5
2ej.

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

LA APLICACION DE LA TEORIA DEL FILTRADO DE SEÑALES PARA OBTENER MAYOR RESOLUCION PARA EL ANALISIS DE REGISTROS GEOFISICOS DE POZOS

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO GEOFISICO

P R E S E N T A:

JOSE FRANCISCO CASTILLO OJEDA

México D. F. Agosto 1987

I N D I C E

C A P I T U L O   I

I N T R O D U C C I O N

I N T R O D U C C I O N

UN REGISTRO DE POZOS ES AQUELLA INFORMACION QUE SE OBTIENE MEDIANTE UNA SONDA QUE SE DESPLAZA VERTICALMENTE EN EL INTERIOR DEL POZO Y QUE REPORTA, AL CAMION REGISTRADOR, TODAS LAS VARIACIONES -- QUE DETECTA AL EFECTUAR SU DESPLAZAMIENTO; LAS VARIACIONES QUE SE REGISTRAN DEPENDEN DEL TIPO DE PROPIEDAD FISICA QUE ANALICE LA -- SONDA.

EL FILTRADO DE SEÑALES ES UNA TECNICA MEDIANTE LA CUAL SE PUEDE - ENFATIZAR, SEPARAR O ELIMINAR, CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DE LA INFORMACION QUE PRESENTA UNA SEÑAL.

EN REGISTROS GEOFISICOS DE POZOS, SE HA UTILIZADO LA TEORIA DEL - FILTRADO DE SEÑALES PARA ENFATIZAR LOS RASGOS IMPORTANTES EN RE-- GISTROS DISTINTOS ENTRE SI, SEA POR HABER SIDO OBTENIDOS EN DIS-- TINTOS POZOS DE UN MISMO CAMPO O BIEN POR HABER SIDO OBTENIDOS EN UN MISMO POZO EMPLEANDO HERRAMIENTAS QUE RESPONDEN A DISTINTAS -- PROPIEDADES FISICAS. ES DECIR, LA APLICACION DEL FILTRADO DE SEÑALES PRETENDE ENFATIZAR LOS RASGOS IMPORTANTES DE LOS REGISTROS GEOFISICOS PARA FACILITAR AL INTERPRETE LA CORRELACION ENTRE - -- ELLOS.

A LA FECHA HAN DESARROLLADO ESTUDIOS SOBRE ESTE TEMA BRANISA - -- (1974) Y ARROYO (1981) BRANISA PLANTEA QUE ES MUY UTIL EN EL ES-- TUDIO DE REGISTROS DE POZOS, MODIFICAR LAS SEÑALES GRABADAS PARA LOGRAR QUE DIFERENTES CURVAS SEAN MAS COMPATIBLES ENTRE SI.

ESTO SE LOGRA MEDIANTE EL DISEÑO Y USO DE FILTROS PARA EQUIPARAR- VARIOS REGISTROS. ESTE FILTRADO SERIA MUY SENCILLO SI SE CONOCIERAN LAS DIFERENTES RESPUESTAS DE LAS HERRAMIENTAS ANTE UNA FUN- - CION IMPULSO UNITARIO. DADO QUE ESTO, EN TERMINOS GENERALES, NO SE CONOCE, SE PRETENDE OBTENER ESTA INFORMACION A PARTIR DE LOS - REGISTROS GRABADOS ORIGINALMENTE.

PARA OBTENER UNA ESTIMACION DE LA RESPUESTA DE LA HERRAMIENTA SE - TRANSFORMA EL REGISTRO ORIGINAL AL DOMINIO DE LA FRECUENCIA POR -- MEDIO DE LA TRANSFORMADA DE FOURIER. EL ESPECTRO DE AMPLITUD OB-- TENIDO SE COMPONE A SU VEZ DE DOS ESPECTROS, UNO DE ELLOS CORRES-- PONDE A LA RESPUESTA DE LA HERRAMIENTA, EL CUAL EN GENERAL ES UNA CURVA SUAVIZADA, Y EL OTRO ES EL ESPECTRO CORRESPONDIENTE A LA - - DISTRIBUCION DE LOS PARAMETROS MEDIDOS EN EL SUBSUELO. DADO QUE - NO SE CONOCE EL ESPECTRO DE LOS PARAMETROS MEDIDOS TAMPOCO SE PUE- DE OBTENER EN FORMA EXACTA EL ESPECTRO DE LA RESPUESTA DE LA HERRA MIENTA.

PARA ELIMINAR PARCIALMENTE LA CONTRIBUCION DEL ESPECTRO DE LOS PA- RAMETROS MEDIDOS, SE SUAVIZA Y NORMALIZA SU ESPECTRO DE AMPLITUD; CON LOS ESPECTROS ASI OBTENIDOS SE PROCEDE AL DISEÑO DE LOS FIL- - TROS, PARA LO CUAL BRANISA PROPONE DOS METODOS DE DISEÑO:

UNO SE REFIERE A NORMALIZAR A UN ESPECTRO PREDETERMINADO RESPECTO A CADA UNO DE LOS ESPECTROS DE LOS REGISTROS EN ESTUDIO, Y EL SE-- GUNDO PLANTEA NORMALIZAR DOS DE LOS ESPECTROS RESPECTO A UN TERCE- RO. TOMANDO LA RELACION DEL ESPECTRO PREDETERMINADO Y LOS ESPEC-- TROS SUAVIZADOS O DE LOS ESPECTROS RELACIONADOS A UN TERCERO SE -- OBTIENEN LOS FILTROS BUSCADOS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA. ME- DIANTE EL USO DE LA TRANSFORMADA INVERSA DE FOURIER, SE TRANSFOR-- MAN LOS FILTROS EN OPERADORES EN EL DOMINIO DE LA DISTANCIA LOS -- CUALES AL CONVOLUCIONARLOS CON LOS REGISTROS ORIGINALES, OBTIENEN REGISTROS CON MAYOR GRADO DE SIMILITUD ENTRE SI.

ARROYO (1981) PRESENTA UN PROCEDIMIENTO DE FILTRADO DE SEÑALES BA- SADO, POR UNA PARTE, EN LA OBTENCION DE ESPECTROS DE AMPLITUD CON UN POSTERIOR SUAVIZADO A MANO LO CUAL IMPLICA QUE EL CRITERIO DE - LA PERSONA QUE ESTA SUAVIZANDO QUEDE PLASMADO EN EL ESPECTRO; POR OTRA PARTE UTILIZA EL METODO DE MAXIMA ENTROPIA PARA OBTENER AUTO- MATICAMENTE LOS ESPECTROS SUAVIZADOS. EN LOS DOS CASOS SE LLEVA - A CABO UNA DIVISION ENTRE DOS DE LOS ESPECTROS EN ESTUDIO EN EL -- DOMINIO DE LA FRECUENCIA PARA QUE, MEDIANTE LA TRANSFORMADA INVER- SA, SE OBTENGA EL FILTRO DESEADO EN EL DOMINIO DEL ESPACIO.

EL FILTRO OBTENIDO POR CUALQUIERA DE LOS DOS METODOS SE CONVOLUCIONA CON EL REGISTRO ORIGINAL PARA DAR UNA CURVA QUE SEA EQUIPARABLE AL REGISTRO QUE SE HAYA PRESENTADO COMO NUMERADOR EN LA RELACION DE AMPLITUDES EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA.

EL PRESENTE TRABAJO UTILIZA ALGUNOS DE LOS PUNTOS TRATADOS POR ESTOS DOS AUTORES Y PRESENTA DOS PROGRAMAS EN EL LENGUAJE FORTRAN LOS CUALES REALIZAN SECUENCIAS COMPLETAS DE FILTRADO.

DICHOS PROGRAMAS USAN PRINCIPIOS BASICOS DEL ANALISIS DE SEÑALES TALES COMO, SISTEMAS LINEALES, TEORIA DEL MUESTREO, TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER Y OPERACION CONVOLUCION, CADA UNO DE LOS CUALES SERA TRATADO EN EL SIGUIENTE CAPITULO.

LA FINALIDAD PRINCIPAL DEL PRESENTE TRABAJO ES LA DE ENFATIZAR LOS RASGOS IMPORTANTES DE UN REGISTRO DE POZOS CON LA INTENCION DE QUE SE PUEDA EFECTUAR UNA MEJOR IDENTIFICACION DE ESTRATOS DELGADOS AL MISMO TIEMPO QUE MEJORAR LA CORRELACION ENTRE REGISTROS DE UN MISMO POZO O DE UN MISMO CAMPO.

C A P I T U L O II

B A S E S T E O R I C A S

CARACTERISTICAS DE LA SEÑAL GRABADA.

ESTABLECIENDO UNA DEFINICION TRADICIONAL, UN REGISTRO GEOFISICO - DE POZOS ES LA REPRESENTACION GRAFICA DE UNA PROPIEDAD FISICA QUE SE MIDE CONTRA LA PROFUNDIDAD.

ESTA REPRESENTACION GRAFICA, A LA CUAL DENOMINAMOS TAMBIEN SEÑAL GRABADA, PUEDE CONSIDERARSE QUE SE COMPORTA COMO UN SISTEMA EN -- DONDE EL REGISTRO OBTENIDO REPRESENTA LA SALIDA DEL SISTEMA EN -- RESPUESTA A LA SEÑAL DE ENTRADA ORIGINADA EN LAS PAREDES DEL POZO.

A) SISTEMA LINEAL

LA REPRESENTACION GENERAL DE UN SISTEMA LINEAL PUEDE ESTABLECERSE DE LA SIGUIENTE MAÑERA.

ENTRADA	→	SISTEMA	→	SALIDA
SEÑAL NATURAL [$x(t)$]		SONDA		REGISTRO [$y(t)$]

LA RELACION DE LINEALIDAD QUE PRESENTA EL MODELO IMPLICA QUE EN CIERTA FORMA LA SEÑAL DE SALITA $x(t)$ SEA PROPORCIONAL A - LA ENTRADA $x(t)$.
POR LO TANTO.

$$\text{SI} \quad x(t) \longrightarrow y(t)$$

$$\text{ENTONCES} \quad \alpha x(t) \longrightarrow \alpha y(t) \quad \text{DONDE } \alpha \text{ ES CUALQUIER CONSTANTE.}$$

LO ANTERIOR SE CONOCE COMO PROPIEDAD DE HOMOGENEIDAD Y ES - - CARACTERISTICA DE TODOS LOS S.L. ESTO IMPLICA QUE CUALQUIER - MODELO PARA PODER SER LINEAL DEBE CUMPLIR POR UNA PARTE, CON

LA PROPIEDAD DE HOMOGENEIDAD Y POR OTRO LADO CUMPLIR CON LA PROPIEDAD DE SUPERPOSICION LA CUAL SE DEFINE DE LA SIGUIENTE MANERA

$$\text{SI} \quad x_1(t) \longrightarrow y_1(t)$$

$$\text{Y} \quad x_2(t) \longrightarrow y_2(t)$$

ENTONCES

$$x_1(t) + x_2(t) \longrightarrow y_1(t) + y_2(t)$$

PARA DETERMINADO TIPO DE ENTRADAS $\{x(t)\}$.

CON LO ANTERIOR SE ESTABLECE QUE UN SISTEMA ES LINEAL SI Y SOLO SI CUMPLE CON LAS PROPIEDADES DE HOMOGENEIDAD Y SUPERPOSICION.

UNA ECUACION GENERAL PARA DESCRIBIR UN SISTEMA LINEAL ES

$$\alpha x_1(t) + \beta x_2(t) \longrightarrow \alpha y_1(t) + \beta y_2(t)$$

DONDE α Y β SON CUALQUIER CONSTANTE.

UNA MANERA FUNCIONAL DE REPRESENTAR LA TRANSFORMACION SE OBTIENE CAMBIANDO LAS FLECHAS DE LAS ECUACIONES POR PARENTESIS, CON LO CUAL SE OBTIENE

$$y(t) = H\,[x(t)]$$

EL CUAL ES UN SISTEMA LINEAL SI Y SOLO SI *H* ES UNA TRANSFORMACION LINEAL, ES DECIR

$$H[\alpha x_1(t) + \beta x_2(t)] = \alpha H[x_1(t)] + \beta H[x_2(t)]$$

SI SE UBICA A LA SEÑAL REGISTRADA DENTRO DEL CONTEXTO DEL ANALISIS DE FOURIER, SE PUEDE ESTABLECER QUE DICHA SEÑAL REPRESENTA EL PRODUCTO DE DOS FUNCIONES DISTINTAS, UNA DE ELLAS SE IDENTIFICA COMO LA CONTRIBUCION DEL TERRENO Y LA OTRO COMO LA CONTRIBUCION DE LA HERRAMIENTA.

ESTA MISMA SITUACION DA LA OPORTUNIDAD DE UBICAR EL ESTUDIO DE ESTA SEÑAL GRABADA DENTRO DEL CONTEXTO MATEMATICO DEL ANALISIS DE SEÑALES.

DEBIDO A QUE LA SEÑAL GRABADA CORRESPONDE A UNA FUNCION DISCRETA SE HACE NECESARIO PRESENTAR EN PRINCIPIO LAS BASES DEL TEOREMA DEL MUESTREO PARA POSTERIORMENTE ESTABLECER LAS FORMULAS GENERALES DEL ANALISIS DE FOURIER.

B) TEOREMA DEL MUESTREO

EL TEOREMA DEL MUESTREO ESTABLECE QUE SI LA TRANSFORMADA DE FOURIER DE UNA FUNCION $h(t)$ ES CERO PARA TODAS LAS FRECUENCIAS MAYORES QUE UNA CIERTA FRECUENCIA f_c, ENTONCES LA UNICA FORMA DE DETERMINAR $h(t)$ ES A PARTIR DEL CONOCIMIENTO DE SUS VALORES MUESTREADOS

$$h(t) = h(nT) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta (t - nT)$$

DONDE $T = \frac{1}{2 f_c}$

EN FORMA PARTICULAR, $h(t)$ ESTA DADA POR

$$h(t) = T \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(nT) \frac{\operatorname{sen} 2\pi f_c (t-nT)}{\pi (t-nT)}$$

LA FIGURA 1 ILUSTRA EL TEOREMA.

EN PRIMER TERMINO ES NECESARIO QUE LA TRANSFORMADA DE FOURIER DE $h(t)$ SEA CERO PARA FRECUENCIAS MAYORES QUE LA FRECUENCIA FUNDAMENTAL fc. LA FIG. 1C MUESTRA UNA FUNCION DE BANDA LIMITADA, -- ESTO QUIERE DECIR QUE LA TRANSFORMADA DE FOURIER ES CERO PARA -- $|f| > fc$.

EN SEGUNDO TERMINO SE DEBE TENER UN ESPACIAMIENTO ENTRE MUESTRAS IGUAL A $T = \frac{1}{2f_c}$ ESTO ES, QUE EL ESPACIAMIENTO ENTRE LAS - FUNCIONES IMPULSO DE LA FIG. 1 D SERA $\frac{1}{T} = 2f_c$.

ES IMPORTANTE CONSIDERAR QUE PARA $T < \frac{1}{2f_c}$ SE PRESENTA EFECTO DE ALIASING Y PARA $T > \frac{1}{2f_c}$ EL TEOREMA SIGUE SIENDO - -- VALIDO.

LA CONDICION DE QUE $T = \frac{1}{2f_c}$, SIRVE UNICAMENTE, PARA OBTENER - EL MAXIMO ESPACIAMIENTO ENTRE MUESTRAS CON EL CUAL TIENE VALIDEZ EL TEOREMA.

LA FRECUENCIA $\frac{1}{T} = 2f_c$ SE CONOCE CON EL NOMBRE DE "FRECUENCIA DE MUESTREO DE NYQUIST".

CONSIDERANDO QUE SE CUMPLEN LAS CONDICIONES ANTERIORES, EL TEOREMA ESTABLECE QUE, $h(t)$ FIG. 1A. SE PUEDE RECONSTRUIR A PARTIR DE LOS IMPULSOS DE LA FIGURA 1E. COMO DEMOSTRACION DEL TEOREMA DEL MUESTREO, SE OBSERVA QUE LA TRANSFORMADA DE FOURIER DE LA FUNCION MUESTREADA ES IDENTICA, DENTRO DE T, A LA TRANSFORMADA DE - FOURIER DE LA FUNCION NO MUESTREADA EN EL RANGO DE FRECUENCIA -- $-fc \leq f \leq fc$.

LA TRANSFORMADA DE FOURIER DE LA FUNCION MUESTREADA FIG. 1F ESTA DADA POR $H(f) * \Delta(f)$.

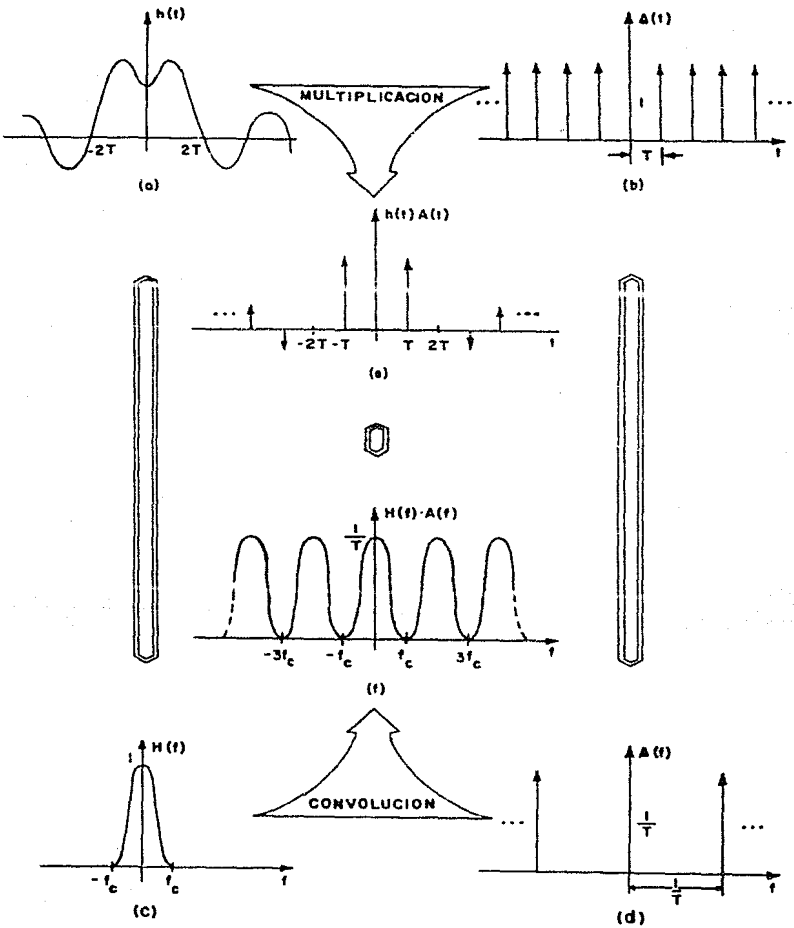


FIG. I TRANSFORMADA DE FOURIER DE UNA SEÑAL MUESTREADA CONSIDERANDO LAS RELACIONES DE NYQUIST. (F.F.T. PAG. 84 REF. 4).

DE LAS FIGURAS 2A, 2B, 2E, SE OBSERVA QUE LA MULTIPLICACION DE UNA FUNCION RECTANGULAR DE AMPLITUD T CON LA TRANSFORMADA DE FOURIER DE LA SEÑAL MUESTREADA DA COMO RESULTADO LA TRANSFORMADA DE FOURIER $H(f)$:

$$H(f) = [H(f) * \Delta(f)]\, Q(f)$$

LA TRANFORMADA INVERSA DE FOURIER DE H (f) ES LA SEÑAL ORIGINAL $h(t)$. FIG. 2F. DEL TEOREMA DE CONVOLUCION $h(t)$ ES IGUAL A LA CONVOLUCION DE LA TRANSFORMADA INVERSA DE FOURIER DE $H(f) * \Delta(f)$ Y DE LA FUNCION RECTANGULAR.

DE AQUI, $h(t)$ ESTA DADA POR LA CONVOLUCION DE $h(t)\ \Delta(t)$ y $q(t)$ FIGURAS 2C Y 2D RESPECTIVAMENTE.

$$h(t) = [h(t)\ \Delta(t)] * q(t)$$

$$= \sum_{n=-\infty}^{\infty} [h(nT)\,\delta(t-nT)] * q(t)$$

$$= \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(nT)\, q(t-nT)$$

$$= T \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(nT)\, \frac{\operatorname{sen}[2\pi f_c (t-nT)]}{\pi (t-nT)}$$

LA ECUACION 1 ES LA EXPRESION MAS ADECUADA PARA RECONSTRUIR $h(t)$ A PARTIR UNICAMENTE DE LAS MUESTRAS DE $h(t)$.

ES CONVENIENTE CONSIDERAR QUE PARA PODER RECONSTRUIR PERFECTAMENTE UNA SEÑAL MUESTREADA ES NECESARIO QUE ESTA SEA DE BANDA LIMITADA.

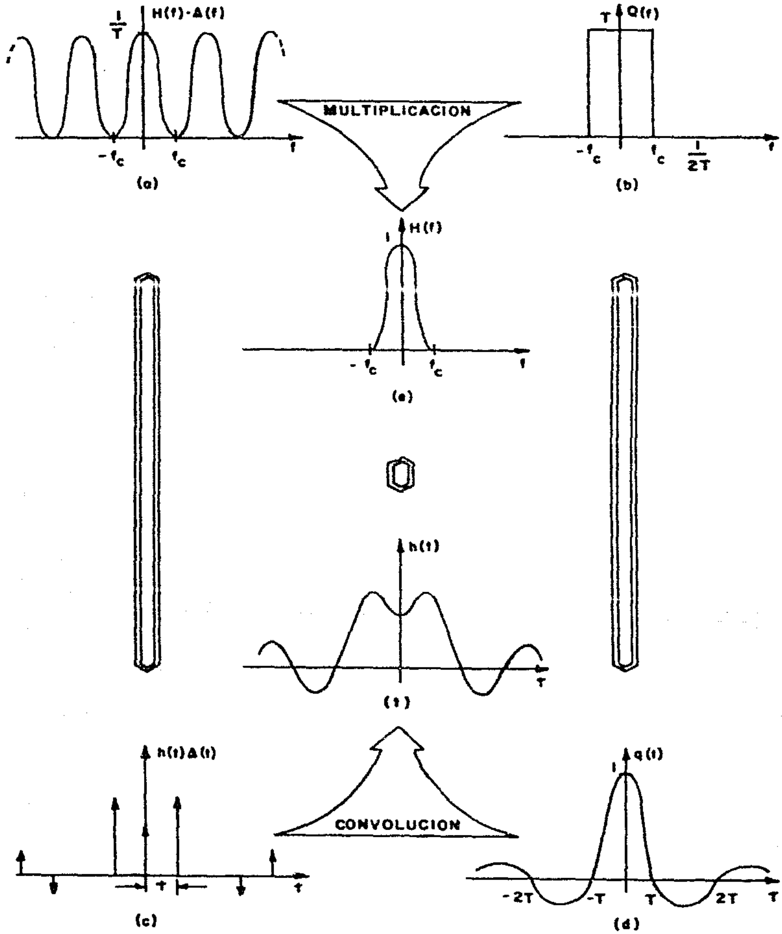


FIG. 2 DESARROLLO DEL TEOREMA DEL MUESTREO. (F.F.T. PAG. 86 REF. 4).

ESTO EN LOS REGISTROS DE POZOS RARAMENTE SE PRESENTA, PARA SOLUCIONARLO SE DEBE MUESTREAR LA SEÑAL DE TAL FORMA QUE EL EFECTO DE ALIAS SEA PRACTICAMENTE DESPRECIABLE.

C) TRANSFORMADA DE FOURIER.

UN REGISTRO GEOFISICO DE POZO SE PUEDE DEFINIR COMO LA SUMA DE VARIAS COMPONENTES INDIVIDUALES; SIENDO CADA UNA, EL RESULTADO DE UN IMPULSO GENERADO POR CIERTA CARACTERISTICA DE LA FORMACION BAJO ESTA PERSPECTIVA EL PROBLEMA QUE SE PLANTEA ES EN TERMINOS DE SEPARAR E IDENTIFICAR CADA UNA DE LAS COMPONENTES DEL REGISTRO Y LAS CONDICIONES POR LAS CUALES SON CAUSADAS. (ARROYO 1981)

PARA LLEVAR A CABO ESTA SEPARACION DE COMPONENTES SE UTILIZA LA TRANSFORMADA DE FOURIER, LA CUAL PRESENTA LA SEÑAL EN FORMA INDIVIDUAL COMO SINUSOIDES EN FUNCION DE SU FRECUENCIA, AMPLITUD Y FASE.

LA TRANSFORMADA DE FOURIER DE UNA SEÑAL CONTINUA $x(t)$ ESTA DEFINIDA COMO

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\, e^{(-i f t)}\, dt$$

ó

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\, e^{(-i 2\pi f t)}\, dt$$

LA TRANSFORMADA INVERSA DE FOURIER PERMITE ROCOBRAR LA SEÑAL ORIGINAL $x(t)$ Y ESTA DEFINIDA POR

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(f)\, e^{(i f t)}\, df$$

ó

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f)\, e^{(i 2\pi f t)}\, df$$

LA CORRESPONDENCIA ENTRE LAS DOS FUNCIONES $x(t)$ y $X(f)$ GENERALMENTE SE EXPRESA CON LA NOTACION $x(t) \longleftrightarrow X(f)$.

DE MANERA SENCILLA SE PUEDE ESTABLECER QUE $x(t)$ REPRESENTA UNA

SEÑAL EN EL DOMINIO DEL TIEMPO Y x(f) REPRESENTA A LA MISMA SEÑAL EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA.

D) TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER.

PARA DESARROLLAR UN ANALISIS DIGITAL DE SEÑALES SE UTILIZA EL CONCEPTO DE TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER (TDF), LA CUAL PARA UNA SECUENCIA DE N MUESTRAS $x(nT)$, $0 \leq n \leq N-1$ SE DEFINE COMO:

$$X(kf) = \sum_{n=0}^{N-1} x(nT)\, e^{-ikfnT} \quad ; \quad k = 0, 1, \ldots, N-1 \qquad 2$$

DONDE T ES EL INTERVALO DE MUESTREO EN EL DOMINIO DEL TIEMPO Y EL INCREMENTO DE FRECUENCIA f ES $2\pi/NT$.

PARA RECOBRAR LA SERIE DE TIEMPO $x(nt)$ SE UTILIZA LA TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER INVERSA,

$$x(nT) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(kf)\, e^{ikfnT} \quad ; \quad n = 0, 1, \ldots, N-1 \qquad 3$$

DONDE 1|N ES UN FACTOR DE NORMALIZACION; $x(nt)$ ESTA DEFINIDA EN UN CONJUNTO COMPLETO DE ENTEROS $n=0, \pm 1, \pm 2, \ldots$ Y ESTA RESTRINGIDA POR LA IDENTIDAD.

$$x(nT) = x((n+mN)T) \qquad m = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots \qquad 4$$

YA QUE LA EQUACION 4 REQUIERE QUE LA SECUENCIA EN EL ESPACIO SEA PERIODICA, LAS MUESTRAS $x(nT)$ PARA n FUERA DEL RANGO $0 \leq n \leq N-1$, PUEDEN OBTENERSE POR UNA SIMPLE REPETICION DE LOS VALORES DE $x(nT)$ TOMADOS CON n DENTRO DEL RANGO.

PARA EVALUACION DE LAS TRANSFORMADAS POR MEDIO DE LAS ECUACIONES 2 Y 3, SON NECESARIAS N-1 MULTIPLICACIONES EN LA DETERMINACION -

DE CADA X (fk) O $x(nT)$; ASI PUES, PARA DETERMINAR EL ESPECTRO TOTAL X (fk) SE REQUIEREN $(N-1)^2$ OPERACIONES.

AL APLICAR EL ALGORITMO DENOMINADO TRANSFORMADA RAPIDA DE FOURIER (FFT), SE REDUCE EL NUMERO DE OPERACIONES NECESARIAS DE $(N-1)^2$ A $N\log_2 2N$.

LA SEÑAL GRABADA QUE SE OBTIENE COMO RESPUESTA A LA SEÑAL DEL TERRENO, SE COMPONE DE UNA SERIE DE RESPUESTAS INDIVIDUALES GENERADAS EN CADA UNA DE LAS UNIDADES LITOLOGICAS FRENTE A LAS CUALES SE DESPLAZA LA SONDA; O SEA QUE LA CURVA REGISTRADA EQUIVALE A LA SUMA O SUPERPOSICION DE ESTAS RESPUESTAS INDIVIDUALES.

EN OTROS TERMINOS; SE PUEDE CONSIDERAR QUE LA CURVA REGISTRADA ES EQUIVALENTE A LA CONVOLUCION DE LA RESPUESTA IMPULSO DEL APARATO (IMPULSO UNITARIO) CON LA SECUENCIA DE IMPULSOS PROVENIENTES DE LAS UNIDADES LITOLOGICAS.

E) CONVOLUCION

EN FORMA GENERAL, LA OPERACION CONVOLUCION $y(x)$ DE DOS FUNCIONES $f(x)$ $g(x)$ SE DEFINE COMO

$$y(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(u)\, g(x-u)\, du$$

Y SE ACOSTUMBRA REPRESENTARLA POR

$$y(x) = f(x) * g(x)$$

PARA EL CASO DE LA CONVOLUCION NUMERICA O DIGITAL LA OPERACION SE DEFINE COMO

$$y_t = \sum_{\tau=0}^{m} f_\tau \cdot g_{t-\tau} \qquad 0 \leq t \geqslant m+n$$

DONDE f_t = $f_0, f_1, \ldots f_m$ Y g_t = $g_0, g_1, \ldots, g_n$, SON FUN--

CIONES DIGITIZADAS A UN INTERVALO Δt, EL CUAL SE CONSIDERA CONSTANTE Y UNITARIO.

NOSAL (1982) ESTABLECE UNA DEMOSTRACION FORMAL PARA EL CASO PARTICULAR EN QUE LA RESPUESTA DE UN REGISTRO SP PUEDE EXPRESARSE COMO UNA CONVOLUCION.

LAS CONSIDERACIONES GENERALES DEL METODO SON LAS SIGUIENTES:

EN PRIMER TERMINO SE ESTABLECE UN MODELO ESQUEMATICO DE LA GEOMETRIA QUE PRESENTA UNA PARTE DE UN POZO CUALQUIERA (FIG. 3)

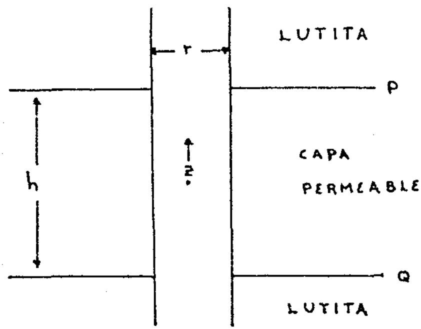


FIG. 3 MODELO ESQUEMATICO.
LA FUERZA ESTATICA emf EN LAS FRONTERAS P y Q ES Ep Y Eq RESPECTIVAMENTE.

PARA ESTE MODELO DAKHNOV (1962) ESTABLECIO LA SIGUIENTE SOLUCION PARA LA DETERMINACION DEL POTENCIAL EXISTENTE,

$$U(z) = \frac{1}{2} \; Ep \; G\,(2z-h) - \frac{1}{2} \; Eq \; G\,(2z+h) \qquad 5$$

DONDE	$U(z)$	POTENCIAL MEDIDO
	$G(z)$	ES UNA FUNCION QUE DESCRIBE EL POTENCIAL A LO LARGO DEL POZO.
	$G(z) =$	$z / (z^2 + r^2)^{1/2}$

6

UTILIZANDO EL ANALISIS DE FOURIER SE TIENE QUE $g(w)$ ES LA TRANSFORMADA DE FOURIER DE $G(z)$, ENTONCES

$$u(\omega) = \frac{1}{4} \, g\left(\frac{\omega}{2}\right) \left[E_p \, e^{-j\frac{\omega h}{2}} - E_q \, e^{j\frac{\omega h}{2}} \right]$$

LA FUNCION $g(w)$ ES IMAGINARIA Y DE SIMETRIA IMPAR YA QUE $G(z)$ -- ES REAL Y TAMBIEN DE SIMETRIA IMPAR.

LA FUNCION $g(w)$ PUEDE PRESENTARSE COMO UNA TRANSFORMADA SENO DE - LA SIG. FORMA

$$g(\omega) = -j \, 2 \int_0^{\infty} G(z) \operatorname{sen} \omega z \, dz \qquad 7$$

LA SOLUCION DE ESTA INTEGRAL ESTA DADA POR ERDELY 1 (1954) PARA - FRECUENCIAS POSITIVAS

$$g(w) = -j \; 2r \; k_1 \; (rw) \qquad 8$$

DONDE K_1 ES LA FUNCION MODIFICADA DE BESSEL DE ORDEN ENTERO.

AUNQUE LA SOLUCION DE LA ECUACION 7 ESTA DEFINIDA SOLO PARA FRE-- CUENCIAS POSITIVAS, SE PUEDEN CONOCER TODAS LA FRECUENCIAS DADO - QUE $g(w)$ DEBE SER IMPAR.

PARA PRESENTAR LA SOLUCION COMPLETA NOSAL USA LA FUNCION SIGNUM - DE w, Y ESCRIBE LA ECUACION COMO

$$u(\omega) = -j\,\frac{r}{2}\,\mathrm{sgn}(\omega)\,K_1\left(\frac{r|\omega|}{2}\right)\left[E_p\,e^{-j\frac{\omega h}{2}} - E_q\,e^{j\frac{\omega h}{2}}\right] \tag{9}$$

LA ECUACION ANTERIOR SE DESCOMPONE PARA OBTENER LAS CONTRIBUCIO-- NES INDIVIDUALES QUEDANDO LA FUNCION DE TRANSFERENCIA DEL TERRENO COMO

$$s(w) = Ep\,e^{-j\frac{wh}{2}} - Eq\,e^{j\frac{wh}{2}} \tag{10}$$

Y LA FUNCION DE TRANSFERENCIA DE LA HERRAMIENTA COMO

$$\rho(w) = -j\,\frac{r}{2}\;\mathrm{sgn}(w)\;K_1\left(\frac{r|w|}{2}\right) \tag{11}$$

DE AQUI EL SP QUEDA

$$u(w) = \rho(w)\;.\;s(w) \tag{12}$$

LAS TRANSFORMADAS INVERSAS DE ESTAS FORMULAS SON

$$s(z) = Ep\,\delta\left(z-\frac{h}{2}\right) - Eq\,\delta\left(z+\frac{h}{2}\right) \tag{13}$$

y

$$L(z) = z\,/\left[(2z)^2 + r^2\right]^{1/2} \tag{14}$$

ASUMIENDO UN POZO DE DIAMETRO CONSTANTE A TRAVES DE UNA SECUENCIA DE N FORMACIONES, DICHO POZO PODRA MODELARSE COMO

$$U_i(z) = L(z) * \Sigma\,\delta_i(z)$$

DONDE u(z) ES EL POTENCIAL MEDIDO Y L(z) y S(z) REPRESENTAN LAS - CONTRIBUCIONES DE LA HERRAMIENTA Y DEL TERRENO RESPECTIVAMENTE.

AL VALUAR NOSAL LA FUNCION 11 CON UN DIAMETRO DE POZO DE 1 PIE -- ENCONTRO QUE LA FUNCION OBTENIDA POR ESTE METODO PARA LA CONTRI-- BUCION DE LA HERRAMIENTA ES MUY PARECIDA A LA ENCONTRADA POR F. - BRANISA CON EL METODO DE SUAVIZADO DE ESPECTROS.

F) JUSTIFICACION DEL USO DE ESPECTROS.

LA UTILIZACION DE LOS ESPECTROS SE BASA EN EL HECHO DE QUE EL ES- PECTRO DE AMPLITUD DE LOS REGISTROS ANALIZADOS SE COMPONE DE DOS ESPECTROS, UNO DE ELLOS ES LA RESPUESTA PROPORCIONADA POR LA HE-- RRAMIENTA, LA CUAL EN GENERAL ES UNA CURVA SUAVE, Y EL OTRO ES EL ESPECTRO DE FRECUENCIA DE LA DISTRIBUCION DE LOS PARAMETROS MEDI- DOS EN EL SUBSUELO. DADO QUE NO SE CONOCE EL ESPECTRO DE LOS PA- RAMETROS MEDIDOS NO SE PUEDE DETERMINAR EXACTAMENTE LA RESPUESTA DE LA HERRAMIENTA.

EN EL CASO DE LOS REGISTROS ANALIZADOS LAS CURVAS SUAVIZADAS PRE- SENTAN CIERTA SIMILITUD YA QUE LAS DIFERENCIAS QUE SE PRESENTAN - CORRESPONDEN A LAS DIFERENCIAS EN LA PENETRACION RADIAL DE LAS -- DISTINTAS HERRAMIENTAS INDIVIDUALES.

CONSECUENTEMENTE, LAS DIFERENCIAS ENTRE LOS ESPECTROS INDICAN LAS DIFERENCIAS EN LA RESPUESTA DE LAS DISTINTAS HERRAMIENTAS.

COMO UNA MEDIDA PARA ELIMINAR EN LO POSIBLE LA CONTRIBUCION DEL - ESPECTRO DE LOS PARAMETROS MEDIDOS, EL ESPECTRO DE AMPLITUD SE -- SUAVIZA Y NORMALIZA RESPECTO A SI MISMO.

EN LOS PROGRAMAS FORTRAN PROPUESTOS SE PRESENTA EL SUAVIZADO POR UNA DOBLE OPCION; POR UNA PARTE, SE PUEDE REALIZAR EL SUAVIZADO - MANUAL Y ALIMENTAR AL PROGRAMA LOS VALORES OBTENIDOS Y POR OTRA - PARTE SE PUEDE INDICAR AL PROGRAMA QUE REALICE EL SUAVIZADO POR - MEDIO DE UNA PROMEDIACION DE TRES PESOS, APLICADA ITERATIVAMENTE EL NUMERO "N" DE VECES QUE SE CONSIERE NECESARIO.

ESPECTRO DE AMPLITUD

EN FORMA GENERAL, LA TRANSFORMADA DE FOURIER H(f)ES UNA FUNCION -

COMPLEJA Y PUEDE EXPRESARSE EN TERMINOS DE SUS PARTES REAL E IMAGINARIA COMO

$$H(f) = A(f) + i\, I(f)$$

O BIEN EN TERMINOS DE SU AMPLITUD Y FASE

$$H(f) = |h(f)|\, e^{i\, e(f)}$$

DONDE X(f) ES ESPECTRO DE AMPLITUD DE X(f) Y ES DADO POR:

$$x(f) = \sqrt{A(f^2) + I(f^2)}$$

EL ESPECTRO DE AMPLITUD DA UNA FUNCION PAR DE LA CUAL, EN EL PRESENTE TRABAJO, SOLO SE UTILIZARA LA PARTE DE LA INFORMACION QUE CORRESPONDE A LAS MUESTRAS DE LA POSICION "o" A LA N|2 - 1.

BRANISA (1974) PROPONE EN SU ESTUDIO QUE LOS ESPECTROS DE AMPLITUD DE LOS DISTINTOS REGISTROS ANALIZADOS, NORMALIZEN A UN ESPECTRO DETERMINADO PARA OBTENER UN FILTRO EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA.

EL ESPECTRO PREDETERMINADO QUE PROPONE, ES UNA FUNCION HANNING.

$$H = (1 + \cos \pi f / f_0) / 2$$

CON UN PRIMER CERO EN LA FRECUENCIA DE 0.6 CICLOS|MT.

EL PRESENTE TRABAJO PROPONE LA OPCION DE UTILIZAR UNA FUNCION HAMMING LA CUAL SE DEFINE COMO:

$$H = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \qquad 0 \leq n \leq N-1$$

LA OPCION DE USAR UNA FUNCION HANNING O UNA FUNCION HAMMING. DA LA OPORTUNIDAD DE ENCONTRAR DISTINTAS ALTERNATIVAS AL MOMENTO DE DISEÑAR LOS FILTROS.

C A P I T U L O I I I

P R O C E S A M I E N T O

P R O C E S A M I E N T O

EL DESARROLLO DE LA TECNICA A APLICARSE PARA MEJORAR LA CALIDAD - DE LA INFORMACION QUE PROPORCIONA UN REGISTRO DE POZOS, LLEVA - - ENTRELAZADAS VARIAS ETAPAS EN SU ANALISIS, ESTAS ETAPAS QUEDAN -- COMPRENDIDAS EN LA SIGUIENTE RELACION:

- LECTURA DE DATOS DEL REGISTRO
- DETERMINACION DE LOS ESPECTROS DE AMPLITUD
- SUAVIZADO Y NORMALIZADO DE LOS ESPECTROS
- NORMALIZACION RESPECTO A UN ESPECTRO PREDETERMINADO
- APLICACION DE LA TRANSFORMADA INVERSA DE FOURIER
- CONVOLUCION EN EL DOMINIO DEL ESPACIO

LA INTERRELACION DE ESTAS ETAPAS SE LOGRA MEDIANTE LA INTEGRACION DEL PROGRAMA EPRED, EL CUAL EN SU PROCEDIMIENTO HACE INTERVENIR - UN ESPECTRO PREDETERMINADO, Y EL PROGRAMA COMP QUE LLEVA A CABO - UNA COMPARACION RELACIONANDO EN ELLA A LOS ESPECTROS DE DOS DE -- LOS REGISTROS EN ESTUDIO.

ESTOS DOS PROGRAMAS ESTAN ELABORADOS EN LENGUAJES FORTRAN Y SU -- UTILIZACION SOLO SE RESTRINGE A LOS COMANDOS PROPIOS DEL SISTEMA COMPUTACIONAL USADO.

A CONTINUACION SE PRESENTA UNA DESCRIPCION, DE LAS CARACTERISTI-- CAS GENERALES DE CADA UNO DE LOS PROGRAMAS MENCIONADOS.

PROGRAMA EPRED.

LA LECTURA DE DATOS DE ESTE PROGRAMA PUEDE SER EN FORMA INTERAC-- TIVA O EMPLEANDO UN ARCHIVO DE DATOS. ES NECESARIO DAR EL NUMERO - DE MUESTRAS A ANALIZAR, SEGUIDO POR EL VALOR DE CADA UNA DE ELLAS.

DEBIDO A QUE ESTE PROGRAMA USA EL ALGORITMO DE LA TRF BASE DOS, - ES NECESARIO QUE EL NUMERO DE DATOS CUMPLA ESTA CARACTERISTICA Y EN CASO DE NO HACERLO DEBERA DE COMPLETARSE CON CEROS HASTA LLE-- GAR A UN VALOR QUE CUMPLA CON LA EXPRESION 2^n.

YA QUE SE TIENEN ALMACENADAS LAS MUESTRAS EN UN VECTOR COMPLEJO - EL PROGRAMA LLAMA A LA SUBRUTINA FORK LA CUAL EJECUTA LA TRANSFOR MADA DE FOURIER Y REGRESA UN VECTOR CONTENIENDO LOS DATOS DE LA - TRANSFORMADA, LOS CUALES REPRESENTAN UNA FUNCION PAR PARA LA PAR- TE CORRESPONDIENTE A LA AMPLITUD Y UNA FUNCION IMPAR PARA LA PAR- TE CORRESPONDIENTE A LA FASE.

A LOS DATOS QUE PROPORCIONA LA TRANSFORMADA SE LES APLICA LA FOR- MULA PARA LA OBTENCION DEL ESPECTRO DE AMPLITUD.

A PARTIR DE ESTE PASO EL PROGRAMA TRABAJA UNICAMENTE CON LA IN- - FORMACION CORRESPONDIENTE A LA MITAD MAS UNO DE LOS VALORES DEL - ESPECTRO DE AMPLITUD.

DICHO ESPECTRO SE SUAVIZA YA SEA EN FORMA AUTOMATICA POR EL METO- DO DE PROMEDIACION O SE PUEDE ELEGIR LA OPCION DE HACERLO MANUAL- MENTE (ARROYO, 1981). EL METODO DE PROMEDIACION SE PUEDE APLICAR EN FORMA REITERADA EL NUMERO "N" DE VECES QUE SE CONSIDERE NECESA- RIO. SI SE ELIGE LA FORMA MANUAL SE TIENEN QUE SUMINISTRAR AL -- PROGRAMA LOS VALORES QUE SE OBTENGAN PARA CADA POSICION EN EL -- DOMINIO DE LA FRECUENCIA. CON LOS VALORES SUAVIZADOS POR CUAL- - QUIERA DE LOS DOS METODOS, SE PROCEDE A ELEGIR AL ESPECTRO PREDE- TERMINADO QUE SE DESEE UTILIZAR, EXISTIENDO LA POSIBILIDAD DE QUE SEA UNA FUNCION HANNING O UNA FUNCION HAMMING.

ESTO IMPLICA QUE EL PROGRAMA PROPORCIONA VARIAS OPCIONES DE ANALISIS. ESTO ES, SE PUEDE EJECUTAR

SUAVIZADO POR PROMEDIACION Y F. HANNING
SUAVIZADO POR PROMEDIACION Y F. HAMMING
SUAVIZADO MANUAL Y F. HANNING
SUAVIZADO MANUAL Y F. HAMMING

CON LO CUAL SE OBTIENEN DISTINTAS POSIBILIDADES PARA LOGRAR EL AUMENTO EN LA CALIDAD DE LA INFORMACION.

CUALQUIERA QUE HAYA SIDO EL METODO ESCOGIDO SE PROCEDE A NORMALIZAR AL ESPECTRO PREDETERMINADO RESPECTO AL ESPECTRO DEL REGISTRO ORIGINAL.

DE ESTA NORMALIZACION SE OBTIENE UN OPERADOR EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA QUE SE COMPONE DE N|2-1 MUESTRAS. PARA PODER APLICAR EN FORMA ADECUADA LA TRANSFORMADA INVERSA DE FOURIER ES NECESARIO CONSIDERAR EL NUMERO ORIGINAL DE MUESTRAS ANALIZADAS, PARA LO CUAL SE DOBLA EL ESPECTRO NORMALIZADO CONSIDERANDO QUE SE TRATA DE UNA FUNCION PAR, Y ASI UTILIZAR EL NUMERO N DE MUESTRAS ORIGINALES. A ESTE OPERADOR SE LE APLICA LA TRANSFORMADA INVERSA DE FOURIER, OBTENIENDO CON ESTO UNA FUNCION EN EL DOMINIO DEL ESPACIO QUE ACTUA COMO FILTRO PARA LA SEÑAL ORIGINAL.

PARA OBTENER UNA MAYOR RESOLUCION DEL REGISTRO ORIGINAL SE CONVOLUCIONA DICHA SEÑAL CON LOS VALORES OBTENIDOS DEL FILTRO. AL HACER LA OPERACION SE OBTIENE UN NUMERO DE MUESTRAS IGUAL A LA SUMA DEL NUMERO DE MUESTRAS DE CADA SEÑAL MENOS UNA.

PARA PODER COMPARAR LA SEÑAL OBTENIDA, CON EL REGISTRO ORIGINAL, SE DEBE CONSIDERAR QUE LOS VALORES FINALES DE CADA UNO DE LOS EXTREMOS DE LA SEÑAL, REPRESENTAN VALORES DE FRONTERA LOS CUALES DEBEN DESECHARSE Y ASI COMPARAR UNA A UNA LAS MUESTRAS DEL REGISTRO.

PARA COMPROBAR LA EFICIENCIA DEL PROGRAMA SE COMPARA LA CORRELACION QUE EXISTIA ENTRE LOS REGISTROS ANTES DE APLICAR EL FILTRADO Y POSTERIOR A LA APLICACION DEL MISMO.

ES DE ESPERARSE QUE LA CORRELACION SEA MAYOR DESPUES DE APLICAR EL FILTRADO.

EN EL SIGUIENTE CAPITULO SE PRESENTA UNA APLICACION DEL PROGRAMA EPRED.

PROGRAMA COMP.

PARA EJECUTAR ESTE PROGRAMA SE DEBEN PROPORCIONAR LOS DATOS CORRESPONDIENTES A DOS REGISTROS. ESTO ES, SE RECOMIENDA DAR EN PRIMER TERMINO LOS VALORES CORRESPONDIENTES AL REGISTRO QUE PRESENTE, EN SU FORMA ORIGINAL, UNA MAYOR RESOLUCION; ESTE REGISTRO SE IDENTIFICARA COMO R1.

AL TERMINAR DE DAR ESTOS VALORES, SE PROCEDE A PROPORCIONAR LOS CORRESPONDIENTES AL REGISTRO QUE SE PRETENDE AUMENTAR SU RESOLUCION; ESTE REGISTRO SE IDENTIFICARA COMO R2.

LA APLICACION DE LA TRANSFORMADA DE FOURIER Y EL CALCULO DE CADA UNO DE LOS ESPECTROS DE AMPLITUD SE REALIZA EN FORMA SIMILAR A LO HECHO EN EL PROGRAMA EPRED.

PARA SUAVIZAR LOS ESPECTROS SE PUEDEN UTILIZAR LOS DOS METODOS YA MENCIONADOS EN EL PROGRAMA EPRED, CON LO CUAL SE PUEDEN OBTENER LAS SIGUIENTES COMBINACIONES:

R1 SUAVIZADO POR PROMEDIACION Y R2 SUAVIZADO POR PROMEDIACION
R1 SUAVIZADO POR PROMEDIACION Y R2 SUAVIZADO A MANO
R1 SUAVIZADO A MANO Y R2 SUAVIZADO POR PROMEDIACION
R1 SUAVIZADO A MANO Y R2 SUAVIZADO A MANO

CON LA OPCION QUE SE ELIJA SE PROCEDE A NORMALIZAR AL REGISTRO R1 CON RESPECTO AL REGISTRO R2. ESTO DA UN OPERADOR EN EL DOMINIO - DE LA FRECUENCIA AL CUAL SE LE APLICA LA TRANSFORMADA INVERSA DE FOURIER OBTENIENDOSE POR RESULTADO EL FILTRO DESEADO EN EL DOMI-- NIO DEL TIEMPO.

ES IMPORTANTE MENCIONAR, QUE COMO EN EL CASO DEL PROGRAMA EPRED, AL OBTENER EL OPERADOR EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA, SE DEBE -- DOBLAR SU SEÑAL PARA OBTENER EL NUMERO DE MUESTRAS ORIGINAL.

CON EL FILTRO OBTENIDO SE PROCEDE A ELABORAR UNA CONVOLUCION - -- ENTRE DICHO FILTRO Y LOS VALORES ORIGINALES DEL REGISTRO R2.

COMO EN EL CASO DEL PROGRAMA EPRED DEBEN DESECHARSE LOS VALORES - DE FRONTERA DE LA CONVOLUCION; HECHO ESTO SE PUEDE EFECTUAR UNA - CORRELACION ENTRE EL REGISTRO R2 FILTRADO Y EL REGISTRO R1 ORIGI- NAL, DEBIENDOSE OBTENER UNA MEJOR CORRELACION ENTRE ELLOS.

UNA APLICACION DE LO ANTERIOR SE PRESENTA EN EL CAPITULO SIGUIEN- TE.

A P E N D I C E

A. P R O G R A M A E P R E D

B. P R O G R A M A C O M P

```
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C     PROGRAMA EPRED
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C     PROGRAMA PARA CALCULAR LA SE AL DEL TERRENO
      DIMENSION CX(100),RR(100),A(100),B(100),RXV(100),ENORI(100)
      DIMENSION E(100),ESS(100),ESP(100),ENOR(100),RX(100),ES(100)
      COMPLEX CX,CARG,CEXP,CW,CTEMP,ENOR
      CALL OPSYS('ALLOC','RE2',5)
      CALL OPSYS('ALLOC','RMHM2',6)
C
C
C      ENTRADA DE LOS DATOS
C
C
C
C      LX NUMERO DE MUESTRAS DEL REGISTRO
C      CX VALOR DE LAS MUESTRAS DEL REGISTRO
C
C
   40 WRITE(6,50)
   50 FORMAT('NUMERO DE MUESTRAS DEL REGISTRO:')
      READ(5,*)LX
      WRITE(6,*)LX
      I=0
      IF(LX.EQ.I)GOTO 650
      WRITE(6,60)
   60 FORMAT('DAME LOS VALORES DE CX')
      DO 70 I=1,LX
      READ(5,*)CX(I)
      WRITE(6,*)I,CX(I)
   70 CONTINUE
      CALL OPSYS('FREE',5)
C
C
C
```

```
      MX=LX
      DO 80 I=1,MX
      RX(I)=REAL(CX(I))
   80 CONTINUE
C
C
C      REALIZA LA TRANSFORMADA DE FOURIER DEL REGISTRO
C
C
C
      CALL FORK(LX,CX,SQRT(1.0/LX),-1)
C
C
C      IMPRIME LOS RESULTADOS DE LA TRANSFORMADA
C
C
      WRITE(6,90)
   90 FORMAT('TRANSFORMADA DE FOURIER DEL REGISTRO')
      WRITE(6,100)
  100 FORMAT('PARTE REAL    PARTE IMAGINARIA')
      DO 110 I=1,LX
      WRITE(6,*)I,CX(I)
  110 CONTINUE
C
C      REALIZA EL CALCULO DEL ESPECTRO DE AMPLITUD
C
C
      WRITE(6,120)
  120 FORMAT('CALCULA EL ESPECTRO DE AMPLITUD')
C
      DO 130 I=1,LX
      A(I)=REAL (CX(I))
      B(I)=AIMAG (CX(I))
      E(I)=SQRT(A(I)**2+B(I)**2)
      WRITE(6,*)I,E(I)
  130 CONTINUE
C
C
C      SUAVIZA Y NORMALIZA EL ESPECTRO DE AMPLITUD
C
C
      LX=LX/2.+1.
      WRITE (6,140)
  140 FORMAT('SUAVIZA Y NORMALIZA EL ESPECTRO')
      WRITE(6,*)LX
C
C
      WRITE(6,150)
  150 FORMAT('FORMAS DE SUAVIZADO')
      WRITE(6,160)
  160 FORMAT('1. PROMEDIACION2. MANUAL')
C
      READ(5,*)S
      IF(S.EQ.1.)GOTO 170
      IF(S.EQ.2.)GOTO 240
C
  170 WRITE(6,180)
  180 FORMAT('PROMEDIACION')
      WRITE(6,190)
  190 FORMAT('NUMERO DE ITERACIONES DE LA PROMEDIACION')
```

```
      READ(5,*)N
      WRITE(6,*)N
      DO 200 J=1,N
      DO 210 I=2,LX
      IF(I.EQ.LX)GOTO 210
      ESS(I)=((E(I-1)+E(I)+E(I+1))/3.)/E(1)
  210 CONTINUE
      ESS(1)=E(1)/E(1)
      ESS(LX)=E(LX)/E(1)
      DO 220 I=1,LX
      E(I)=ESS(I)
  220 CONTINUE
  200 CONTINUE
      DO 230 I=1,LX
      WRITE(6,*)I,ESS(I)
  230 CONTINUE
      GOTO 310
C
C
  240 WRITE(6,250)
  250 FORMAT('MANUAL')
      WRITE(6,260)
  260 FORMAT('DAME LAS MUESTRAS SUAVIZADAS')
      DO 270 I=1,LX
      READ(5,*)ES(I)
  270 CONTINUE
      DO 280 I=1,LX
      ESS(I)=ES(I)/ES(1)
  280 CONTINUE
      DO 290 I=LX
      ES(I)=ESS(I)
  290 CONTINUE
      DO 300 I=1,LX
      WRITE(6,*)I,ESS(I)
  300 CONTINUE
C
C
C
C
C
  310 WRITE(6,320)
  320 FORMAT('ESPECTROS PREDETERMINADOS')
C
C
C     GENERA EL ESPECTRO PREDETERMINADO
C
C
C     TOMA EL NUMERO DE MUESTRAS DEL REGISTRO SUAVIZADO
C
C
      WRITE(6,330)
  330 FORMAT('ESPECTRO PREDETERMINADO')
      WRITE(6,340)
  340 FORMAT('1. HANNING:   2. HAMMING')
      READ(5,*)X
C
      IF(X.EQ.1.)GOTO 350
      IF(X.EQ.2.)GOTO 380
C
  350 WRITE(6,360)
```

```
  360 FORMAT('HANNING')
      DF=1./32.
      DO 370 I=1,LX
      J=I-1
      ESP(I)=(1.+COS((3.14159265*J*DF)/.6))/2.
      WRITE(6,*)I,ESP(I)
  370 CONTINUE
      GOTO 420
C
C
  380 WRITE(6,390)
  390 FORMAT('HAMMING')
      DO 400 I=1,LX
      J=I-1
      ESP(LX+1-I)=0.54-(0.46*COS((2*3.14159265*J)/(MX-1)))
  400 CONTINUE
      DO 410 I=1,LX
      WRITE(6,*)I,ESP(I)
  410 CONTINUE
C
C
  420 WRITE(6,430)
  430 FORMAT('NORMALIZA RESPECTO AL REG. PRED.')
C
C
C
C     NORMALIZA AL REGISTRO RESPECTO AL REGISTRO PREDETERMINADO')
C
C
C
C
      WRITE(6,440)
  440 FORMAT('OBTIENE LOS VALORES NORMALIZADOS RESPECTO AL REG. PRED.')
      DO 450 I=1,LX
      ENOR(I)=ESP(I)/ESS(I)
  450 CONTINUE
      LX=LX+1.
      DO 460 I=LX,MX
      ENOR(I)=ENOR(MX-I+2.)
  460 CONTINUE
      DO 470 I=1,MX
      WRITE(6,*)I,ENOR(I)
  470 CONTINUE
C
C
C
C     CALCULA LA TRANSFORMADA INVERSA DE FOURIER
C
C
C
C     CALL FORK (MX,ENOR,SQRT(1.0/MX),1)
C
C
C
C     IMPRIME LOS RESULTADOS DE LA TRANSFORMADA
C
C
      WRITE(6,480)
  480 FORMAT('TRANSFORMADA INVERSA DE FOURIER')
      WRITE(6,490)
  490 FORMAT('PARTE REAL    PARTE IMAGINARIA')
      DO 500 I=1,MX
      WRITE(6,*)I,ENOR(I)
```

```
  500 CONTINUE
C
C
C
C       REALIZA LA CONVOLUCION ENTRE EL ESPECTRO ORIGINAL Y EL FILTRO
C
C
C
C
C       HACE LA CONVOLUCION EN EL TIEMPO PARA COMPROBAR LOS RESULTADOS
C
C
      WRITE(6,510)
  510 FORMAT('DAME EL NUMERO DE ELEMENTOS DE CADA ARREGLO')
      WRITE(6,*)MX,MX
      WRITE(6,520)
  520 FORMAT('CONVOLUCION RR=RX*ENOR')
      WRITE(6,530)
  530 FORMAT('VALORES DE LA SE AL')
      DO 540 I=1,MX
      WRITE(6,*)I,RX(I)
  540 CONTINUE
      WRITE(6,550)
  550 FORMAT('VALORES DEL FILTRO')
      LX=MX/2.
      DO 600 I=1,LX
      ENORI(I)=ENOR(LX+I)
  600 CONTINUE
      LX=MX/2.+1.
      DO 610 I=LX,MX
      ENORI(I)=ENOR(I-LX+1)
  610 CONTINUE
      DO 620 I=1,MX
      WRITE(6,*)I,ENORI(I)
  620 CONTINUE
      KM=MX+MX-1
      WRITE(6,630)
  630 FORMAT('FUNCION CONVOLUCIONADA')
      DO 640 K=1,KM
      SU=0
      DO 650 J=1,K
      I=K-J+1
      HU=RX(I)*ENORI(J)
      SU=SU+HU
  650 CONTINUE
      RR(K)=SU
      WRITE(6,*)K,RR(K)
  640 CONTINUE
C
C
C
C
C
      GO TO 40
  650 STOP
      END
C
C
C
C
C
```

```
C     ESPACIO PARA SUBRUTINAS
C
C
C
C
C
C
      SUBROUTINE FORK(LX,CX,SCALE,NSIGNO)
C     TRANSFORMADA RAPIDA DE FOURIER
C     CL(X)
C     CX(K)=SCALE*SUM(CX(J)*EXP(2*PI*SIGHI*I*(J-1)*(K-1)/LX))
C                J=1                         FOR K=1,2,...(LX=2**INTEGER)
C     NSIGNO
C        -1    TRANSFORMADA DIRECTA
C         1    TRANSFORMADA INVERSA
C     SCALE:  PUEDE TOMAR LOS SIGUIENTES VALORES
C     SI NSIGNO:      -1                          1
C                     1.0                         1.0/LX
C                  SQRT(1.0/LX)                 SQRT(1.0/LX)
C            INTER. DE TIEMPO (DELTA T)     INTER. DE FREC. (DELTA F)
C     NOTA: EL ARREGLO DE ENTRADA CX(LX) SE DESTRUYE
      COMPLEX CX(LX),CARG,CEXP,CW,CTEMP
      J=1
      SC=SCALE
      DO 30 I=1,LX
      IF(I.GT.J)GOTO 10
      CTEMP=CX(J)*SC
      CX(J)=CX(I)*SC
      CX(I)=CTEMP
   10 M=LX/2
   20 IF(J.LE.M)GOTO 30
      J=J-M
      M=M/2
      IF(M.GE.1)GOTO 20
   30 J=J+M
      L=1
   40 ISTEP=2*L
      DO 50 M=1,L
      CARG=(0.,1.)*(3.14159365*NSIGNO*(M-1))/L
      CW=CEXP(CARG)
      DO 50 I=M,LX,ISTEP
      CTEMP=CW*CX(I+L)
      CX(I+L)=CX(I)-CTEMP
   50 CX(I)=CX(I)+CTEMP
      L=ISTEP
      IF(L.LT.LX)GOTO 40
      RETURN
      END
C
```

------ JES2 JOB STATISTICS ------

828 CARDS READ

```
C
C
C
C
C
C
C
C                    PROGRAMA COMP
C
C
C
C
C
C
C
C
      DIMENSION R1X(100),R2X(100),AR1(100),BR1(100),AR2(100),BR2(100)
      DIMENSION ER1(100),ER2(100),ESR1(100),ESR2(100),ENOR(100),CON(100)
      DIMENSION ENORI(100),RR(100),RR2X(100),ESR(100),ESS(100)
      COMPLEX R1X,R2X,CARG,CEXP,CW,CTEMP,ENOR
      CALL OPSYS('ALLOC','ARR1',5)
      CALL OPSYS('ALLOC','RARR1',6)
C
C
C      ENTRADA DE LOS DATOS
C      LX NUMERO DE MUESTRAS DEL REGISTRO R1
C      MX NUMERO DE MUESTRAS DEL REGISTRO R2
C
C      R1X VALOR DE LAS MUESTRAS DEL REGISTRO R1
C      R2X VALOR DE LAS MUESTRAS DEL REGISTRO R2
C
   40 WRITE(6,50)
   50 FORMAT('NUMERO DE MUESTRAS DEL REGISTRO:')
      READ(5,*)LX
      WRITE(6,*)LX
      LS=LX
      I=0
      IF(LX.EQ.I)GOTO 730
      WRITE(6,60)
   60 FORMAT('DAME LOS VALORES DE R1X')
      DO 70 I=1,LX
      READ(5,*)R1X(I)
      WRITE(6,*)I,R1X(I)
   70 CONTINUE
      READ(5,*)MX
      WRITE(6,*)MX
      WRITE(6,80)
   80 FORMAT('DAME LOS VALORES DE R2X')
      DO 90 I=1,MX
      READ(5,*)R2X(I)
      WRITE(6,*)I,R2X(I)
   90 CONTINUE
      CALL OPSYS('FREE',5)
C
C
C
      DO 100 I=1,MX
      RR2X(I)=REAL(R2X(I))
  100 CONTINUE
C
```

```
C
C      REALIZA LA TRANSFORMADA DE FOURIER DEL REGISTRO R1
C
C
C
     CALL FORK(LX,R1X,SQRT(1.0/LX),-1)
C
C
C      IMPRIME LOS RESULTADOS DE LA TRANSFORMADA
C
C
     WRITE(6,110)
 110 FORMAT('TRANSFORMADA DE FOURIER DEL REGISTRO')
     WRITE(6,120)
 120 FORMAT('PARTE REAL    PARTE IMAGINARIA')
     DO 130 I=1,LX
     WRITE(6,*)I,R1X(I)
 130 CONTINUE
C
C
C      REALIZA LA TRANSFORMADA DE FOURIER DEL REGISTRO R2
C
C
C
     CALL FORK(MX,R2X,SQRT(1.0/MX),-1)
C
C
C      IMPRIME LOS RESULTADOS DE LA TRANSFORMADA
C
C
     WRITE(6,140)
 140 FORMAT('TRANSFORMADA DE FOURIER DEL REGISTRO')
     WRITE(6,150)
 150 FORMAT('PARTE REAL    PARTE IMAGINARIA')
     DO 160 I=1,MX
     WRITE(6,*)I,R2X(I)
 160 CONTINUE
C
C      REALIZA EL CALCULO DEL ESPECTRO DE AMPLITUD REG. R1
C
C
     WRITE(6,170)
 170 FORMAT('CALCULA EL ESPECTRO DE AMPLITUD REG. R1')
C
     DO 180 I=1,LX
     AR1(I)=REAL (R1X(I))
     BR1(I)=AIMAG (R1X(I))
     ER1(I)=SQRT(AR1(I)**2+BR1(I)**2)
     WRITE(6,*)I,ER1(I)
 180 CONTINUE
C
C      REALIZA EL CALCULO DEL ESPECTRO DE AMPLITUD REG. R2
C
C
     WRITE(6,190)
 190 FORMAT('CALCULA EL ESPECTRO DE AMPLITUD')
C
     DO 200 I=1,MX
     AR2(I)=REAL (R2X(I))
     BR2(I)=AIMAG (R2X(I))
```

```
      ER2(I)=SQRT(AR2(I)**2+BR2(I)**2)
      WRITE(6,*)I,ER2(I)
  200 CONTINUE
C
C
C      SUAVIZA Y NORMALIZA EL ESPECTRO DE AMPLITUD REG. R1
C
C
      LX=LX/2.+1.
      WRITE (6,210)
  210 FORMAT('SUAVIZA Y NORMALIZA EL ESPECTRO REG. R1')
      WRITE(6,*)LX
C
C
      WRITE(6,220)
  220 FORMAT('FORMAS DE SUAVIZADO')
      WRITE(6,230)
  230 FORMAT('1. PROMEDIACION2. MANUAL')
C
      READ(5,*)S
      IF(S.EQ.1.)GOTO 240
      IF(S.EQ.2.)GOTO 300
C
  240 WRITE(6,250)
  250 FORMAT('PROMEDIACION')
      WRITE (6,255)
  255 FORMAT('NUMERO DE ITERACIONES DE LA PROMEDIACION')
      READ(5,*)N
      WRITE(6,*)N
      DO 260 J=1,N
      DO 270 I=2,LX
      IF(I.EQ.LX)GOTO 270
      ESR1(I)=((ER1(I-1)+ER1(I)+ER1(I+1))/3.)/ER1(1)
  270 CONTINUE
      ESR1(1)=ER1(1)/ER1(1)
      ESR1(LX)=ER1(LX)/ER1(1)
      DO 280 I=1,LX
      ER1(I)=ESR1(I)
  280 CONTINUE
  260 CONTINUE
      DO 290 I=1,LX
      WRITE(6,*)I,ESR1(I)
  290 CONTINUE
      GOTO 370
C
C
  300 WRITE(6,310)
  310 FORMAT('MANUAL')
      WRITE(6,320)
  320 FORMAT('DAME LAS MUESTRAS SUAVIZADAS')
      DO 330 I=1,LX
      READ(5,*)ESR(I)
  330 CONTINUE
      DO 340 I=1,LX
      ESR1(I)=ESR(I)/ESR(1)
  340 CONTINUE
      DO 350 I=1,LX
      ESR(I)=ESR1(I)
  350 CONTINUE
      DO 360 I=1,LX
```

```
      WRITE(6,*)I,ESR1(I)
  360 CONTINUE
C
C
C      SUAVIZA Y NORMALIZA EL ESPECTRO DE AMPLITUD REG. R2
C
C
  370 MX=MX/2.+1.
      WRITE (6,380)
  380 FORMAT('SUAVIZA Y NORMALIZA EL ESPECTRO  REG. R2')
      WRITE(6,*)MX
C
C
      WRITE(6,390)
  390 FORMAT('FORMAS DE SUAVIZADO')
      WRITE(6,400)
  400 FORMAT('1. PROMEDIACION2. MANUAL')
C
      READ(5,*)S
      IF(S.EQ.1.)GOTO 410
      IF(S.EQ.2.)GOTO 470
C
  410 WRITE(6,420)
  420 FORMAT('PROMEDIACION')
      WRITE(6,425)
  425 FORMAT('NUMERO DE ITERACIONES DE LA PROMEDIACION')
      READ(5,*)N
      WRITE(6,*)N
      DO 430 J=1,N
      DO 440 I=2,MX
      IF(I.EQ.MX)GOTO 440
      ESR2(I)=((ER2(I-1)+ER2(I)+ER2(I+1))/3.)/ER2(1)
  440 CONTINUE
      ESR2(1)=ER2(1)/ER2(1)
      ESR2(MX)=ER2(MX)/ER2(1)
      DO 450 I=1,MX
      ER2(I)=ESR2(I)
  450 CONTINUE
  430 CONTINUE
      DO 460 I=1,MX
      WRITE(6,*)I,ESR2(I)
  460 CONTINUE
      GOTO 535
C
C
  470 WRITE(6,480)
  480 FORMAT('MANUAL')
      WRITE(6,490)
  490 FORMAT('DAME LAS MUESTRAS SUAVIZADAS')
      DO 500 I=1,MX
      READ(5,*)ESS(I)
  500 CONTINUE
      DO 510 I=1,MX
      ESR2(I)=ESS(I)/ESS(1)
  510 CONTINUE
      DO 520 I=1,MX
      ESS(I)=ESR2(I)
  520 CONTINUE
      DO 530 I=1,MX
      WRITE(6,*)I,ESR2(I)
```

```
  530 CONTINUE
C
C
C
C
  535 WRITE(6,540)
  540 FORMAT('NORMALIZA R1/R2')
C
C
C
C     NORMALIZA R1/R2
C
C
      LX=LS/2.+1
      WRITE(6,550)
  550 FORMAT('OBTIENE LOS VALORES NORMALIZADOS ')
      DO 560 I=1,LX
      ENOR(I)=ESR1(I)/ESR2(I)
  560 CONTINUE
      LX=LX+1.
      DO 570 I=LX,LS
      ENOR(I)=ENOR(LS-I+2.)
  570 CONTINUE
      DO 580 I=1,LS
      WRITE(6,*)I,ENOR(I)
  580 CONTINUE
C
C
C
C     CALCULA LA TRANSFORMADA INVERSA DE FOURIER
C
C
C     CALL FORK (LS,ENOR,SQRT(1.0/LS),1)
C
C
C
C     IMPRIME LOS RESULTADOS DE LA TRANSFORMADA
C
C
      WRITE(6,590)
  590 FORMAT('TRANSFORMADA INVERSA DE FOURIER')
      WRITE(6,600)
  600 FORMAT('PARTE REAL    PARTE IMAGINARIA')
      DO 610 I=1,LS
      WRITE(6,*)I,ENOR(I)
  610 CONTINUE
C
C
C
C     REALIZA LA CONVOLUCION ENTRE EL ESPECTRO ORIGINAL Y EL FILTRO
C
C
C
C     HACE LA CONVOLUCION EN EL TIEMPO PARA COMPROBAR LOS RESULTADOS
C
C
      WRITE(6,620)
  620 FORMAT('DAME EL NUMERO DE ELEMENTOS DE CADA ARREGLO')
      WRITE(6,*)LS,LS
      WRITE(6,630)
  630 FORMAT('CONVOLUCION RR=RX*ENOR')
```

```
      WRITE(6,640)
  640 FORMAT('VALORES DE LA SE AL')
      DO 650 I=1,LS
      WRITE(6,*)I,RR2X(I)
  650 CONTINUE
      WRITE(6,660)
  660 FORMAT('VALORES DEL FILTRO')
      LX=LS/2.
      DO 670 I=1,LX
      ENORI(I)=ENOR(LX+I)
  670 CONTINUE
      LX=LS/2.+1.
      DO 680 I=LX,LS
      ENORI(I)=ENOR(I-LX+1)
  680 CONTINUE
      DO 690 I=1,LS
      WRITE(6,*)I,ENORI(I)
  690 CONTINUE
      KM=LS+LS-1
      WRITE(6,700)
  700 FORMAT('FUNCION CONVOLUCIONADA')
      DO 710 K=1,KM
      SU=0
      DO 720 J=1,K
      I=K-J+1
      HU=RR2X(I)*ENORI(J)
      SU=SU+HU
  720 CONTINUE
      RR(K)=SU
      WRITE(6,*)K,RR(K)
  710 CONTINUE
C
C
C
C
C
      GO TO 40
  730 STOP
      END
C
C
C
C
C
C
C     ESPACIO PARA SUBRUTINAS
C
C
C
C
C
      SUBROUTINE FORK(LX,CX,SCALE,NSIGNO)
C     TRANSFORMADA RAPIDA DE FOURIER
C     CL(X)
C     CX(K)=SCALE*SUM(CX(J)*EXP(2*PI*SIGNI*I*(J-1)*(K-1)/LX))
C                J=1                   FOR K=1,2,...(LX=2**INTEGER)
C     NSIGNO
C        -1     TRANSFORMADA DIRECTA
C         1     TRANSFORMADA INVERSA
C     SCALE:  PUEDE TOMAR LOS SIGUIENTES VALORES
C     SI NSIGNO:        -1                             1
```

```
C                       1.0                            1.0/LX
C                  SQRT(1.0/LX)                   SQRT(1.0/LX)
C            INTER. DE TIEMPO (DELTA T)     INTER. DE FREC. (DELTA F)
C     NOTA: EL ARREGLO DE ENTRADA CX(LX) SE DESTRUYE
      COMPLEX CX(LX),CARG,CEXP,CW,CTEMP
      J=1
      SC=SCALE
      DO 30 I=1,LX
      IF(I.GT.J)GOTO 10
      CTEMP=CX(J)*SC
      CX(J)=CX(I)*SC
      CX(I)=CTEMP
   10 M=LX/2
   20 IF(J.LE.M)GOTO 30
      J=J-M
      M=M/2
      IF(M.GE.1)GOTO 20
   30 J=J+M
      L=1
   40 ISTEP=2*L
      DO 50 M=1,L
      CARG=(0.,1.)*(3.14159365*NSIGNO*(M-1))/L
      CW=CEXP(CARG)
      DO 50 I=M,LX,ISTEP
      CTEMP=CW*CX(I+L)
      CX(I+L)=CX(I)-CTEMP
   50 CX(I)=CX(I)+CTEMP
      L=ISTEP
      IF(L.LT.LX)GOTO 40
      RETURN
      END
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
```

C A P I T U L O I V

A P L I C A C I O N E S

A P L I C A C I O N E S

LA TEORIA DEL FILTRADO DE SEÑALES PRESENTA POR SI MISMA UNA AMPLIA VARIEDAD DE APLICACIONES EN DISTINTOS CAMPOS DEL CONTEXTO MATEMA-- TICO DEL ANALISIS DE SEÑALES.

EN EL CASO PARTICULAR DE SU RELACION CON LOS REGISTROS GEOFISICOS DE POZOS, EL PRESENTE TRABAJO MUESTRA EL BENEFICIO QUE SE OBTIENE AL HACER LAS DISTINTAS CURVAS REGISTRADAS MAS COMPATIBLES ENTRE SI

ESTO NO SIGNIFICA QUE SE AUMENTE INFORMACION A LA SEÑAL REGISTRADA SINO QUE UNICAMENTE SE BUSCA REALIZAR O ENFATIZAR LOS RASGOS DE LA SEÑAL ORIGINAL, CON ESTO LA IDENTIFICACION DE LAS CAPAS DELGADAS - ES MAS SENCILLA Y FACILITA TAMBIEN, LA CORRELACION MANUAL ENTRE -- LOS DISTINTOS REGISTROS.

A CONTINUACION SE PRESENTAN LAS CARACTERISTICAS DE LOS REGISTROS - ANALIZADOS PARA CADA UNO DE LOS PROGRAMAS PRESENTADOS.

PARA LA APLICACION DEL PROGRAMA EPRED SE ESCOGIERON TRES REGISTROS DE UN MISMO CAMPO, LOS CUALES PRESENTAN LAS SIGUIENTES CARACTERIS- TICAS:

PROFUNDIDAD	2075 A 2107 MTS
INTERV. DE MUESTREO	1 MT

ES NECESARIO ACLARAR QUE EL ANALISIS DESARROLLADO TOMA COMO BASE - PRINCIPAL LA FORMA DE LA CURVA Y DEJA DE LADO INDICADORES TALES -- COMO LA PROFUNDIDAD DE PENETRACION DE CADA UNA DE LAS HERRAMIENTAS.

EN LA FIG. 4 SE PRESENTAN LOS TRES REGISTROS ORIGINALES ANALIZADOS DONDE LA PRIMERA CURVA CORRESPONDE A LA SEÑAL DE UN REGISTRO DE -- RESISTIVIDAD DEL CUAL SE TOMARON LOS VALORES DE LA NORMAL CORTA -- AMPLIFICADA; EL SEGUNDO REGISTRO CONSIDERA LOS VALORES RELATIVOS -

FORMA DE LA CURVA.

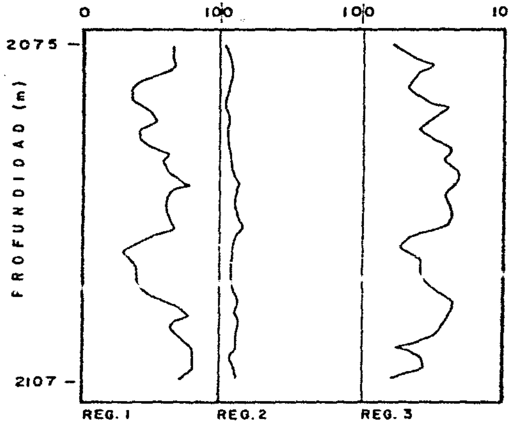


FIG. 4 REGISTROS ORIGINALES.

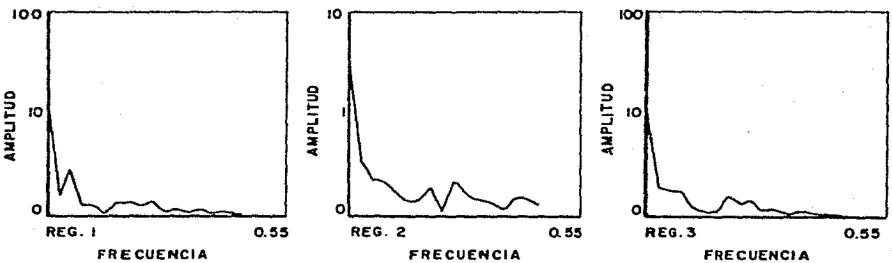


FIG. 5 ESPECTROS DE AMPLITUD.

TAMBIEN A UN REGISTRO DE RESISTIVIDAD TOMANDO EN ESTE CASO LOS VALORES CORRESPONDIENTES A LA NORMAL LARGA Y LA TERCERA CURVA CORRESPONDE A LA SEÑAL DE UN REGISTRO DE CONDUCTIVIDAD.

LA PRIMERA OBSERVACION QUE SE HACE ACERCA DE ESTOS REGISTROS, ES QUE EL REGISTRO NUMERO DOS PRESENTA UNA RESOLUCION MENOR QUE LOS OTROS DOS REGISTROS; DEBIDO A ESTO SE CONSIDERO CONVENIENTE APLICAR EL FILTRADO PROPUESTO PARA OBTENER UNA MAYOR COMPATIBILIDAD ENTRE LAS TRES CURVAS.

COMO PRIMER PASO SE PROCEDIO A OBTENER LOS ESPECTROS DE AMPLITUD DE LOS TRES REGISTROS (FIG. 5) POSTERIORMENTE SE REALIZO EL SUAVIZADO DE CADA UNO DE ELLOS POR LOS METODOS YA DESCRITOS (FIG.6) ESTOS ESPECTROS SUAVIZADOS SE NORMALIZARON RESPECTO A LOS ESPECTROS PREDETERMINADOS PROPUESTOS; FUNCION HANNING Y FUNCION HAMMING. (FIG. 7) CON LO CUAL SE OBTUVIERON LOS FILTROS BUSCADOS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA (FIG. 8). COMO QUEDO ESTABLECIDO CON ANTERIORIDAD, A DICHOS FILTROS SE LES APLICA LA TRANSFORMADA INVERSA DE FOURIER CON LO CUAL SE OBTIENEN LOS OPERADORES EN EL DOMINIO DEL ESPACIO (FIG. 9) CONVOLUCIONANDO LAS CURVAS ORIGINALES CON SUS CORRESPONDIENTES OPERADORES SE OBTIENEN LAS CURVAS FILTRADAS O NORMALIZADAS LAS CUALES SE PRESENTAN EN LA (FIG. 10)

COMO PUEDE OBSERVARSE SE HAN SEGUIDO TRES CAMINOS DISTINTOS PARA LA APLICACION DE LA TECNICA DESCRITA; ESTOS TRES CAMINOS PRESENTAN LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS:

1) ESPECTRO DE AMPLITUD SUAVIZADO A MANO Y COMO ESPECTRO PREDETERMINADO UNA FUNCION HANNING.

2) ESPECTRO DE AMPLITUD SUAVIZADO POR EL METODO DE PROMEDIACION Y COMO ESPECTRO PREDETERMINADO UNA FUNCION HANNING.

3) ESPECTRO DE AMPLITUD SUAVIZADO POR EL METODO DE PROMEDIACION Y COMO ESPECTRO PREDETERMINADO UNA FUNCION HAMMING.

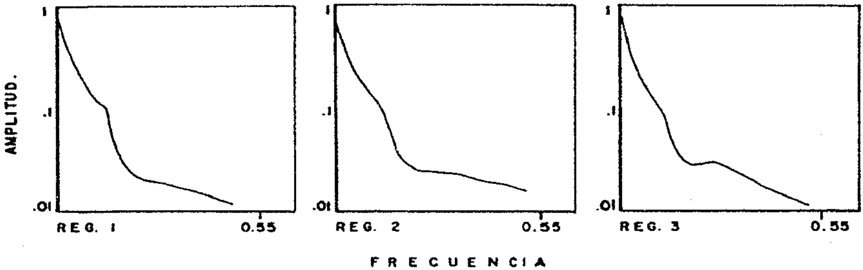


FIG. 6A ESPECTROS DE AMPLITUD SUAVIZADOS POR PROMEDIACION.

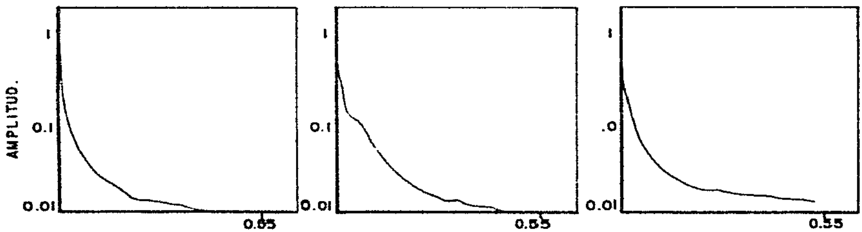


FIG. 6 B ESPECTROS DE AMPLITUD SUAVIZADOS MANUALMENTE.

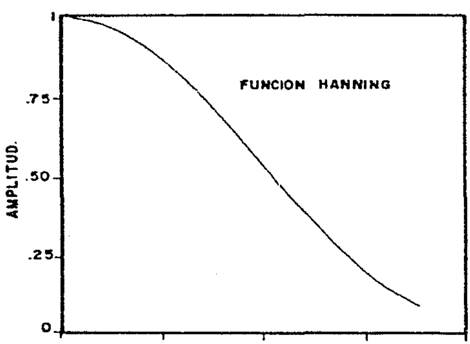


FIG. 7 A ESPECTRO PREDETERMINADO

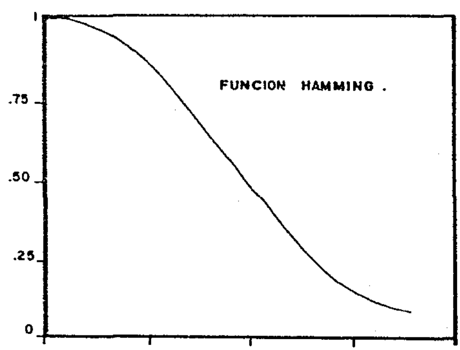


FIG. 7 B ESPECTRO PREDETERMINADO

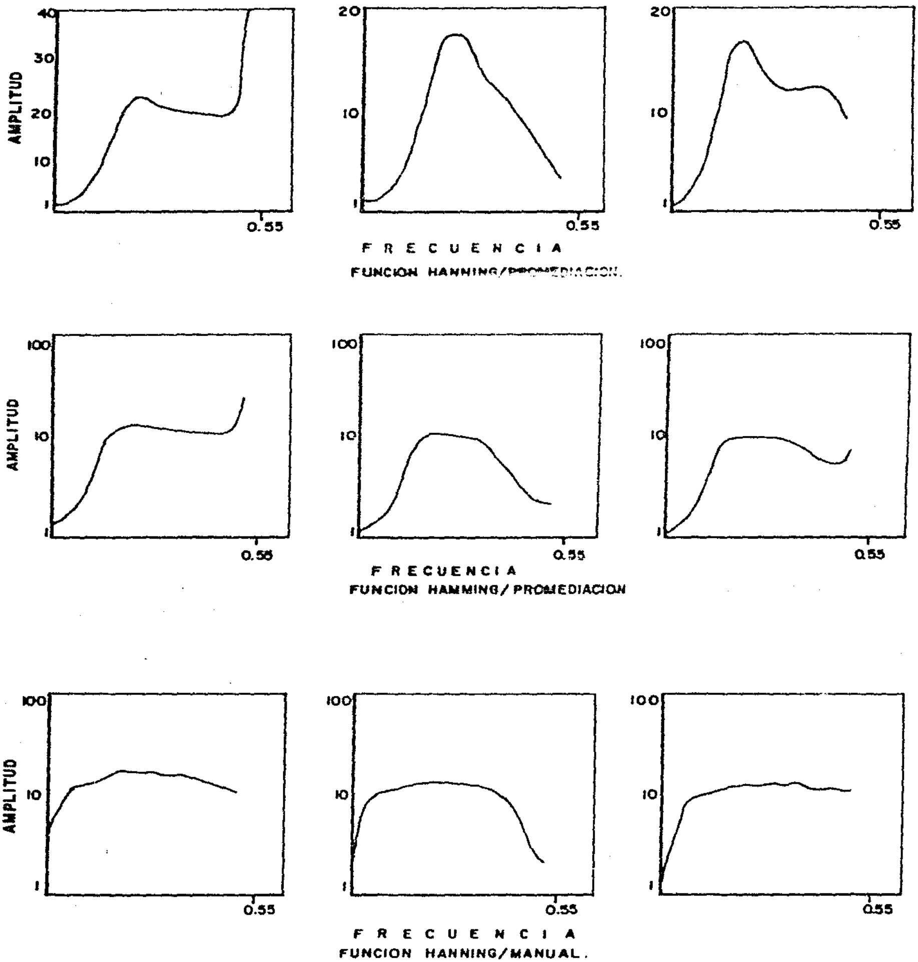


FIG. 8 OPERADORES NORMALIZADOS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA.

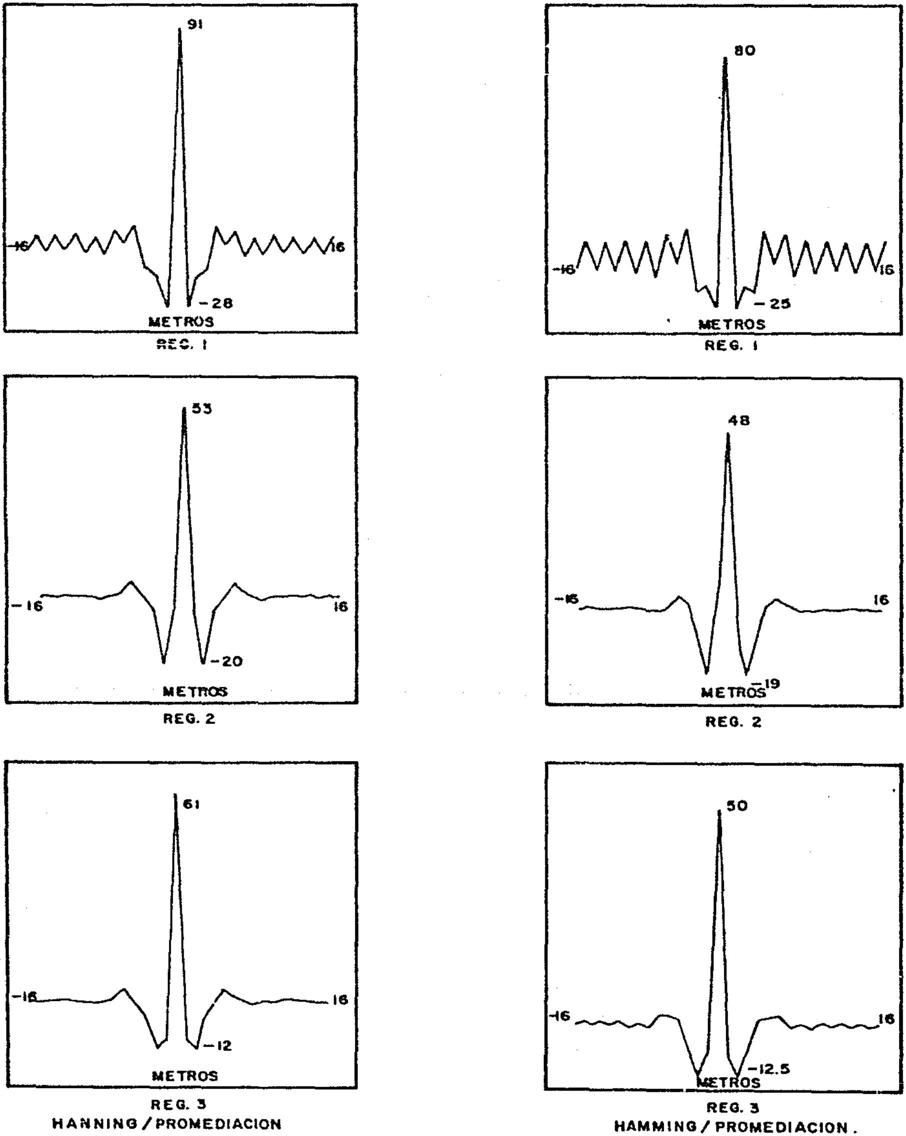


FIG. 9A FILTROS DOMINIO DEL ESPACIO.

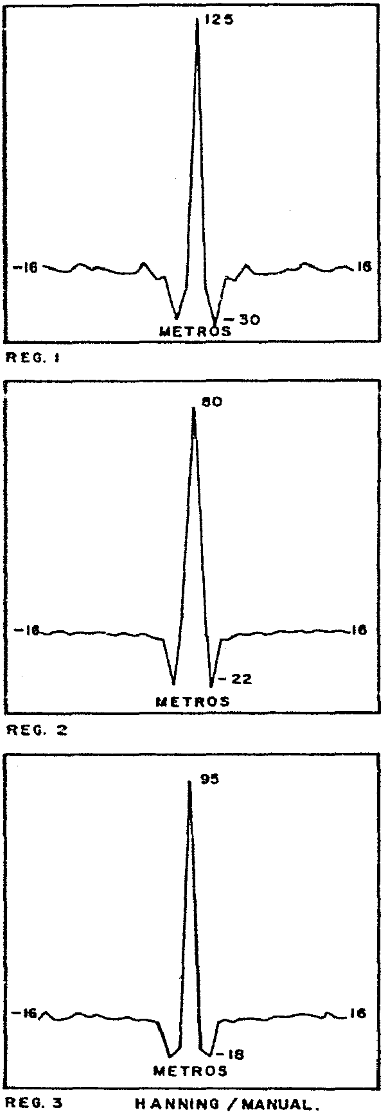


FIG. 9B FILTROS DOMINIO DEL ESPACIO .

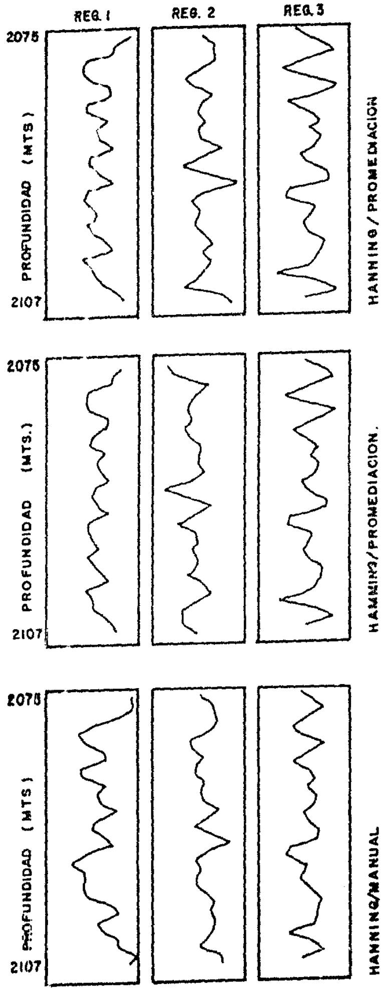


FIG. 10 REGISTROS CONVOLUCIONADOS.

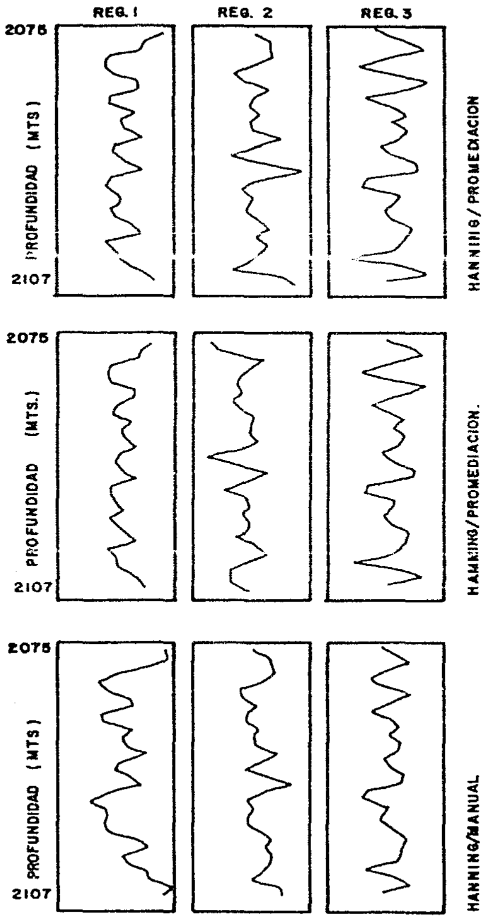


FIG. 10 REGISTROS CONVOLUCIONADOS.

AL OBSERVAR LAS CURVAS FILTRADAS POR CUALQUIERA DE ESTAS OPCIONES SE MUESTRA UN INCREMENTO CONSIDERABLE EN LA RESOLUCION DEL REGISTRO NO. DOS Y QUE, POR EL CONTRARIO, SE NOTA UNA LIGERA DISMINUCION EN LA RESOLUCION PRESENTADA POR LOS OTROS DOS REGISTROS.

EN EL SIGUIENTE CAPITULO SE ESTABLECERA CUAL DE LAS TRES OPCIONES PRESENTADAS OFRECE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA TECNICA DEL FILTRADO.

LA APLICACION DEL PROGRAMA COMP SE REALIZO SOBRE UN REGISTRO DE RAYOS GAMMA Y UN REGISTRO DE POTENCIAL NATURAL LOS CUALES FUERON CORRIDOS EN UN MISMO POZO EN FORMA SIMULTANEA, EN ESTE CASO EL INTERVALO DE MUESTREO FUE DE 2 FT (66 CM.) Y LAS MUESTRAS SE TOMARON A UNA PROFUNDIDAD DE 3700 A 3764 PIES.

EN LA FIG. 11 SE PRESENTAN LOS REGISTROS ORIGINALES LOS CUALES MUESTRAN EN FORMA INMEDIATA UNA DIFERENCIA CONSIDERABLE EN LA RESOLUCION DE SUS CURVAS. EL REGISTRO QUE PRESENTA LA MENOR RESOLUCION ES EL CORRESPONDIENTE A LA CURVA DEL SP Y SERA LA QUE SE UTILICE PARA NORMALIZAR A LA CURVA DEL REGISTRO RG.

COMO EN EL CASO DEL PROGRAMA EPRED SE OBTIENEN LOS ESPECTROS DE AMPLITUD DE LOS REGISTROS (FIG. 12) LOS CUALES SE SUAVIZAN CON LAS TECNICAS YA MENCIONADAS (FIG. 13) PARA POSTERIORMENTE EFECTUAR LA NORMALIZACION QUE PROPORCIONE EL FILTRO BUSCADO EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA (FIG. 14) AL TOMAR LA TRANSFORMADA INVERSA DE FOURIER DE ESTOS FILTROS SE OBTIENE EL OPERADOR DE FILTRADO, AHORA EN EL DOMINIO DEL ESPACIO, (FIG. 15) PARA OBTENER LA CURVA DEL SP FILTRADA O NORMALIZADA SE CONVOLUCIONA EL OPERADOR OBTENIDO, CON EL REGISTRO SP ORIGINAL, (FIG. 16).

LA UTILIZACION DE ESTA TECNICA MUESTRA TAMBIEN, UN INCREMENTO SUBSTANCIAL EN LA RESOLUCION DE LA CURVA DEL SP, CON LO CUAL SE ESTABLECE EN PRIMERA INSTANCIA, QUE TANTO EL PROGRAMA EPRED COMO EL PROGRAMA COMP CUMPLEN CON EL OBJETIVO DE ENFATIZAR LOS RASGOS

FORMA DE LA CURVA

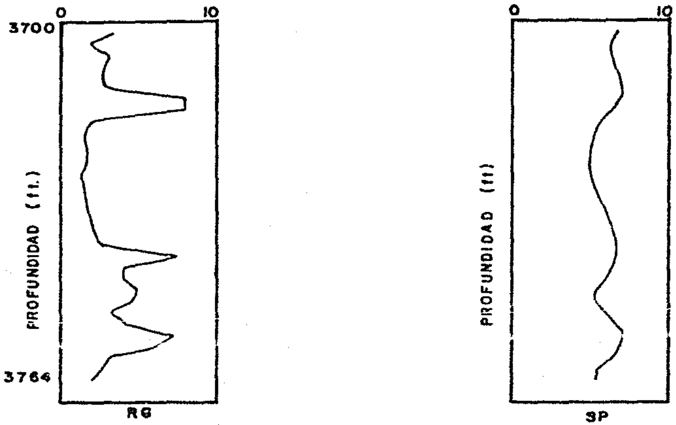


FIG. 11 REGISTROS ORIGINALES.

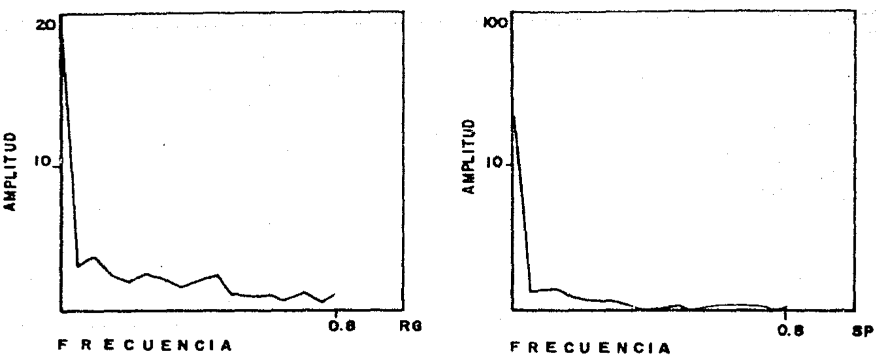


FIG. 12 ESPECTROS DE AMPLITUD.

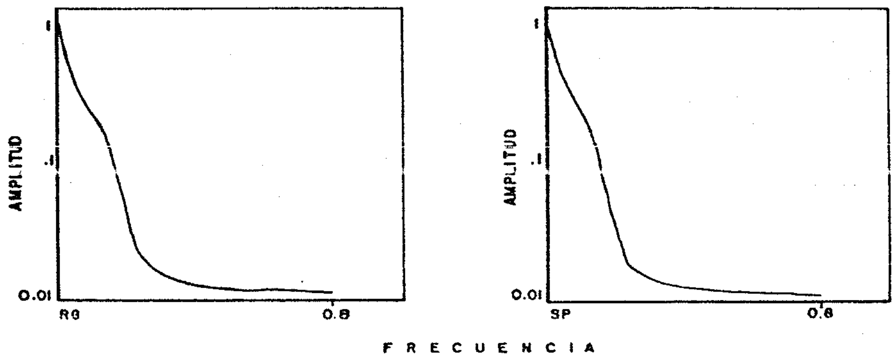


FIG. 13 a ESPECTROS DE AMPLITUD SUAVIZADOS POR EL METODO DE PROMEDIACION.

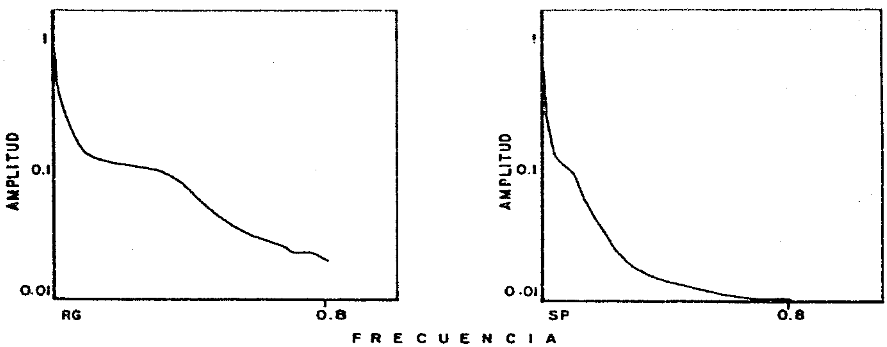
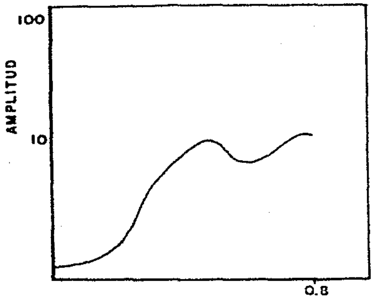


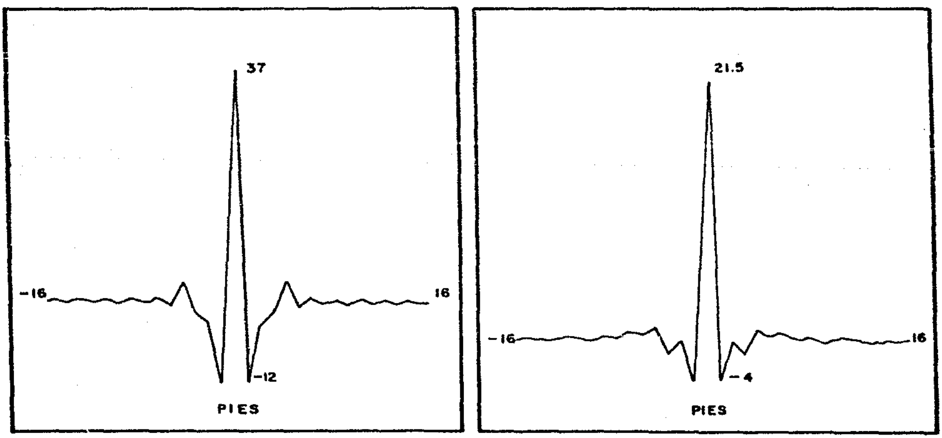
FIG. 13 ESPECTROS DE AMPLITUD SUAVIZADOS MANUALMENTE



FRECUENCIA

FIG. 14 A. NORMALIZADO RG/SP SUAVIZADO POR PROMEDIACION

FIG. 14 B NORMALIZADO RG/SP SUAVIZADO MANUAL.



RG/SP PROMEDIACION

RG/SP MANUAL

FIG. 15 FILTROS EN EL DOMINIO DEL ESPACIO.

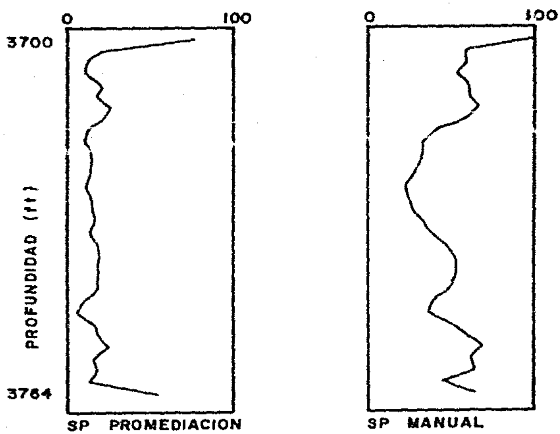


FIG.16 REGISTROS CONVOLUCIONADOS.

DE LAS SEÑALES REGISTRADAS SIN ADICIONAR O RESTAR EVENTOS A DICHAS CURVAS.

EN EL SIGUIENTE CAPITULO SE ESTABLECERA BAJO QUE PROCEDIMIENTO SE OBTIENEN MEJORES RESULTADOS, DESPUES DE APLICAR ESTE METODO, CON - LO CUAL SE PUEDA LOGRAR UNA MAYOR COMPATIBILIDAD ENTRE LAS CURVAS.

C A P I T U L O   V

C O N C L U S I O N E S   Y   R E C O M E N D A C I O N E S

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

EN EL CAPITULO ANTERIOR SE ANALIZARON TRES REGISTROS CORRESPONDIENTES A UN MISMO CAMPO, CON LOS CUALES SE OBSERVO EN PRIMER TERMINO, UN AUMENTO EN LA RESOLUCION PRESENTADA POR EL REGISTRO NO. DOS, -- ESTE AUMENTO DE RESOLUCION SE PRESENTO EN LOS TRES CASOS PROPUESTOS DE FILTRADO CON LO CUAL SE PUEDE ESTABLECER QUE LOS TRES FILTROS OBTENIDOS CUMPLEN CON ESTA IMPORTANTE CARACTERISTICA DE ENFATIZAR LOS RASGOS DE LA SEÑAL.

COMO SEGUNDA CARACTERISTICA IMPORTANTE, SE OBSERVA QUE EL METODO - QUE PRODUCE UNA MAYOR COMPATIBILIDAD ENTRE LAS CURVAS ES EL QUE SE OBTUVO POR MEDIO DEL USO DE LA FUNCION HANNING Y DEL METODO DE - - SUAVIZADO POR PROMEDIACION.

PARA EL CASO DEL PROGRAMA COMP, SE PUEDE DECIR QUE EL AUMENTO EN - LA RESOLUCION DE LA CURVA DEL SP ES TAMBIEN CONSIDERABLE CON LO -- CUAL SE CUMPLE LA PRIMERA INTENCION DEL METODO, Y EN LO RELATIVO - AL ANALISIS POSTERIOR DE LAS CURVAS, SE OBSERVA QUE LA OBTENIDA -- POR MEDIO DEL SUAVIZADO MANUAL ES MAS UTIL PARA LLEVAR A CABO UNA PRIMERA CORRELACION ENTRE LA CURVA ORIGINAL RG Y LA CURVA DEL SP - FILTRADA.

ESTOS RESULTADOS NO GENERALIZAN EL BENEFICIO DEL METODO PERO SI -- DEMUESTRAN LA UTILIDAD PRACTICA DEL MISMO.

EN LO CONCERNIENTE AL ESTUDIO AQUI PRESENTADO ES CONVENIENTE ESTABLECER QUE SE HA SEGUIDO UNA SECUENCIA YA DEFINIDA PARA LAS DIS- - TINTAS ETAPAS INVOLUCRADAS EN EL PROCESO Y QUE UNA APORTACION IM-- PORTANTE ES LA DE PRESENTAR EL USO DE LOS PROGRAMAS PARA COMPUTADORA ANALIZADOS, LOS CUALES TIENEN SU BASE EN EL DIAGRAMA DE FLUJO - ORIGINADO POR LAS DISTINTAS ETAPAS.

EL METODO UTILIZADO DEJA DE LADO ALGUNAS SITUACIONES TEORICAS QUE

NO SE ENCUENTRAN PLENAMENTE JUSTIFICADAS, COMO SERIA EL CASO DE - IGUALAR A CERO LA FASE AL MOMENTO DE OBTENER EL ESPECTRO DE AMPLI TUD DE CADA REGISTRO.

ESTA SITUACION LIMITA LA VALIDEZ TEORICA DEL METODO, AUNQUE POR - OTRA PARTE SE OBSERVA QUE EL SISTEMA PRESENTA UNA VALIDEZ PRACTI- CA MUY INTERESANTE.

OTRO PUNTO DEBIL TEORICAMENTE ES LA AUSENCIA DE UNA JUSTIFICACION DE PESO PARA EL EMPLEO DE LOS ESPECTROS PREDETERMINADOS, QUE PRO- PONE F. BRANISA EN SU ARTICULO. EN EL PRESENTE TRABAJO LA UTILI-- ZACION DE UNA FUNCION HAMMING SE BASA EN LA INTENCION DE DEMOS- - TRAR QUE NO ES RESTRICTIVO EL USO DE LA FUNCION HANNING PROPUESTA POR F. BRANISA SINO QUE PUEDE EXISTIR UNA AMPLIA VARIEDAD DE FUN- CIONES QUE PUEDAN OFRECER RESULTADOS SIMILARES A LOS OBTENIDOS -- CON LAS FUNCIONES YA MENCIONADAS.

EN ESTA OCASION SE LLEVO A CABO UNA COMPARACION ENTRE ESAS DOS -- FUNCIONES PERO EL AUTOR CONSIDERA DE INTERES PARA TRABAJOS POSTE- RIORES, LA COMPARACION DE OTRAS FUNCIONES QUE PUDIERAN SERVIR EN DISTINTAS SITUACIONES COMO ESPECTROS PREDETERMINADOS.

EN LO REFERENTE AL SUAVIZADO SE SABE QUE EXISTEN VARIAS OPCIONES PARA HACER EL AJUSTE DE LAS CURVAS, PERO SE CONSIDERO QUE LOS ME- TODOS YA SEA EL MANUAL O EL DE PROMEDIACION, SE PIERDE UNA MINIMA CANTIDAD DE INFORMACION Y LOS ESPECTROS RESULTANTES PRESENTAN EN FORMA MUY APROXIMADA LA CONTRIBUCION ORIGINAL DE LAS HERRAMIEN- - TAS.

OTRO ANTECEDENTE QUE NOS MUESTRA LA VALIDEZ DEL SUAVIZADO, SE --- ENCUENTRA EN EL ARTICULO DE E.A. NOSAL(1982) EN EL CUAL PRESENTA POR UNA PARTE UN ESPECTRO DE AMPLITUD SUAVIZADO CORRESPONDIENTE A UN REGISTRO SP Y POR OTRA PARTE LA CURVA OBTENIDA AL UTILIZAR UNA FORMULA QUE EL OBTUVO PARA DEFINIR LA CONTRIBUCION DE LAS HERRA-- MIENTAS. (FIG. 17)

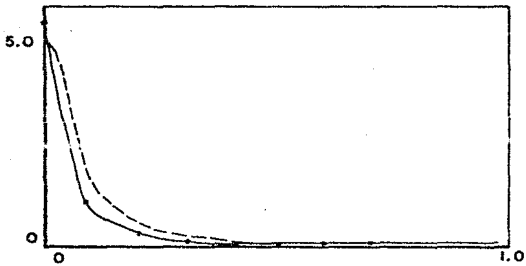


FIG. 17 LA LINEA CONTINUA PRESENTA EL ESPECTRO SUAVIZADO Y LA LINEA PUNTEADA LA FUNCION OBTENIDA POR MEDIO DE FORMULA.

LA CONSIDERACION DE UTILIZAR SOLAMENTE LA FORMA DE LA CURVA EN LOS REGISTROS ANALIZADOS, SE BASA EN LA CORRELACION LITOLOGICA EXISTENTE ENTRE ELLOS, SIENDO IMPORTANTE RECORDAR QUE LA INFORMACION AQUI PRESENTADA ES SOLO DE CARACTER CUALITATIVO.

EN CONCLUSION; EL LADO PRACTICO DEL ESTUDIO HA DEMOSTRADO QUE LA TECNICA, PUEDE APLICARSE Y QUE SUS RESULTADOS PUEDEN SER CONSIDERADOS COMO APOYOS CONFIABLES EN LA TOMA DE DECISIONES SOBRE LAS CARACTERISTICAS DE UNA ESTRUCTURA O DE UNA FORMACION, ESTO SIN LLEGAR A RECOMENDAR QUE UN ANALISIS DE ESTA NATURALEZA SE CONSIDERE COMO RESOLUTIVO POR SI MISMO.

B I B L I O G R A F I A

ARROYO, C.A.,1981; Teoría de señales y su aplicación en el análisis de registros geofísicos de pozos, Tesis Profesional Facultad de Ingeniería, UNAM.

BATH,M., 1974; Spectral analysis in geophysics, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam The Netherlands.

BRANISA, F., 1974; Filtering of well log curves, short note, - -- Geophysics, v. 39, pp. 545-549.

BRIGHAM, O.E., 1974; The fast fourier transform, prentice-hall -- Inc.

GABEL, R.A.; ROBERTS, R.A., 1975; Señales y sistemas lineales, -- Limusa, México.

GEORGE, C.F.; SMITH, H.W.; BOSTIK, F.X., 1964; Application of - - inverse filters to induction log analysis, Geophysics., v.29, - - pp. 93-104.

KANASEWICH, E.R.; 1973; Time Secuence Analysis in Geophysics. The University of Alberta prese, Canadá.

LINDSETH, R.O.; 1966; Application of signal theory to well log -- interpretation, Engineering data Processors, LTD. Calgary, Alberta, p.20.

NOSAL, E.A., 1982; Spontaneous potencial log response expressed - as convolution, Geophysics, v.47.

OPPENHEIM, A.V.; SCHAFER, R.W., 1975; Digital Signal Processing, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

ORLANDO, G.R. 1975; Registros de pozos, Parte I.

ROBINSON, E.A.; SILVIA, M.T., 1978; Digital Signal Processing and time series analysis, Holden-day, San Francisco.