del registro.

Con el comando E se entra a una rutina de edición que permite mediante el cursor editar hasta 15 tramos del acelerograma.

Despliegue numérico

Para analizar y calibrar los instrumentos, así como para decodificar el formato de grabación, es muy útil poder desplegar numéricamente alguna parte del registro. Esta opción del programa despliega los datos en forma binaria y hexadecimal, separando los 3 canales y sus respectivos datos codificados. Un ejemplo de despliegue numérico se presenta en la figura 10.

Cálculo de espectros de Fourier

Esta rutina del menú principal permite procesar el registro en memoria y obtener los espectros de Fourier de aceleración. Para ello el programa pide la ventana de tiempo que se desea para el espectro, la decimación, el No. de puntos y canal. El espectro calculado se despliega en pantalla en la forma mostrada en la figura 11. Las escalas de ambos ejes son logarítmicas. Presentada esta gráfica, se tiene opción de habilitar dos cursores, uno vertical y otro horizontal. Al moverse los cursores sobre el espectro, se despliega el valor de la ordenada espectral y la frecuencia y periodo correspondientes. Se tiene también opción de suavizar el espectro y al igual que el acelerograma bajarlo a la impresora de matriz o graficarlo en papel con el trazador de pluma.

Trasmisión de datos.

Para transferir la información, los acelerogramas pueden ser transmitidos a otra computadora en forma serial a través de un puerto RS-232C. Los parámetros de comunicación para la configuración del puerto se escojen por menú.

Creación de archivos ASCII

Para distribuir los datos y poder procesarlos en otra computadora, se pueden crear archivos tipo ASCII a partir de los datos binarios. Estos archivos, aunque ocupan considerablemente más espacio, tienen la ventaja de poder ser leídos y procesados universalmente como texto.

CONCLUSIONES

El sistema descrito ofrece una eficiente y versátil herramienta de bajo costo para preprocesar señales sísmicas digitales grabadas en cassette. Permite descentralizar y descargar el preproceso de datos de un sistema central de cómputo a varias computadoras en forma simultánea, descongestionando así el preproceso de datos y haciendo esta tarea más fácil.

Por ser un sistema autónomo y compacto, puede ser utilizado no sólo en el laboratorio, sino en el campo mismo, por ejemplo para analizar insitu registros de réplicas de temblores, calibrar y verificar instrumentos, medir vibraciones de

estructuras, etc. Para ello bastará emplear la versión portátil de la computadora PC.

Una de las principales ventajas del sistema es la posibilidad de manejar registros provenientes de distintos tipos y marcas de instrumentos en una forma estándar, simplificando tanto el proceso, como el manejo de archivos.

Comparado el sistema con otros programas similares comerciales, presenta ventajas en cuanto a la diversidad de funciones que realiza, al manejo eficiente de datos y formatos de instrumentos de distintas marcas y a la velocidad de ejecución, particularmente durante la graficación y almacenamiento y lectura de datos a disco. Esto se logró esencialmente con el aprovechamiento óptimo de los recursos de la PC y el manejo de la información en forma binaria, no como arreglos multidimensionales de números reales que, además de ocupar amplio espacio en memoria, requieren continuo y tardado acceso a disco, especialmente para registros muy largos.

El sistema se ha empleado ya eficazmente para procesar mas de 600 acelerogramas y constituye actualmente una infraestructura básica indispensable para la instrumentación y procesamiento de datos sísmicos.

Se está desarrollando una nueva versión mejorada que permite la graficación a color y con resolución EGA. Además tendrá nuevas opciones como salida gráfica en impresora Laser y procesamiento numérico avanzado (filtrado, integración, espectros de respuesta, etc.). Con ello se mejorará aun más la resolución de la información y se reducirá aun más el tiempo de graficación.

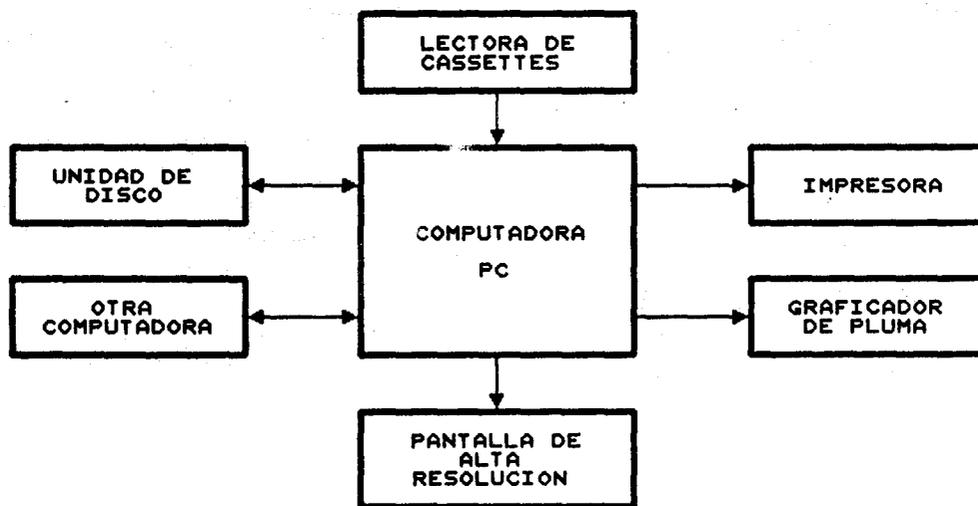


fig 1. Equipo empleado en el sistema de reducción de datos sísmicos.

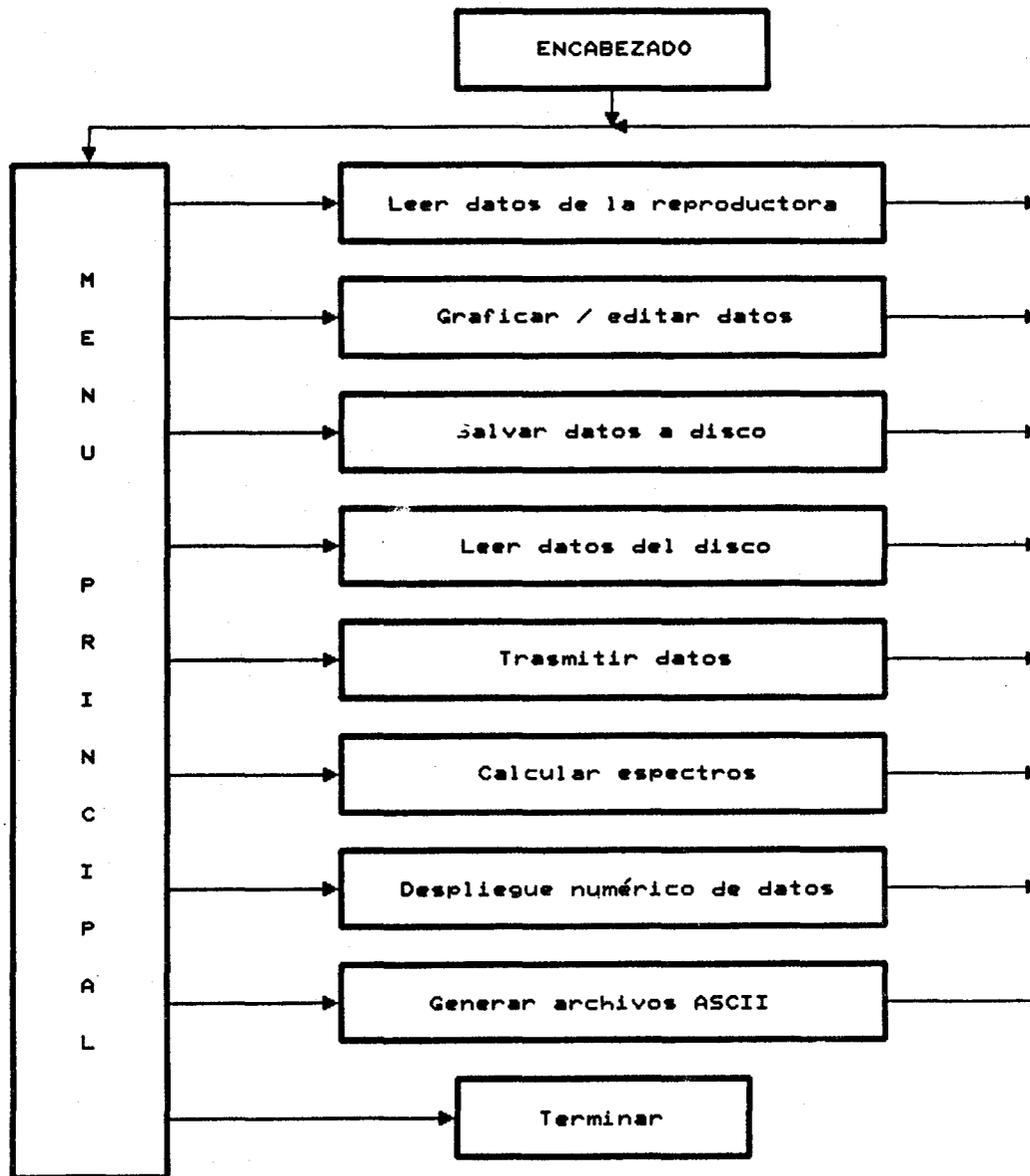


fig 2. Diagrama de flujo general

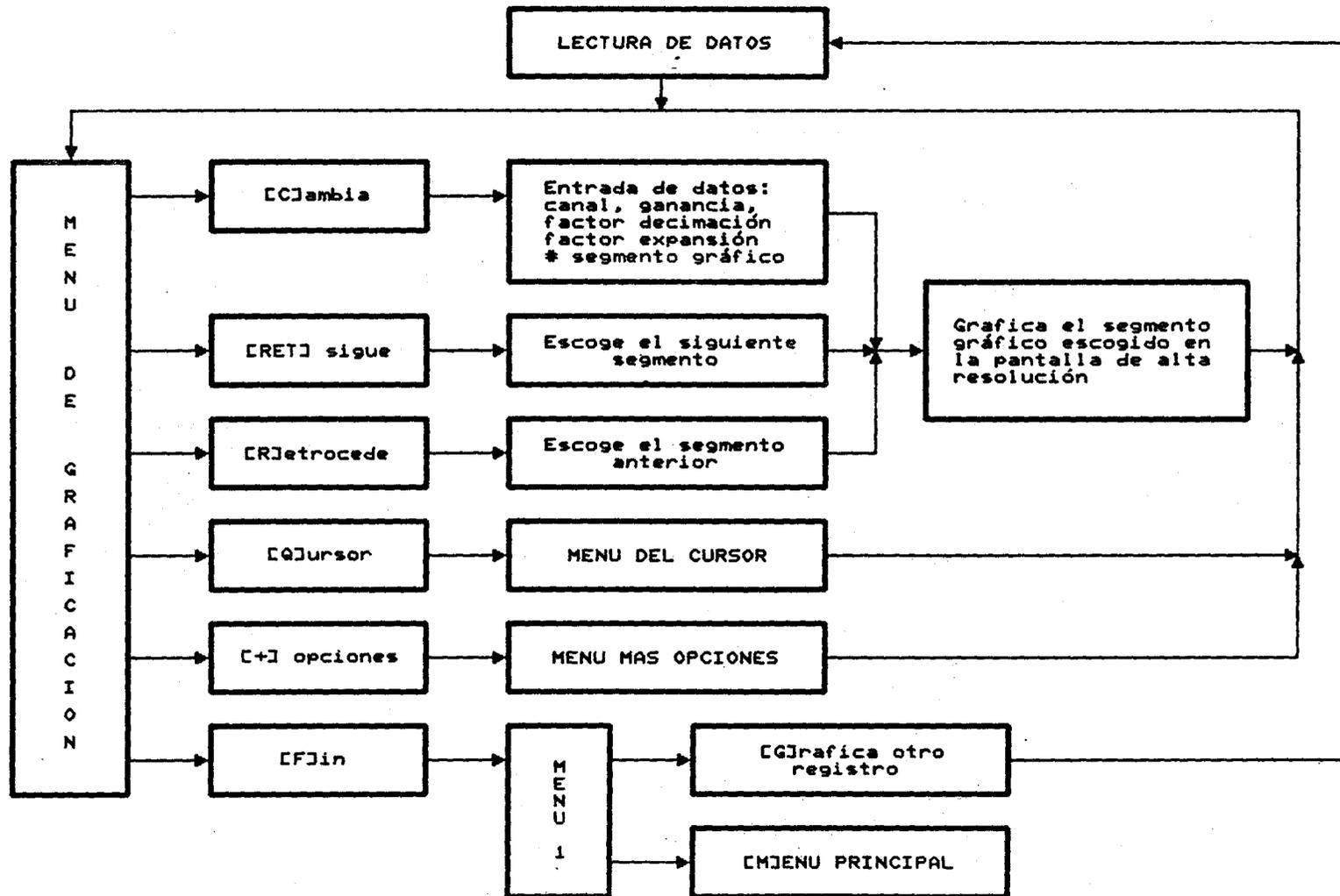
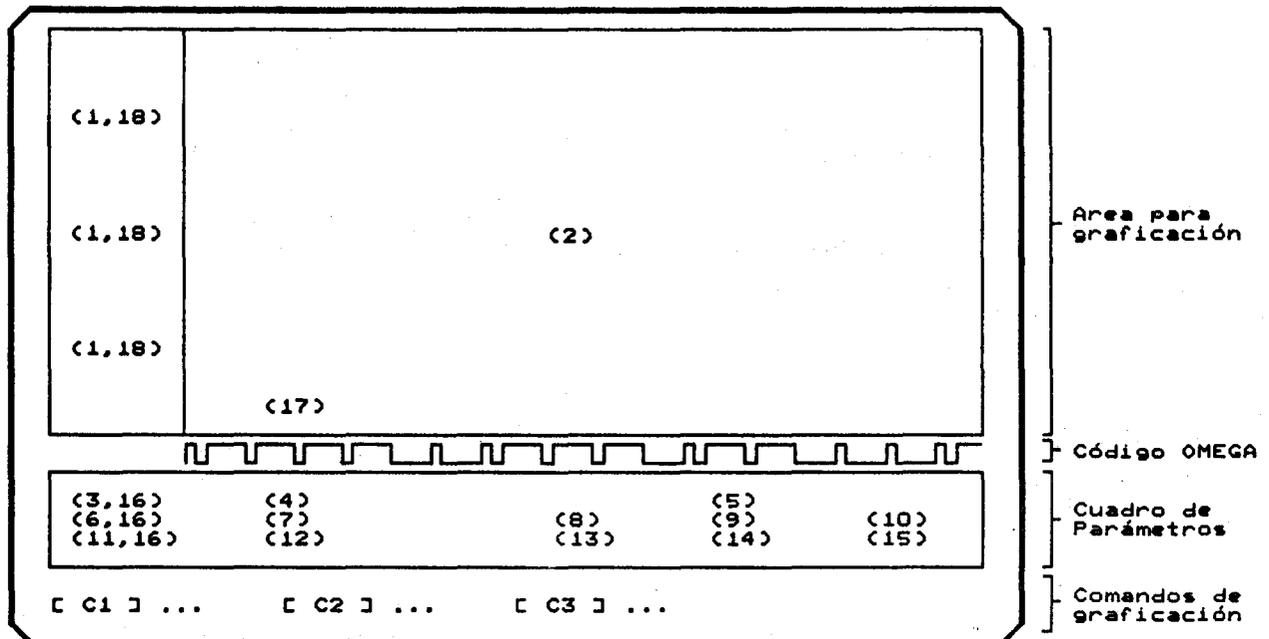


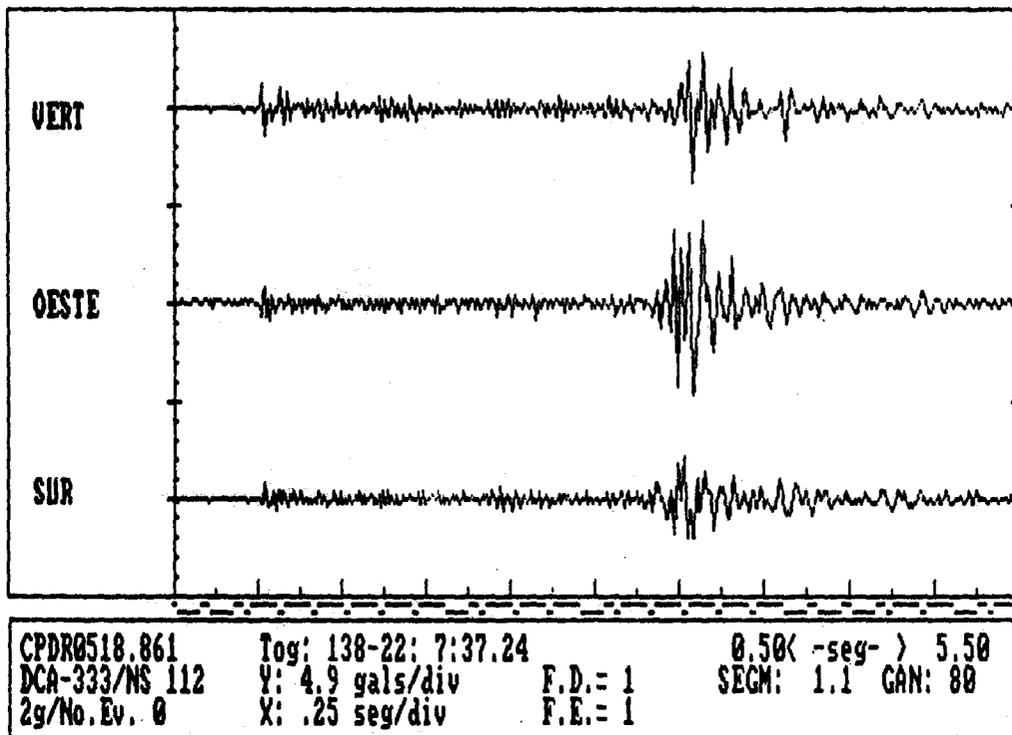
fig 3. Submenú de graficación



DESCRIPCION:

- (1) Identificación de las trazas (1-3 canales)
- (2) Trazas de los registros
- (3) Nombre del archivo correspondiente a la gráfica
- (4) Tiempo del origen de la gráfica: (Tog=día:hra:min:seg.ss) o tiempo correspondiente a la posición del cursor (Tc)
- (5) Tiempo corrido (en seg) desde el inicio del registro y límites del segmento gráfico desplegado
- (6) Modelo y No. de serie del acelerógrafo
- (7) Escala vertical (amplitud, gals/división)
- (8) Factor de decimación (1,2,4,10,20)
- (9) No. de segmento gráfico desplegado (segmento.fracción)
- (10) Ganancia (factor de amplificación de la gráfica)
- (11) Rango del acelerógrafo y No. del evento
- (12) Escala horizontal (tiempo, seg/división)
- (13) Factor de expansión (1,2,4)
- (14) Tiempo de inicio del tramo de edición (en modo de edición)
- (15) No. de la muestra correspondiente a la posición del cursor
- (16) Aceleración, canal 1,2,y 3 en gals, correspondiente a la posición del cursor
- (17) Tiempo del reloj OMEGA: (Tw=días:hra:min:seg.ss)
- (18) Valores máximos de aceleración (con signo, en gals), correspondientes a los canales 1,2 y 3

fig 4. Formato de graficación en pantalla



[Cambia algo, [+]opciones, [Q]cursor [RET]avanza, [R]retrocede o [F]in? ■

fig 5. Despliegue del acelerograma en pantalla

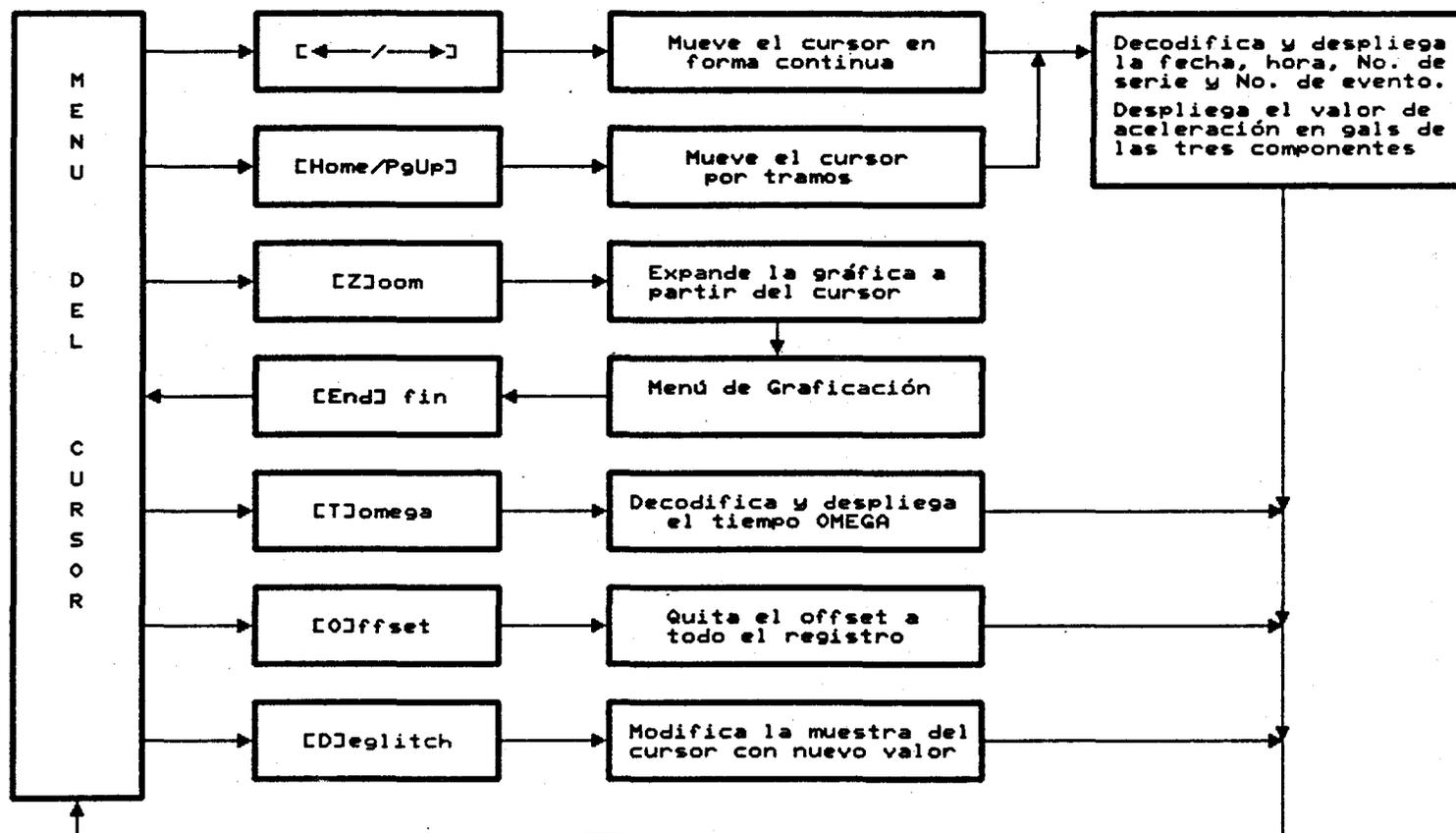
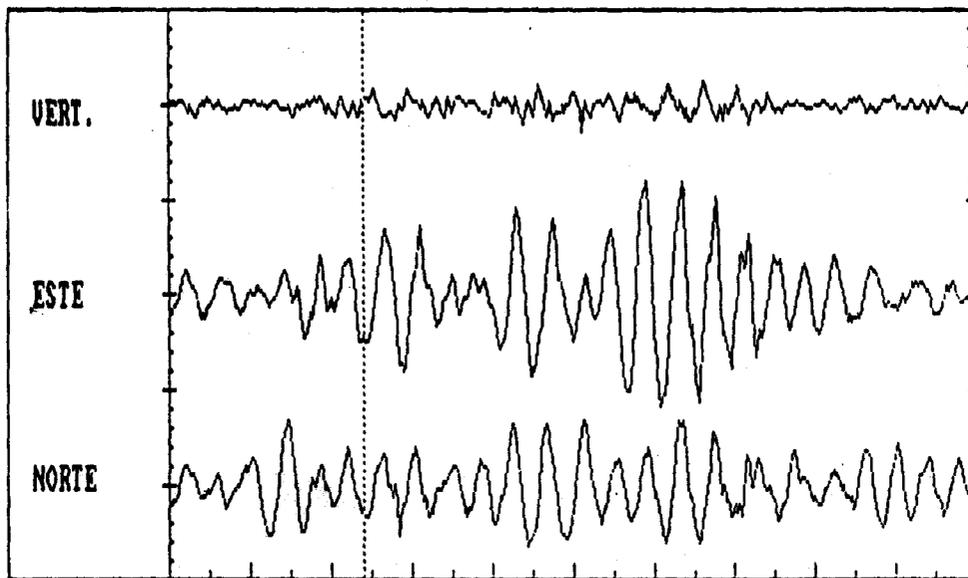
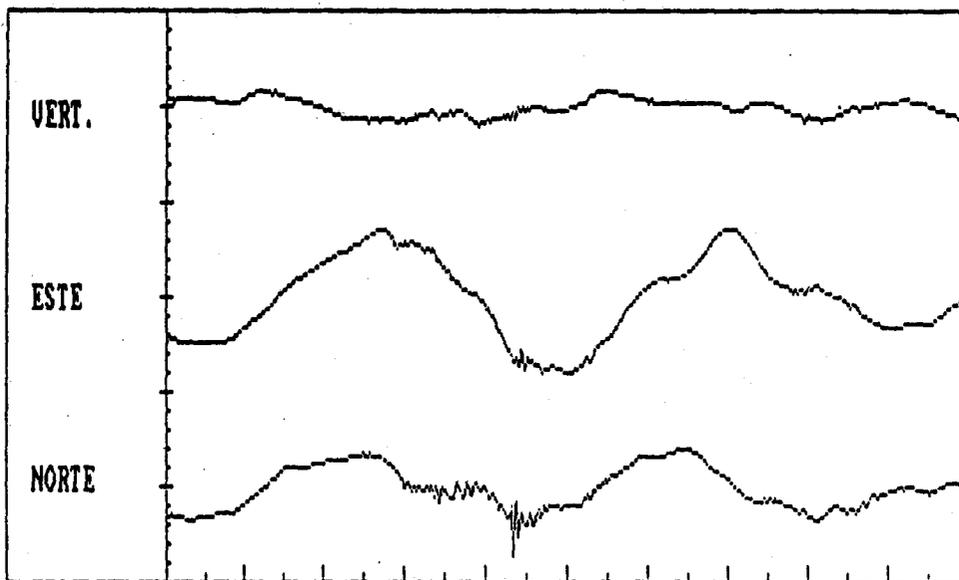


fig 6. Submenú para el control del cursor



M1= +8.61 gals	Tc: 262-13:20: 3.23	30.00(42.00) 80.00
M2= -57.42 gals	Y: 26.13 gals/div	F.D.= 10
M3= -43.07 gals	X: 2.5 seg/div	F.E.= 1
		SEGM: 1.6 GAN: 15
		Muestra No.: 4200

Mueva cursor con [\leftarrow] o [Home]-[PgUp], [Zoom], [T]w, [O]ffset o [End]=Fin



SCT10919.851	Tog: 262-13:20: 3.23	42.00(-seg-) 47.00
DCA-333/NS 144	Y: 26.13 gals/div	F.D.= 1
2g/No.Ev. 0	X: .25 seg/div	F.E.= 1
		SEGM: 9.4 GAN: 15

[C]ambia algo, [+o]pciones, [Q]cursor [RET]lavanza, [R]retrocede o [F]lin? ■

fig 7. Empleo del cursor y la función zoom (gráfica superior) para expandir el acelerograma 10 veces a partir del punto deseado (gráfica inferior)

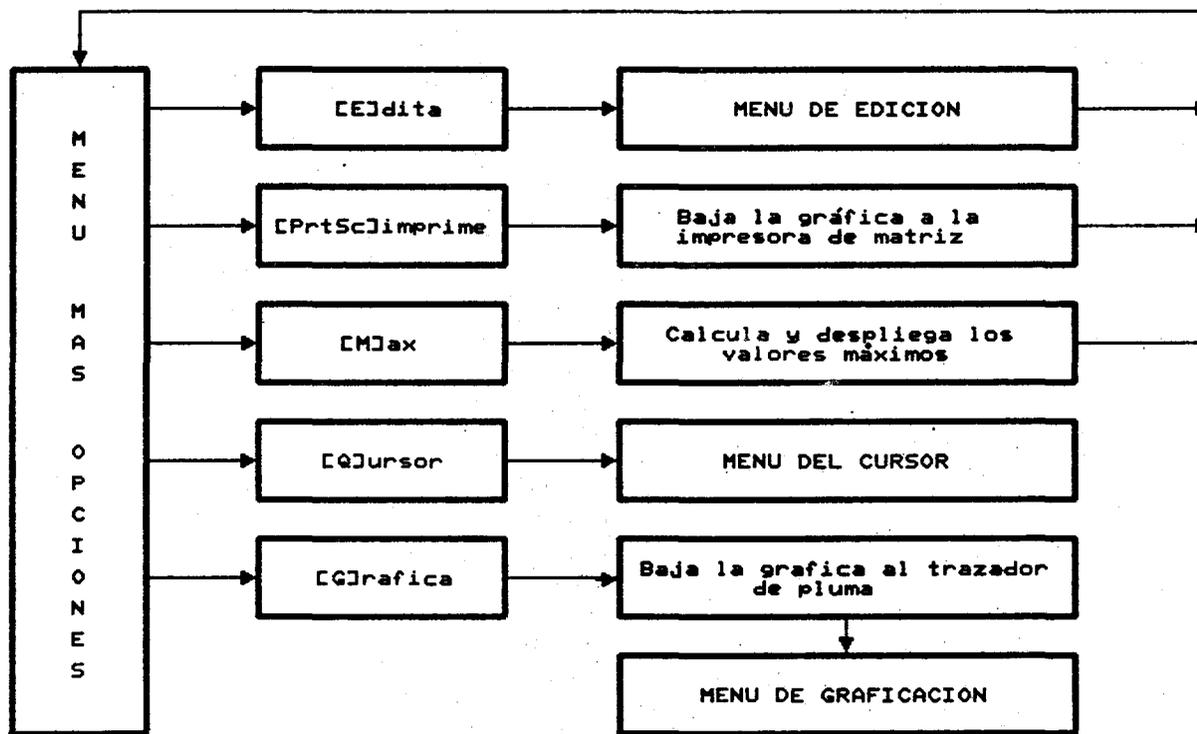


fig 8. Submenú con opciones adicionales

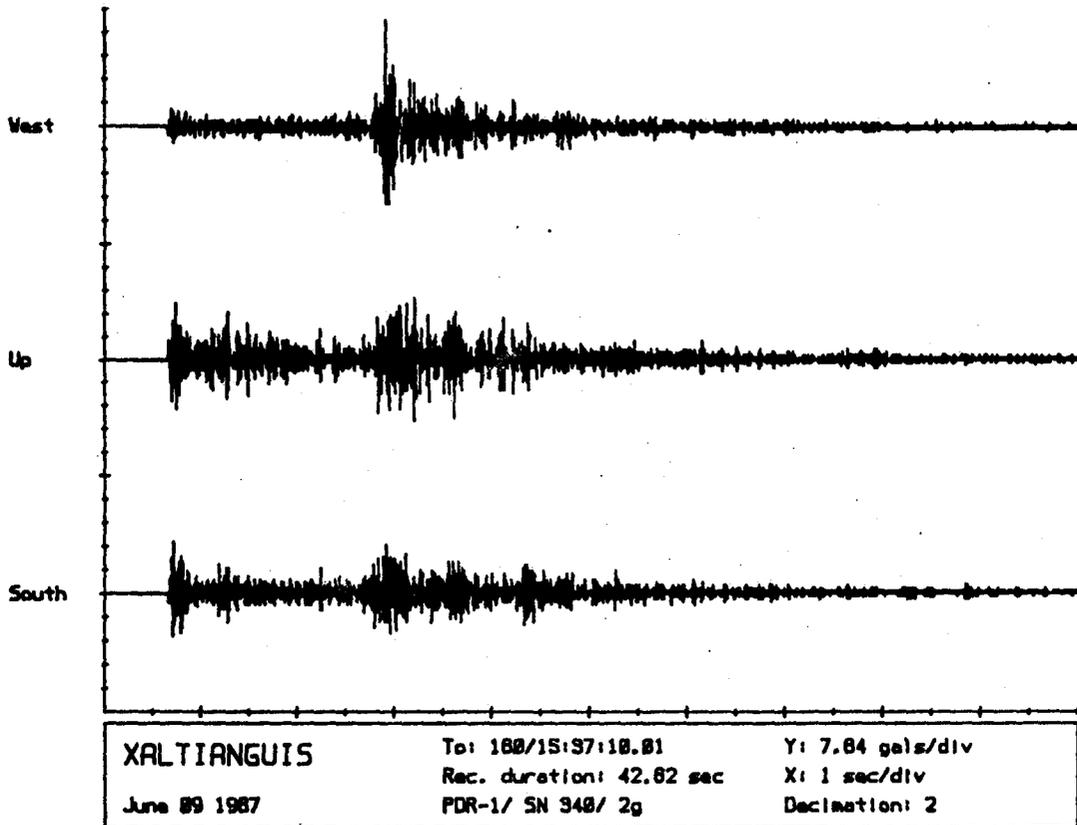


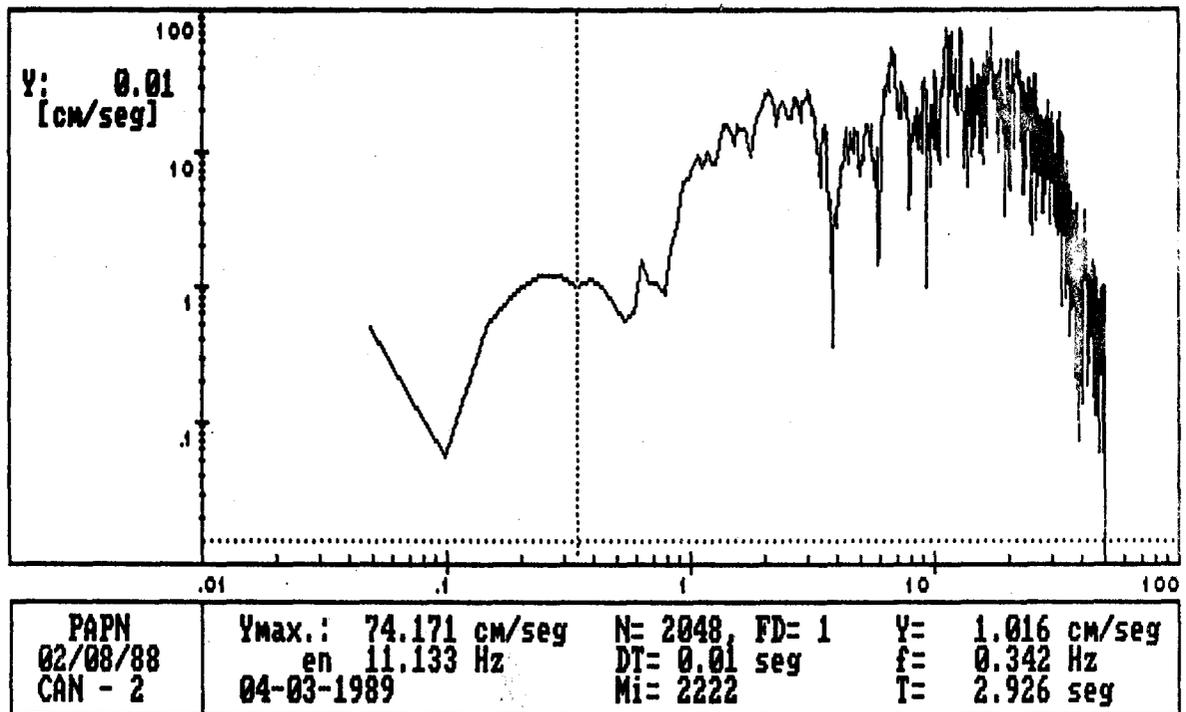
fig 9. Registro graficado con el trazador de pluma

DESPLIEGUE NUMERICO DE LOS DATOS A PARTIR DE LA MUESTRA

CORRESPONDIENTE AL SEGUNDO: 60 DEL ARCHIVO: 'SCT10919.851'

SYN	CANAL-3	HEX	BCD	CANAL-2	HEX	AUX	CANAL-1	HEX
0000	011111011000	07D8	1111	011111011000	F7D8	0000	011111111110	07FE
0000	011111010111	07D7	1111	011111011000	F7D8	0100	011111111111	47FF
0000	011111010110	07D6	0011	011111010110	37D6	0000	100000000001	0801
0000	011111010110	07D6	0010	011111010100	27D4	0000	100000000000	0800
0000	011111010100	07D4	0010	011111010010	27D2	0000	100000000001	0801
0000	011111010011	07D3	0001	011111010000	17D0	0000	100000000011	0803
0000	011111010101	07D5	0111	011111001101	77CD	0000	100000000011	0803
0000	011111010101	07D5	0000	011111001010	07CA	0000	100000000011	0803
0000	011111010100	07D4	0010	011111000110	27C6	0000	100000000101	0805
0000	011111010101	07D5	0110	011111000100	67C4	0000	100000000111	0807
0000	011111010111	07D7	0010	011111000010	27C2	0000	100000001001	0809
0000	011111010111	07D7	0100	011110111111	47BF	0000	100000001010	080A
0000	011111010111	07D7	0000	011110111100	07BC	0000	100000001001	0809
0000	011111011001	07D9	0000	011110111010	07BA	0000	100000001010	080A

fig 10. Despliegue numérico de los datos de un archivo



Nueva CURSOR VERT. con:[←,→,Home,PgUp] o HORIZ. con:[↑,↓]. [End]=[Fin] ...

fig 11. Espectro de Fourier de aceleración