

LOS COMPUTADORES DIGITALES EN LA EXPLORACION PETROLIFERA

Por el Ingeniero *Darío Londoño P.*

RESUMEN:

Los computadores electrónicos digitales pueden procesar, con costos equivalentes o aún menores, grandes volúmenes de datos de diversa índole y ejecutar infinidad de operaciones en tiempos asombrosamente pequeños (del orden de los minutos), en comparación con tiempos mucho mayores (del orden de los días, semanas y aún meses) que requerirían los métodos manuales para computar el mismo tipo y volumen de datos.

Esta ventaja que ofrecen los computadores, y que representa eficiencia, tiempo y dinero, se ha aprovechado en la resolución de muchos problemas de exploración para petróleo.

De otro lado, varias técnicas de explotación, entre ellas la sismografía de reflexión, han evolucionado hacia el registro digital, que hace necesario el uso de computadores digitales para el procesamiento de los datos.

INTRODUCCION

Las actividades de exploración petrolífera, en sus diversas modalidades como la geología del campo, la magnetometría, la gravimetría, la sismografía, la toma de registros eléctricos en po-

zos exploratorios, etc., producen generalmente grandes volúmenes de datos e información diversa, cuyo procesamiento o cómputo, por los métodos de cálculo corrientes, se traduce casi siempre en un gasto excesivo de tiempo, además de someter al geólogo y/o al geofísico a un trabajo tedioso y rutinario, que realmente no es el objetivo principal de su actividad profesional, sino más bien una etapa intermedia que debe cumplirse en el menor tiempo posible, para llegar rápidamente a las fases verdaderamente importantes, cuales son la elaboración de los mapas y la interpretación de los resultados.

Por otra parte, técnicas de exploración como la sismografía de reflexión han evolucionado hacia el sistema del registro digital, involucrando en su procesamiento el uso de computadores digitales automáticos.

PROBLEMAS DE EXPLORACION

En este campo se han encontrado y se siguen encontrando muchas aplicaciones para los computadores digitales.

Entre las más conocidas pueden mencionarse las siguientes:

I.—EN GRAVIMETRIA

1.—VALORES REGIONALES Y RESIDUALES DE GRAVEDAD

Un programa para este caso toma como datos de entrada los valores de gravedad Bouguer de un área determinada. La solución del problema consiste en la obtención de los valores regionales y residuales de gravedad para el área.

El mismo programa sirve para calcular regionales y residuales en magnetometría, cambiando los valores de gravedad por valores de intensidad de campo magnético.

2.—CORRECCIONES POR ELEVACION, DADA LA DENSIDAD SUPERFICIAL

Esta corrección tiene por objeto reducir las lecturas gravimétricas a un plano común de referencia, para eliminar los efectos de la topografía.

La solución de un programa para este caso consiste en la tabulación de los valores de las correcciones, en unidades de gravedad (.1 miligales) para distintos valores de elevación de un área determinada, conociendo la densidad del material superficial.

Los datos de entrada para el computador en un programa de este tipo, son los siguientes:

ELEV	=	Elevación del plano de referencia, en metros.
DENMAT	=	Densidad del material superficial, en gramos por cm ³ .
FACORELEV	=	Factor de corrección por elevación, en unidades de gravedad/metro.
ELINC	=	Incremento de elevación, en metros.
ELMAX	=	Elevación máxima, en metros, de acuerdo con el área considerada.

3.—CORRECCIONES POR LATITUD, DADA LA LATITUD

Esta corrección tiene por objeto reducir las lecturas gravimétricas a una latitud común de referencia, y eliminar en esta forma el efecto producido por el achatamiento de la tierra, por ser el radio polar menor que el ecuatorial.

Un programa en el computador para este caso utiliza los siguientes datos de entrada:

LATDEREF	=	Latitud de referencia, en grados y centésimas de grado.
FACORLAT	=	Factor de corrección por latitud, en unidades de gravedad/km.
HINCLAT	=	Incremento de latitud, en km.
HLATMAX	=	Latitud máxima hasta donde se desea tabular, en km.

La solución de un programa de esta clase consiste en la tabulación de las correcciones, en unidades de gravedad, (.1 miligales) para distintos valores de latitud, tomados con respecto a la latitud de referencia.

4.—CORRECCIONES DE GRAVEDAD PARA OBSERVACIONES SUBMARINAS

Un programa de este tipo sirve para imprimir una tabla de correcciones totales vs. profundidad del agua y valores de mareas, en trabajos gravimétricos bajo el agua, dada la densidad del agua y la del material superficial.

La información necesaria para el computador es la siguiente:

UNIDADES	=	Métricas o Inglesas
DENAGUA	=	Densidad del agua, usualmente agua de mar.
DENMAT	=	Densidad del material superficial
PROFIN	=	Profundidad final o máxima
MARIN	=	Marea inicial o mínima.
MARFIN	=	Marea final o máxima
DELTAPRO	=	Incremento de profundidad que se desea tabular.
DELTAMAR	=	Incremento de marea que se desea tabular.

II — EN SISMOGRAFIA

1.—ESTUDIOS DE VELOCIDAD

Tienen por objeto la obtención de los parámetros para funciones lineales de velocidad de las formas siguientes:

$$\begin{aligned} VZ &= VD + AZ \\ V &= VD + KTV \end{aligned}$$

donde:

VZ	=	Velocidad a la profundidad Z.
VD	=	Velocidad en el datum o plano de referencia
A	=	Factor de aceleración.
Z	=	Profundidad.
V	=	Velocidad (promedia) correspondiente al tiempo doble vertical
TV	=	Tiempo doble vertical.
K	=	Factor de Aceleración

Un programa para este caso emplea generalmente como datos de entrada los valores de tiempo Vs. profundidad obtenidos de registros de velocidad o registros tomados en pozos exploratorios. El método matemático usualmente empleado es el de los mínimos cuadrados.

2.—TABULACION DE TIEMPO Vs. PROFUNDIDAD

Usando funciones de velocidad conocidas se pueden calcular tablas de tiempo vs. profundidad, que son muy útiles al geofísico para convertir tiempos sísmicos a profundidad.

Un programa para este caso utiliza los siguientes datos de entrada:

VD	= Velocidad en el plano de referencia.
K	= Factor de aceleración
TING	= Incremento de tiempo (tiempo doble vertical)
TIMAX	= Tiempo máximo hasta donde ha de tabularse

3.—CALCULOS PARA ELABORAR CARTAS DE FRENTES DE ONDA

Un programa de esta clase suministra las coordenadas de los distintos puntos de reflexión, para un área determinada, de acuerdo con el espaciamiento usado en la observación sísmica respectiva, los buzamientos, y la velocidad sísmica promedia en el área. Tales coordenadas se usan luego para dibujar cartas de frentes de onda, con el fin de disponer de un gráfico adecuado para la elaboración de secciones sísmicas migradas.

Los datos de entrada para el computador son los siguientes:

VD	= Velocidad en el plano de referencia
A	= Factor de Aceleración
ESP	= Espaciamiento o "spread" usado en el levantamiento sísmico del área considerada.
TINC	= Incremento de tiempo de reflexión.
TIMAX	= Tiempo máximo hasta donde se va a calcular.
DINC	= Incremento de buzamiento en tiempo.
DIMAX	= Buzamiento máximo en tiempo, hasta donde se va a calcular.
ESC	= Escala, para convertir los desplazamientos calculados (metros) a milímetros, y facilitar así el dibujo de la carta en papel milimetrado.

Los datos de salida son las coordenadas TV, X de las intersecciones entre los frentes de onda y los diferentes rayos.

III — OTRAS APLICACIONES

1.—COORDENADAS RAYDIST:

Hastings-Raydist tienen un sistema electrónico para determinar la posición de un bote. Por métodos de comparación de fases de ondas de radio, se establece la distancia al bote desde dos estaciones conocidas.

Como datos de entrada se necesitan los siguientes:

V	= Velocidad de las ondas electromagnéticas, que es una constante.
F	= Frecuencia del sistema de radio Raydist.
XR, YR	= Coordenadas de una de las estaciones de radio.
XV, YV	= Coordenadas de la otra estación.
NUMEST	= Número de identificación de cada estación.
DR	= Lectura del "dial" desde una de las estaciones.
DV	= Lectura del "dial" desde la otra estación.

La solución del programa consiste en las coordenadas precisas del bote a lo largo de su trayectoria.

El programa se ha hecho para una máquina IBM 650, pero puede adaptarse para una IBM-1620.

2.—AGRIMENSURA:

La IBM de Estados Unidos tiene en sus archivos, y a disposición del interesado, una serie de programas, entre los cuales hay varios que son de utilidad para resolver problemas de tierras y de agrimensura: Métodos para determinar coordenadas precisas a partir de varias combinaciones de rumbos y distancias, cálculo de cierre de polígonos, distribución de errores de cierre, cálculo de áreas, etc.

3.—RUTINA DE INTERPOLACION EN CUADRICULAS:

Un programa para este caso toma como datos de entrada un número de valores distribuidos irregularmente en un área, tales como valores de gravedad, magnéticos, o de topografía, correspondientes a las distintas estaciones de un prospecto determinado, junto con las coordenadas de cada estación.

El programa tiene por objeto calcular, por interpolación, los valores correspondientes a las esquinas de cada cuadrícula específica del sistema.

Tales datos pueden usarse luego como entrada para contorneo automático, o para programas de residuales y regionales en gravimetría y magnetometría.

4.—CONTORNEO AUTOMATICO:

Un programa de esta clase toma como datos de entrada los

resultados del anterior y usa una máquina trazadora (plotter) X-Y para dibujar los contornos de acuerdo con los datos.

El programa sirve para contornear mapas de estructuras geológicas, intervalos isópacos, y varios tipos de datos geofísicos, cuando los valores respectivos han sido colocados en una cuadrícula uniforme.

REGISTRO DIGITAL

En la técnica de exploración sísmica se ha venido registrando, durante muchos años, el movimiento o vibración de los geófonos en forma análoga, por medio de galvanómetros de cabeza magnética. En la actualidad tiende a imponerse definitivamente el sistema de registro digital, en vista de las ventajas técnicas y operacionales que ofrece, entre las cuales se cuentan las siguientes:

- 1) Se aumenta el rango dinámico en el registro.
- 2) La medición de la amplitud de las ondas resulta más precisa.
- 3) Los datos pueden filtrarse con más efectividad y flexibilidad.
- 4) Las operaciones matemáticas con los datos pueden efectuarse fácilmente, incluyendo algunas que comprenden grandes cantidades de cálculos, tales como auto-correlación, desreverberación y desconvolución.
- 5) Las correcciones dinámicas pueden aplicarse con más efectividad.
- 6) Los datos digitalizados están en la forma adecuada para ser manejados automáticamente por el computador, por medio de programas especiales.
- 7) La información digitalizada puede transmitirse por cable a grandes distancias.

Esencialmente, el registro digital procede en la forma siguiente:

Las señales sísmicas en forma de voltaje, provenientes de los geófonos, son primero filtradas y amplificadas. Luego, son investigadas en secuencia y a intervalos regulares, para determinar su amplitud; se almacenan temporalmente en un amplificador que muestrea y retiene, y se transforman seguidamente a una serie de dígitos binarios por medio de un convertidor análogo-digital. Las señales digitalizadas son luego ordenadas, por medio de una

unidad de formato, de un modo tal que puedan ser manejadas por un computador que ha sido previamente programado para ello. Finalmente, con el formato adoptado, se registran los datos en una cinta magnética. Una vez que se tienen los datos en la cinta, pueden cambiarse nuevamente a voltajes, por medio de un convertidor digital-análogo, para producir un sismograma en la forma convencional. En la cinta pueden escribirse varias identificaciones, y también puede buscarse en ella cualquier información previamente registrada.