

Automatización del Procesamiento de Datos en Perfilaje de Sondeos, para Determinación de Mineral de Uranio

Angel C Veca,
CEREDETEC. Depto. Ing. Civil. Depto. de Ing. Electrónica, FRM - UTN
Mendoza, 5500 Argentina
+54 261 5244500-int. 152
aveca@frm.utn.edu.ar

Angel R. Gallucci.
CNEA, CEREDETEC Dpto. de Ing. Civil,
FRM - UTN
Mendoza, Argentina
Adolfo Gonzáles, Grupo GENESIS, FRM - UTN
Mendoza, Argentina
Pablo G. Jardín, Angel B. Tenzi
CNEA– Mendoza, Argentina

Resumen

El trabajo que se presenta a continuación fue realizado en el marco de una transferencia tecnológica de la Facultad Regional Mendoza (UTN) a la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) en dos etapas. En la primera, se desarrolló e implementó un digitalizador electrónico para reemplazar los equipos analógicos de perfilaje GOI-3500 (USA) todavía utilizados en nuestro país, mejorando notablemente la toma de datos. La segunda etapa consistió en desarrollar una interfaz gráfica de usuario y el procesamiento de los datos digitalizados para ser empleada en el cómputo de la ley de uranio, reemplazando el graficador analógico (plotter) y el proceso manual de cálculo de tenores. La interfaz que ha sido desarrollada en ambiente Matlab[®], recibe por parte del operador un archivo donde se encuentran almacenadas todas las variables del sondeo y los datos de calibración. A continuación, se presenta la gráfica del perfilaje, determinándose en forma automática las leyes globales de uranio y en función del tipo de estudio a realizar, es posible hacer un procesamiento avanzado a partir del ingreso del tenor de corte elegido o por ventanas móviles. En ambos casos, la interfaz de usuario, muestra los resultados solicitados en forma numérica y gráfica permitiendo repetir en forma indefinida el proceso de cálculo. Es posible procesar sondeos de hasta tres alzas radimétricas globales y detallar sus características principales, y relacionarlos con la información de otros pozos a partir de una base de datos incluida que se actualiza automáticamente.

1. Introducción

La detección, medición y registro de radiaciones gamma en las perforaciones para la determinación de material de uranio, se realiza con instrumental especialmente diseñado^(1,2) para tal fin, que se puede dividir en los siguientes módulos especializados:

- Un conjunto detector y acondicionador de señales.

- Un cable para el transporte tanto mecánico del detector como de las señales y de la alimentación del detector.
- Un codificador de posición y velocidad de transporte del detector.
- Un indicador y / o graficador de actividad gamma.

El conjunto detector está formado por un cristal de INa cuyas dimensiones y geometría dependen de la aplicación específica. Adosado al detector se encuentra un tubo fotomultiplicador cuyos dínodos están a una diferencia de potencial entre 100 y 900 Volt. Al final de la cadena se encuentra el ánodo o colector conectado a un potencial de 1200 Volt. La referencia de diferencia de potencial de 0 Volt, se toma respecto a un fotocátodo que se encuentra ubicado entre el cristal de INa y el primer dínodo. El acondicionamiento de señales (adaptación de impedancias y amplificación), se realiza por medio de un preamplificador y de un integrador, necesarios para activar a un circuito biestable que conforma los pulsos enviados por la sonda para que sean interpretados por el instrumento ubicado al final de la cadena de registro.

El soporte mecánico para el transporte de la sonda, alimentación del fototubo y extracción de los pulsos de conteo, se realiza por medio de un cable especial compuesto de cuatro conductores rodeados por una malla usada como blindaje. A fin de poder relacionar en el sistema de registro y en forma automática la actividad gamma con la profundidad del pozo, algunos quipos permiten que el movimiento de la sonda active un codificador óptico mediante el cual es posible cuantificar, tanto el desplazamiento como la velocidad de la misma.

La indicación de la actividad gamma generada durante el sondeo del pozo, puede registrarse en papel o digitalizarse. La Fig. 1 muestra el esquema del proceso de perfilaje. En el caso de poseer registrador XY (x: profundidad, y: actividad gamma), el registro obtenido es similar al que muestra la Fig. 2 donde la separación de cada punto de eje de las abscisas, esta indicando los instantes de muestreo del equipo. Para componer el registro final, el operador del sistema, debe realizar los cálculos para realizar las correcciones necesarias para obtener la ley de uranio buscada. Los factores correctivos a tener en cuenta son: el tiempo muerto (T_m), el factor de entubado (Fe), el factor de agua y la constante K. El primero se define para todo instrumento utilizado en

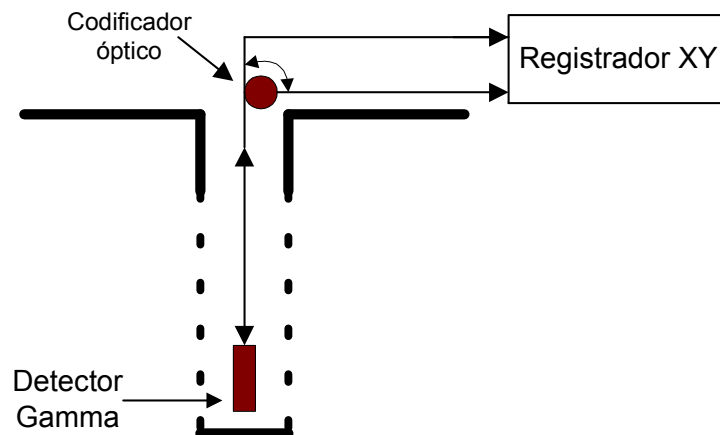


Figura 1. Esquema de los componentes básicos de un perfilaje

la detección de radioactividad el que es incapaz de registrar un nuevo evento (pulso) si el anterior no ha sido extinguido. La corrección por tiempo muerto que se expresa en μseg . se define analíticamente como:

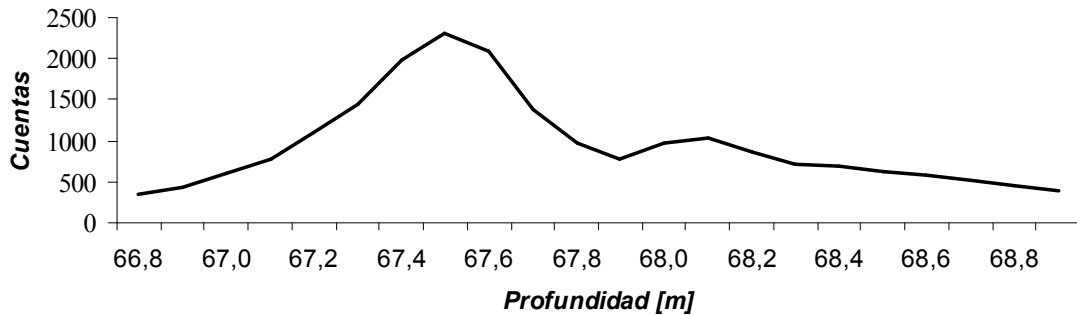


Figura 2. Ejemplo de curva de salida del registrador XY

$$N = \frac{n}{1 - nt_m} \quad (1)$$

donde: N y n representan el número de cuentas reales y el número de cuentas registradas, respectivamente. En aquellos perfilajes donde el pozo contenga agua, al área obtenida se la debe multiplicar por el factor de agua (Fa), ya que ésta atenúa las radiaciones, este también es un factor variable para cada sonda y se determina en la central de calibración. Puede darse el caso que por alguna razón se deba entubar el pozo antes del perfilaje y en este caso se debe afectar el área por el factor de entubado (Fe), que es independiente para cada sonda y se obtiene igual que los anteriores. A posteriori debe calcularse la ley del óxido de uranio, esto es:

$$\text{Ley}(u308) = \frac{\text{area}}{\text{espesor del area en metros}} K \cdot Fa \cdot Fe \quad (2)$$

Donde K es una constante que depende de la herramienta de perfilaje y se determina en la central de calibración. Obtenido este valor puede determinarse la ley de uranio metálico (uM) dividiendo la ley de óxido de uranio por 1.18.

En trabajos anteriores⁽³⁾, dentro del mismo contexto de transferencia, se había automatizado la toma de datos de la sonda y la digitalización de ésta, como de la salida del codificador óptico (encoder) para determinar la posición exacta de la misma en el interior del pozo, quedando por hacer en forma automática, el cálculo de las leyes, y la posibilidad de desarrollar una interfaz de usuario, para optimizar el ingreso de datos a analizar en función del tipo de estudio a realizar. Hacer un procesamiento avanzado a partir del ingreso del tenor de corte elegido o por ventanas móviles. En ambos casos, la interfaz de usuario, debería mostrar los resultados solicitados en forma numérica y gráfica, permitiendo, repetir en forma indefinida el proceso de cálculo. También se previó procesar sondeos de hasta tres alzas radimétricas globales, detallar sus características principales, y relacionarlos con la información de otros pozos a partir de

la inclusión de una base de datos, que se actualizara automáticamente. En los próximos apartados se mostrarán los pasos realizados para el desarrollo del software de la interfaz de usuario, que contempla todas estas posibilidades.

2. Definición del sistema a desarrollar y alcance

De acuerdo a las necesidades planteadas al principio del desarrollo, a partir del conjunto de datos del perfilaje se necesitaba obtener las leyes para cuatro variantes. Las siguientes figuras muestran el esbozo de la idea. En el registro de la Fig. 3 se observa la extracción de las leyes para el caso más trivial, es decir, para el sondeo comprendido entre el techo (TE) y el piso (PI), donde Prof indica la profundidad del sondeo (en metros). El espacio comprendido entre el techo y el piso representa el intervalo donde, desde el punto de vista del rendimiento económico, conviene hacer la extracción del mineral, por ello, la profundidad del sondeo es mayor que el acotado por TE y PI.

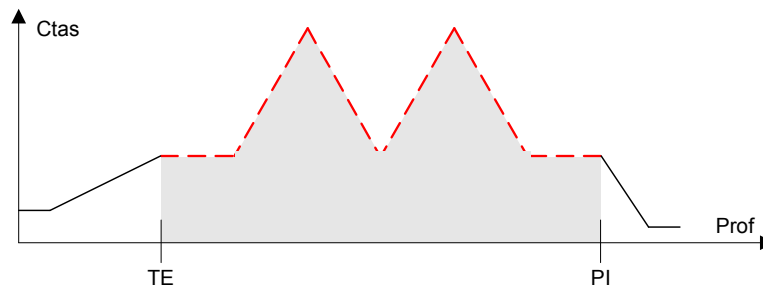


Figura 3. Cómputo de la ley para toda la superficie

Para este caso, el cómputo del área debe realizarse para $f(x) \equiv f(x)_{PI}^{TE}$ y área se computa mediante

$$Area = \sum_{TE}^{PI} f(x) \cdot \Delta x \quad (3)$$

donde, $f(x)$ es el resultado del perfilaje (cuentas en función de la profundidad) y Δx es el intervalo de muestreo, esto es, la separación (en metros) entre cada cuenta de actividad gamma. El cómputo del área es trivial y el resultado se introduce en la Ec. (2) para obtener la ley. En la Fig. 4 se muestra el segundo caso donde se comparten sólo las cuentas confinadas en una ventana espacial determinada por el número de cuentas especificadas por el operador. TE_{nc} y T_{nc} representan el techo y el piso para el número de cuentas especificado, respectivamente.

La extracción del área está acotada por: $f(x) \equiv f(x)_{PI_{nc}}^{TE_{nc}}$ y el cómputo se realiza a través de:

$$Area = \sum_{TE_{nc}}^{PI_{nc}} f(x) \cdot \Delta x \quad (4)$$

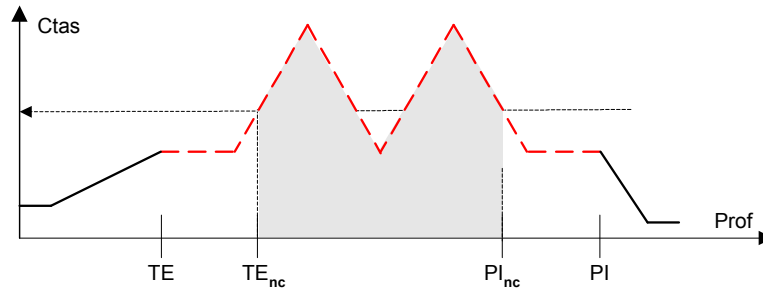


Figura 4. Cómputo de la Ley para un determinado número de cuentas

En la Fig. 5 se muestra el cómputo de la ley dentro de una ventana cuyos extremos (Liv, Lsv) intersectan número de cuentas diferentes.

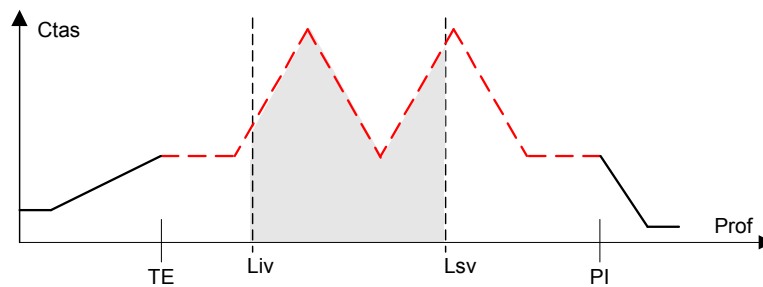


Figura 5. Cómputo de la ley para la superficie limitada por una ventana

Obviamente, la función está acotada entre los límites de la ventana $f(x)$, por lo que

$$Area = \sum_{L_{sv}}^{L_{iv}} f(x) \cdot \Delta x \quad (5)$$

Finalmente en la Fig. 6 se observa el caso particular donde, ingresando con el valor de la Ley (u308) deseada (proceso inverso), automáticamente se genera una ventana (con límites TE_{ley} , PI_{ley}) que contiene la superficie a partir del número de cuentas extraídas de la Ley, de acuerdo a la ecuación (6).

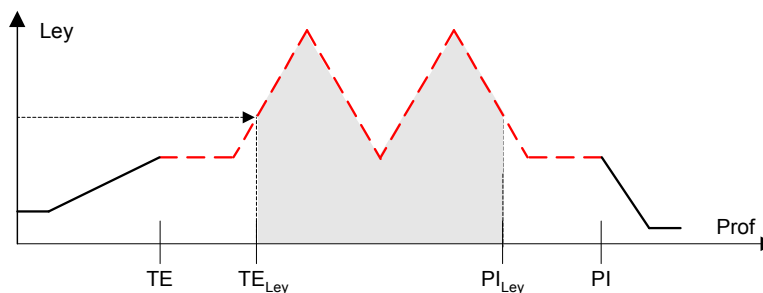


Figura 6. Parámetros de la superficie para un valor de Ley(u308) deseado

$$Ctas = \frac{Ley(u308)}{10 \cdot K + Tm} \quad (6)$$

Una vez obtenido el número de cuentas, se opera en forma similar al caso de la Fig. 5. En este caso se trata de obtener dos áreas: la total (como en el primer caso) y la inferior

al nivel prefijado, esto es, $f(x) \equiv \frac{PI_{Ley}}{TE_{Ley}} \cdot f(x)$. El cómputo del área es similar al caso anterior,

$$Area = \sum_{TE_{Ley}}^{PI_{Ley}} f(x) \cdot \Delta x \quad (7)$$

Para facilidad y rapidez de las operaciones, los parámetros del perfilaje como de los resultados, son introducidos en un vector denominado Vec_sal,

$$Vec_sal = [PI \ TE \ Area \ Ley(u308) \ LeyuM] \quad (8)$$

Dado que el perfilaje puede tener varios máximos se podría hacer un estudio más particularizado de sectores específicos, dando lugar a ventanas o intervalos de áreas, donde sería conveniente realizar un estudio comparativo. Se tendrá de n vectores vec_sal, uno por cada ventana. Cuando el número de ventanas es mayor que la unidad, el Vec_sal se convierte en una matriz denominada matriz_salida. Esta tiene dimensiones de [Nx5] donde N es el número de filas y 5 es el número de columnas, una para cada vector parámetro, Ec. (9). A medida que se desarrolla el proceso de cálculo, se va completando la matriz pudiendo acceder a ella en cualquier instante, tanto sea para escribir como para leer un dato o conjunto de ellos, pudiendo direccionarse por filas o por columnas, según el tipo de operación a realizar.

$$Matriz_salida = \begin{bmatrix} TE1 & PI1 & Area1 & Ley(u308) & LeyuM1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \vdots & \dots & & & \\ \vdots & & \dots & & \\ \vdots & & & \dots & \\ TE_n & PI_n & Area_n & Ley(u308)_n & LeyuM_n \end{bmatrix} \quad (9)$$

2.2 Interfaz Gráfica

Para el ambiente de desarrollo se optó trabajar con Matlab[®] (versión 6.5⁽⁵⁾) debido a la facilidad del procesamiento de datos, presentación gráfica y porque dispone de herramientas muy completas para procesamiento de señales, identificación de patrones, etc. Para acceder al ambiente de trabajo, sólo se debe hacer con el mouse un doble clic sobre el respectivo icono de acceso directo en la pantalla del PC. Los datos del perfilaje se ingresan en formato “xls” y una vez leídos por primera vez se almacenan en la memoria del disco del PC utilizado, en formato “mat”, esto es, en formato dato Matlab, no alterando el formato de ingreso, pero disminuyendo sustancialmente el tamaño del archivo. En base a los datos del perfilaje y al tipo de análisis a realizar, el operador del sistema podrá implementar para cada perfilaje, todas las variantes arriba citadas, grabar

los resultados y señales en disco e imprimir los resultados en papel y / o en formato electrónico.

Una vez en el ambiente, de los seis botones a disposición de la interfaz, sólo es posible acceder a “Archivo” y “Acerca de”. El primero, para abrir un archivo de perfilaje existente o salir del ambiente y el segundo para buscar información sobre dudas del uso de la interfaz (Fig. 7), común a todos los programas desarrollados bajo plataforma Windows[®].

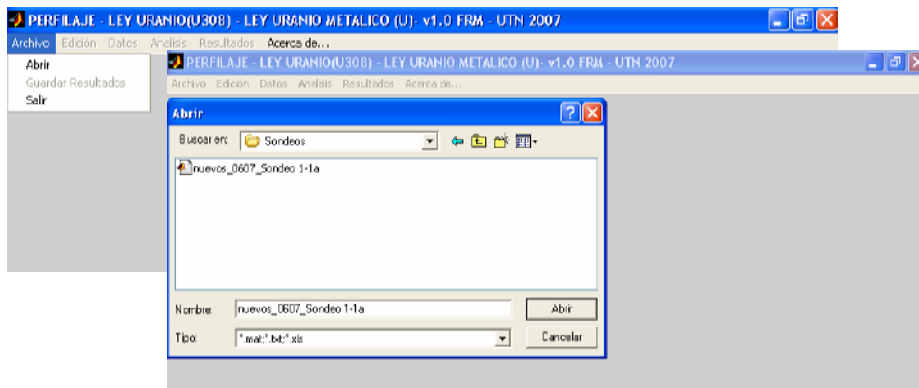


Figura 7. Ingreso al ambiente de trabajo y carga de archivo de perfilaje

Elegido el archivo a procesar, aparece la gráfica XY del perfilaje con escalas de ejes ajustadas automáticamente (Fig. 8). Además aparecen habilitados dos botones operativos: “Edición” y “Datos”.

El primero posibilita hacer una copia de la pantalla en el portapapeles y la segunda el ingreso de los datos que no variarán durante el análisis.

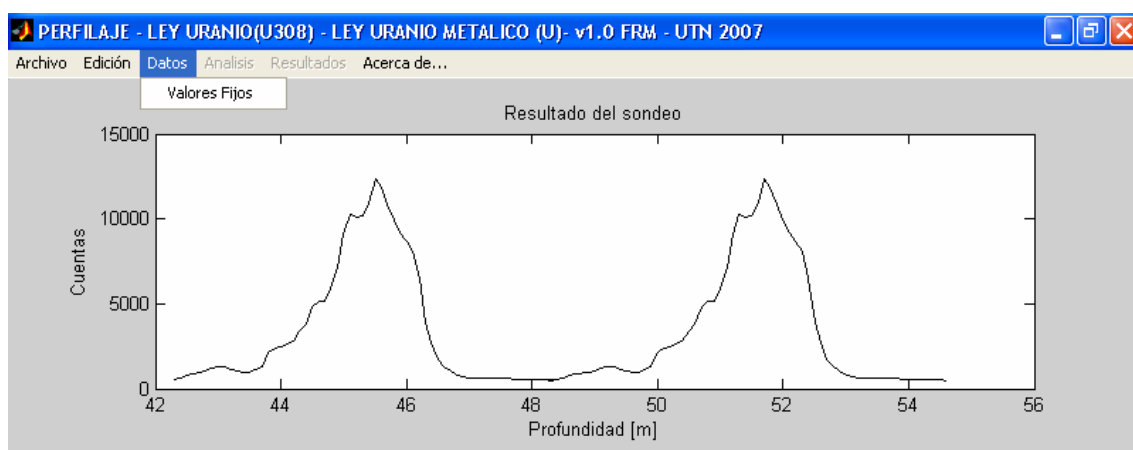


Figura 8 Registro en pantalla del archivo a procesar

En el momento de oprimir “Datos” aparece una plantilla para el ingreso de los mismos. En la parte superior, se ingresan los datos de identificación del sondeo, esto es, lugar,

sector, sondeo, sonda, operador, control geológico y fecha del perfilaje, ver Fig. 9. En la parte inferior se ingresan los factores y las constantes propias.

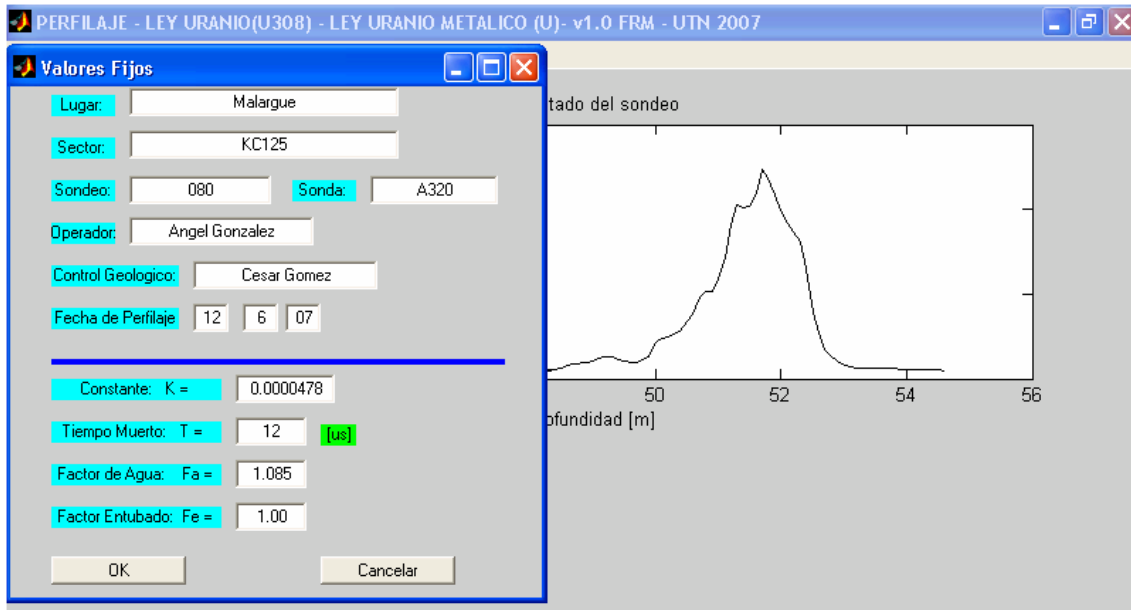


Figura 9. Ingreso de los datos

Cuando se oprime el botón de aceptación, en la parte superior de la interfaz aparece superpuesto con el registro de datos original, la corrección por tiempo muerto (Ver Fig. 10) y el valor de las leyes globales (área comprendida entre TE y el PI), es decir, el cómputo del área por la Ec. (3).

Estas leyes quedarán en la pantalla durante todo el análisis. En la parte inferior queda el registro compensado sobre el cual se trabajará. A partir de este instante, el operador no tiene más acceso a introducir nuevos datos, salvo que se cargue un nuevo perfilaje.

El próximo paso es la elección del tipo de análisis (Ec. (4) a Ec. (6)). Por ello, se tiene el mismo en dos partes: Por Tenor de Corte y por Ventanas. Para el primero se tienen dos opciones (Ver en Fig. 10 ventanas abiertas por el botón Análisis): tenor de corte propiamente dicho y por Ec. (4) Ley-Tenor de Corte. El primero, se basa en la Ec. (4) y el segundo en la Ec. (6).

En la Fig. 11 se observa la opción del análisis por tenor de corte, la ventana para el ingreso del mismo y en la Fig. 12 el resultado del cómputo.

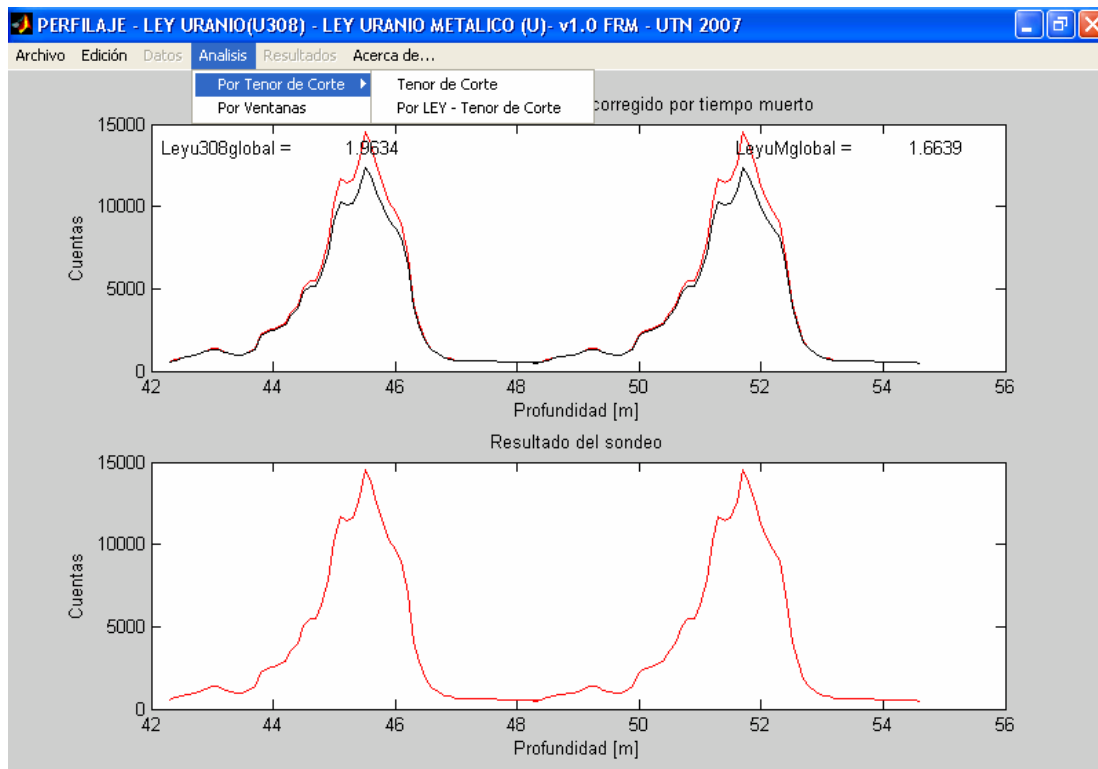


Figura 10. Corrección por tiempo muerto y cálculo de las leyes globales

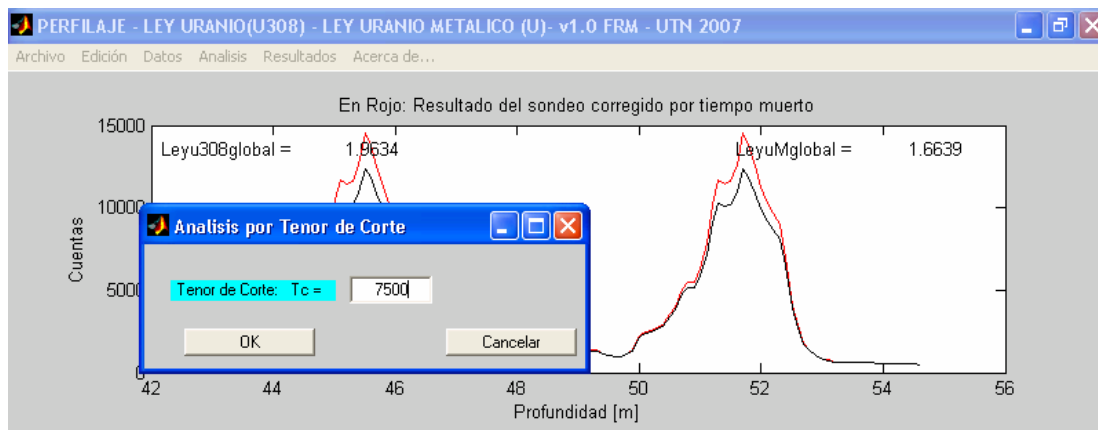


Figura 11. Análisis por Tenor de Corte. Ingreso del parámetro

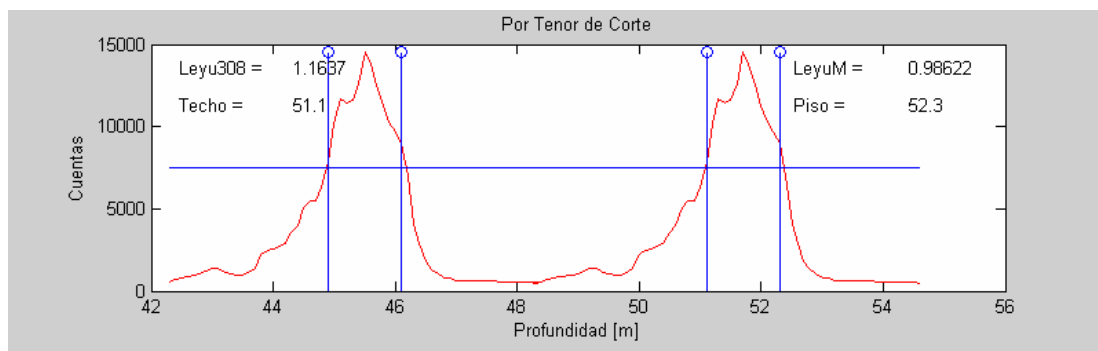


Figura 12. Análisis por Tenor de Corte. Resultado del cálculo

En el caso de elegir análisis por ventana, caso regido por la Ec. (5), se abre una ventana para el ingreso de los límites de la misma, tal como se observa en la Fig. 13. En la Fig. 14 se muestra el resultado del cómputo.

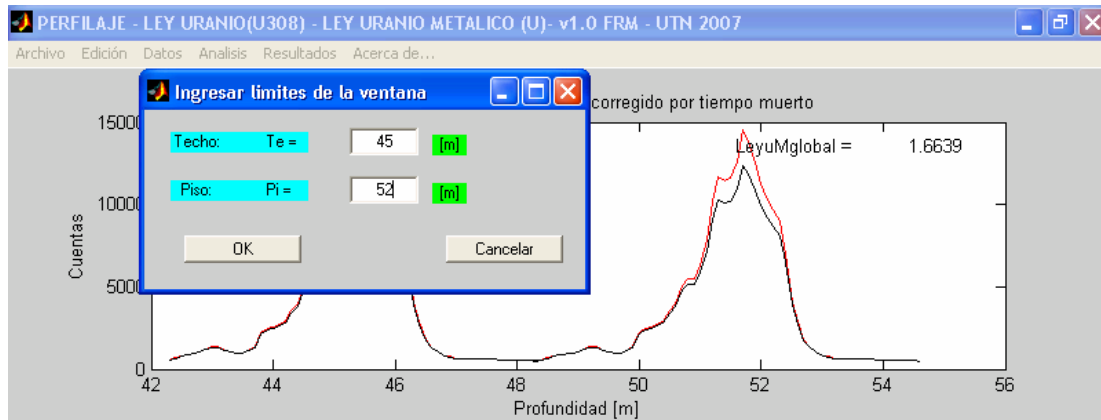


Figura 13. Análisis por ventanas. Ingreso de los límites

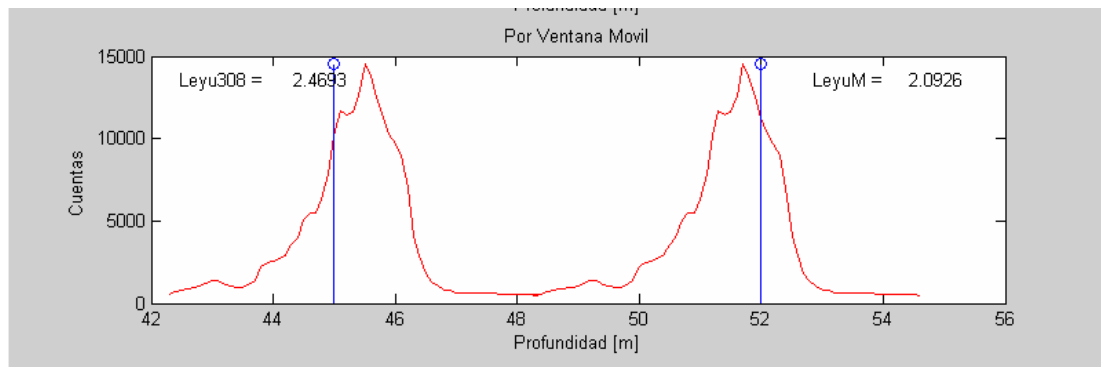


Figura 14. Análisis por ventanas. Resultado del cálculo

Como se desprende de la observación de las figuras, las leyes globales calculadas al principio se mantienen como referencia durante todo el estudio. La variante de ingreso con la especificación de la ley (Ec. (6)) se muestra en la Fig. 15 y el resultado de su empleo se observa en la Fig. 16. Para este caso, el software presenta a la izquierda de la gráfica todos los parámetros del cálculo.

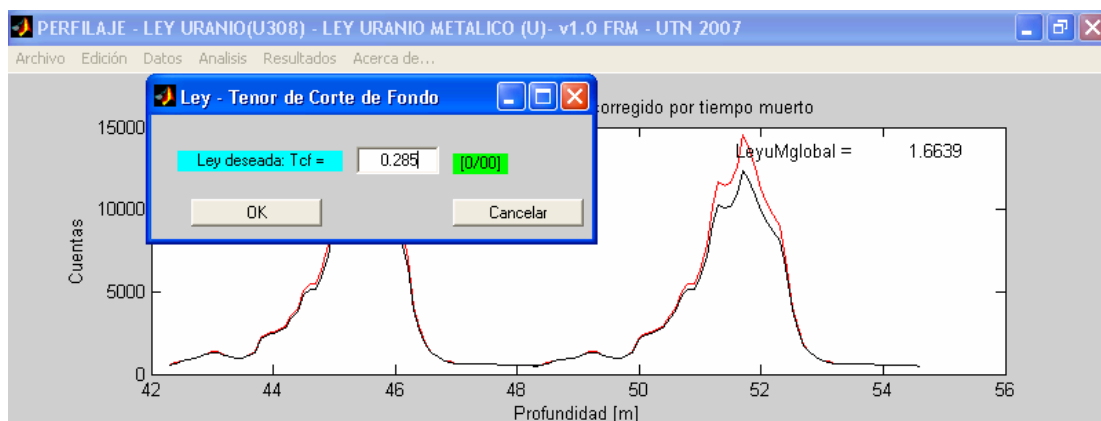


Figura 15. Análisis por Ley deseada. Ingreso de parámetros

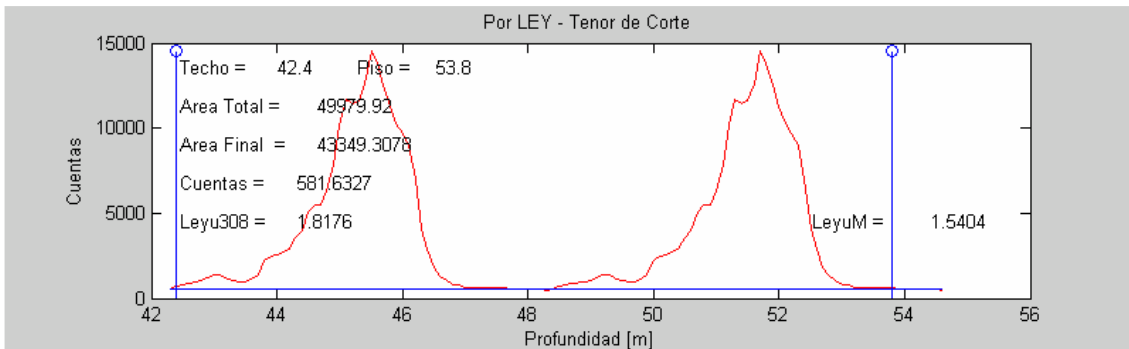


Figura 16. Análisis por Ley deseada. Resultado del cálculo

Finalmente, en la Fig. 17 se muestra el informe final del análisis realizado. En esta oportunidad, corresponde al estudio por tenor de corte mostrado en la Fig. 12 separados en cuatro campos. El primero, indica los datos generales que identifican al perfilaje. En el segundo, las constantes utilizadas para el cálculo. El tercer el tipo de análisis realizado y el cuarto, los resultados de las leyes y parámetros particulares que resultaron del cálculo.

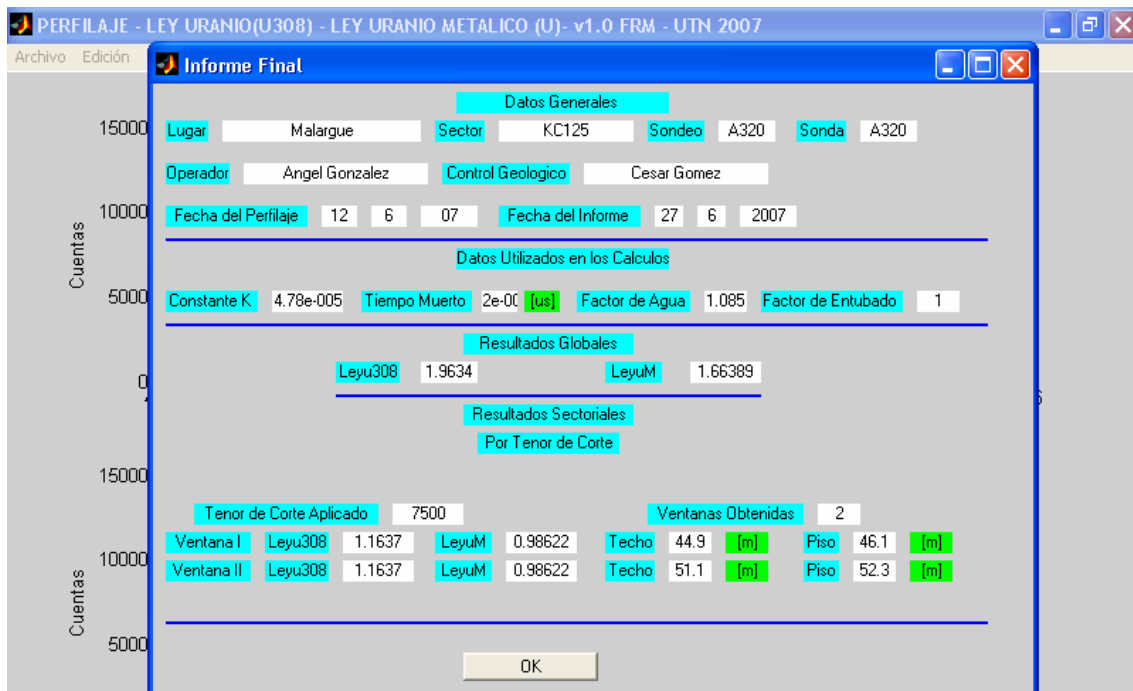


Fig. 17. Presentación de los resultados. Caso Tenor de corte, dos ventanas (según Fig. 12)

3. Conclusiones

Se desarrolló una plataforma de software específico para potencializar el proceso de cálculo de datos de perfilajes de pozos de uranio^(3,4) programa desarrollado, permite leer datos, constantes y parámetros de un perfilaje y hacer con ellos un minucioso estudio de

cuál es el mejor criterio de evaluación acerca de la extracción del material de uranio del pozo en estudio.

La interfaz que ha sido desarrollada en ambiente Matlab, permite utilizar toda la potencialidad de cálculo de éste, funciones de filtrado, tratamiento de patrones, procesamiento inteligente de señales y estadística que transforma al PC donde corre el programa, en un instrumento virtual portátil y evolutivo.

El software ha sido ensayado en sondeos en el Sur de la provincia de Mendoza (San Rafael) mostrando que se adecua a las tareas para las cuales fue diseñado y, debido a que se trata de una plataforma software abierta, es posible actualizarla constantemente.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Acuerdo Específico del convenio de Cooperación y Asistencia firmado entre la CNEA y la UTN. Se agradece al Dr. Ing. Miguel Peña del Instituto de Automática, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, por el asesoramiento sobre la generación de interfaz gráfica en ambiente Matlab.

Referencias

1. R. A. Olstein., Instrumental Radiométrico – Principios y Operaciones, Curso Latinoamericano de Evaluación de Indicios Uraníferos- Comisión Nacional de Energía Atómica y Comisión Internacional de Energía Nuclear, Tomo I, EE Proceedings-F, Vol 138, No 1, CNEA-AC-12/79, pp 1-35, Noviembre 1979.
2. Central de Calibración Radiométrica – Módulo de calibración y control de equipos de perfilajes gamma total de sondeo. Documento interno CNEA N° 73, 1993.
3. G. F. Neer., M. L. Gutierrez., A. F. González., A. R. Gallucci., A. Tenzi., D. Guzmán., “Digitalización de un equipo de perfilaje de sondeos para determinación de mineral de uranio. Transferencia de tecnología. Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería, Mendoza, 2005. Enidi 2005.
4. G. F. Neer., C. M. García., F. M. García., A. F. González., A. C. Veca., A. R. Gallucci., A. Tenzi., P. Sardin. “Digitalización de equipo para el perfilaje de uranio. 2da fase. Trabajo aceptado para el Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería (Enidi 2007). Mendoza, 16 al 18 de octubre de 2007.
5. Matlab. The Math Works, Inc, 2003.