

30 GERS
1981 - 2011
AÑOS



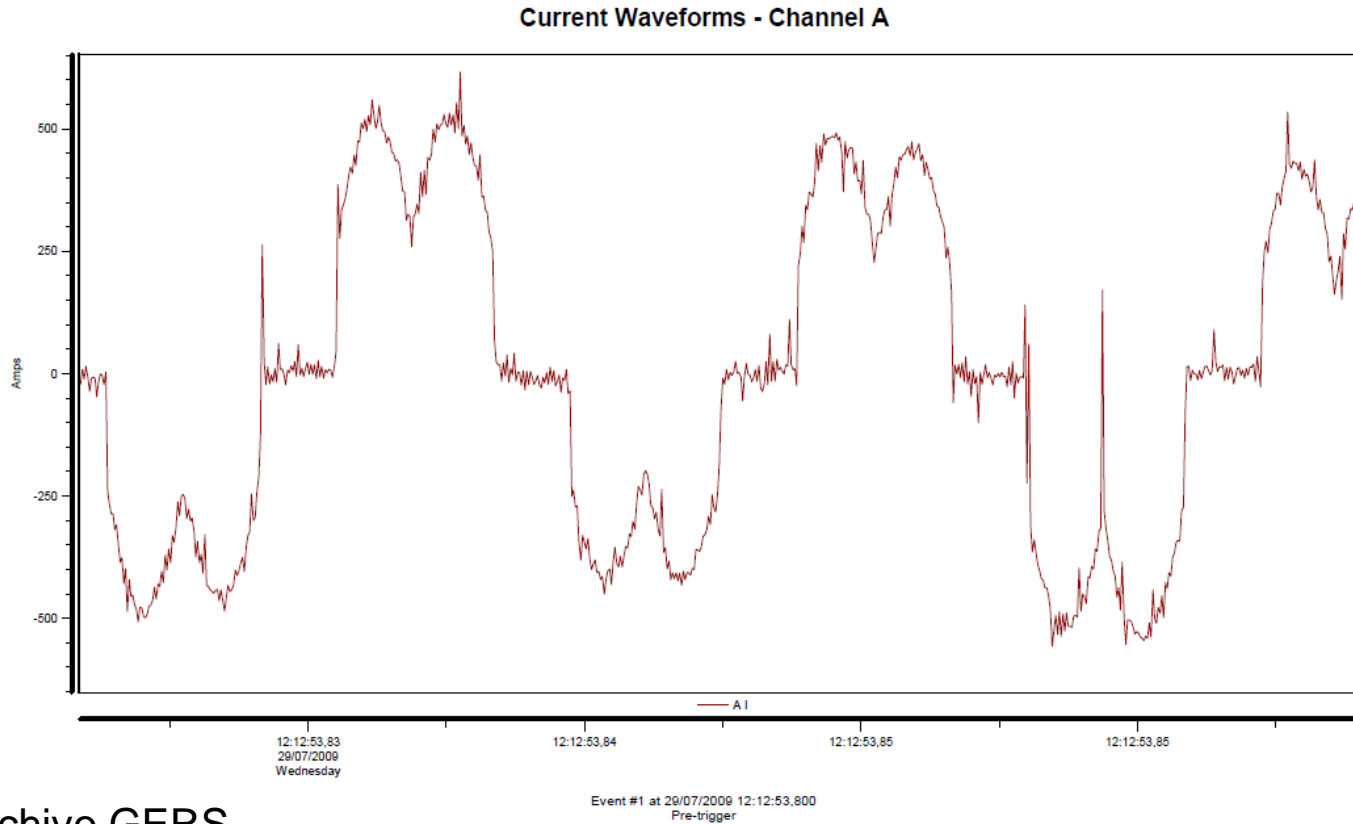
TÉCNICAS MODERNAS DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE LA DISTORSIÓN EN LA FORMA DE ONDA

andres insuasty i.

Cali, junio 23 de 2011



introducción

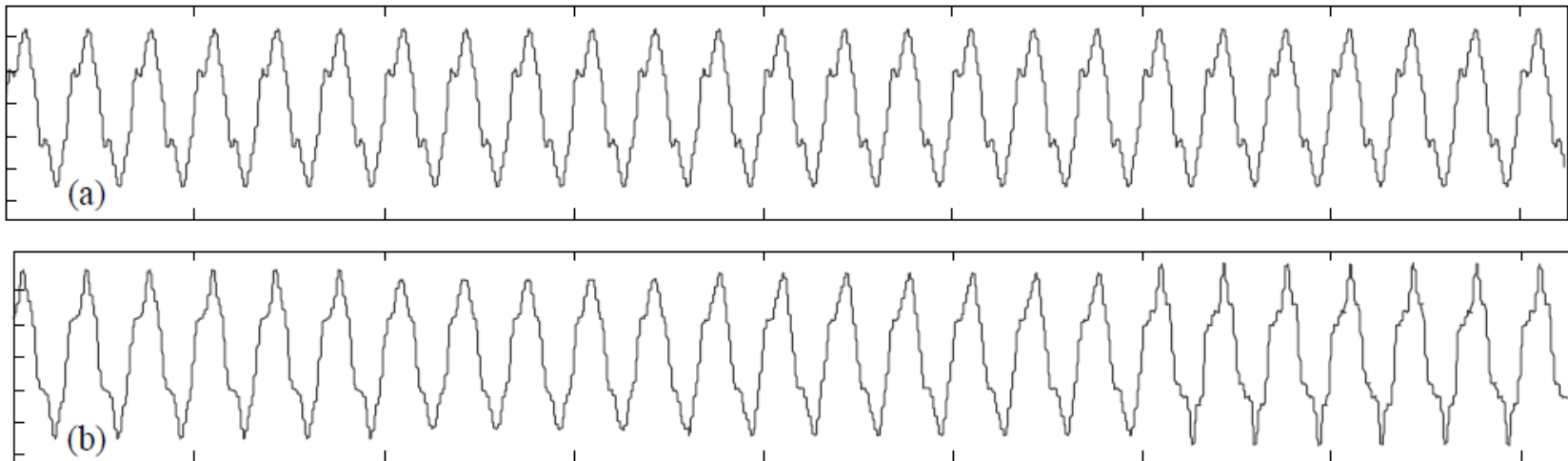


Fuente: Archivo GERS





El análisis de armónicos en el sentido de Fourier asume condición de estado estable y por lo tanto es inadecuado para el análisis en condiciones variables.



Fuente: Ribeiro, 2009





el análisis de Fourier

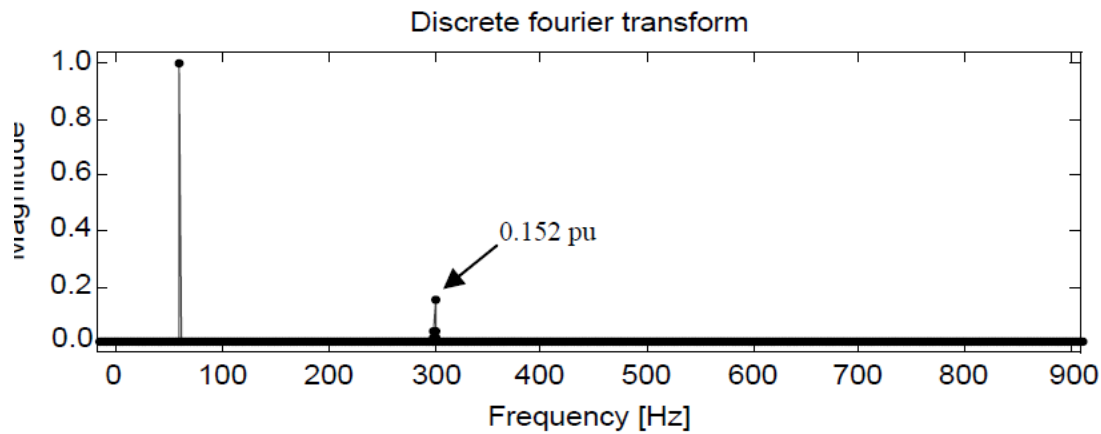
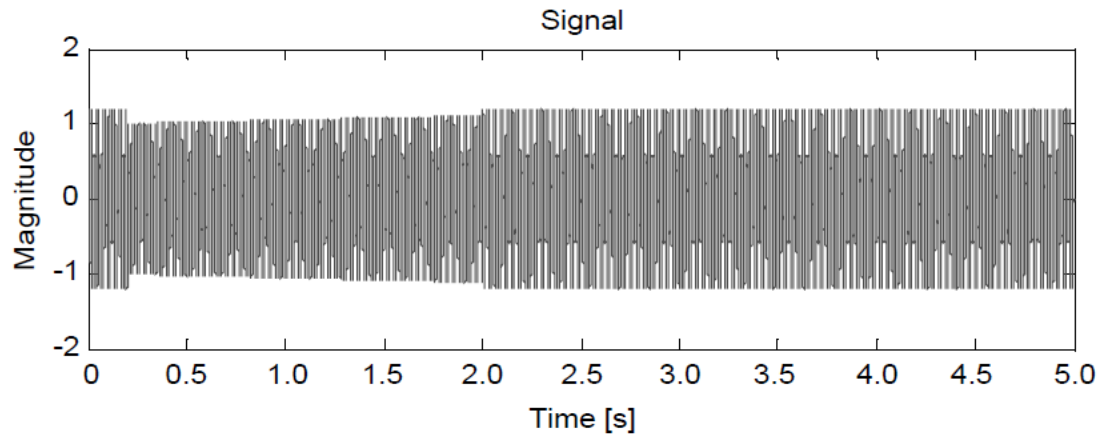
$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j2\pi ft} dt$$

- Converge puntualmente a una función periódica y continua
- Requiere que la función tenga rango infinito en el dominio del tiempo
- Requiere cálculos en el plano complejo



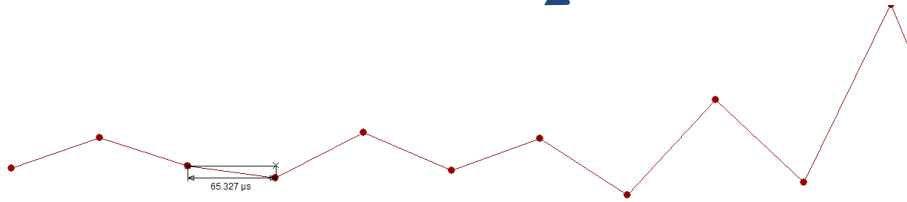
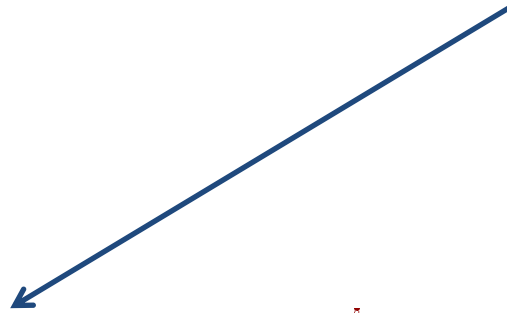
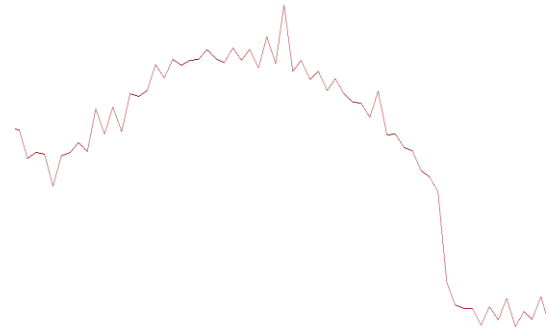
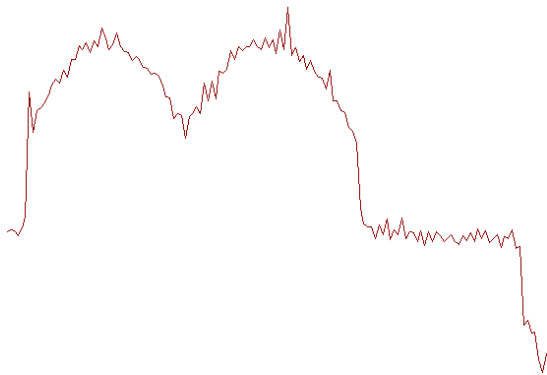


$$f = \begin{cases} \sin(2\pi 60t) + 0.2 \sin(10\pi 60t) \Rightarrow 0 < t \leq 0.2 \text{ s} \\ \sin(2\pi 60t) + 0.2.t.\sin(10\pi 60t) \Rightarrow 0.2 < t \leq 2 \text{ s} \\ \sin(2\pi 60t) + 0.2 \sin(10\pi 60t) \Rightarrow 2 < t \leq 5 \text{ s} \end{cases}$$



Fuente: Ribeiro, 2009





Dran-View 6.11.02 Dranetz Internal Use Only Andres Ins

File Edit View Insert Tools Window Help

#1 29/07/2009 12:12:53,800 Pre-trigger

DRIVE_HORNO6_00.DDB:1 DRIVE_HORNO6_00.DDB:2

Properties...

	X-Data	AIValue[Amps]
1	29/07/2009 12:12:53,834851026	509,4
2	29/07/2009 12:12:53,834916114	529,4
3	29/07/2009 12:12:53,834981203	510,8
4	29/07/2009 12:12:53,835046291	503,0
5	29/07/2009 12:12:53,835111379	533,0
6	29/07/2009 12:12:53,835176467	508,3
7	29/07/2009 12:12:53,835241556	528,9
8	29/07/2009 12:12:53,835306644	492,2
9	29/07/2009 12:12:53,835371732	554,4
10	29/07/2009 12:12:53,835436820	500,5
11	29/07/2009 12:12:53,835501909	616,4

Fuente: Archivo GERS



transformada discreta de Fourier

Transforma una *secuencia discreta y de duración finita* obteniendo una representación en el dominio de la frecuencia

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{2\pi i}{N} kn} \quad k = 0, \dots, N - 1$$

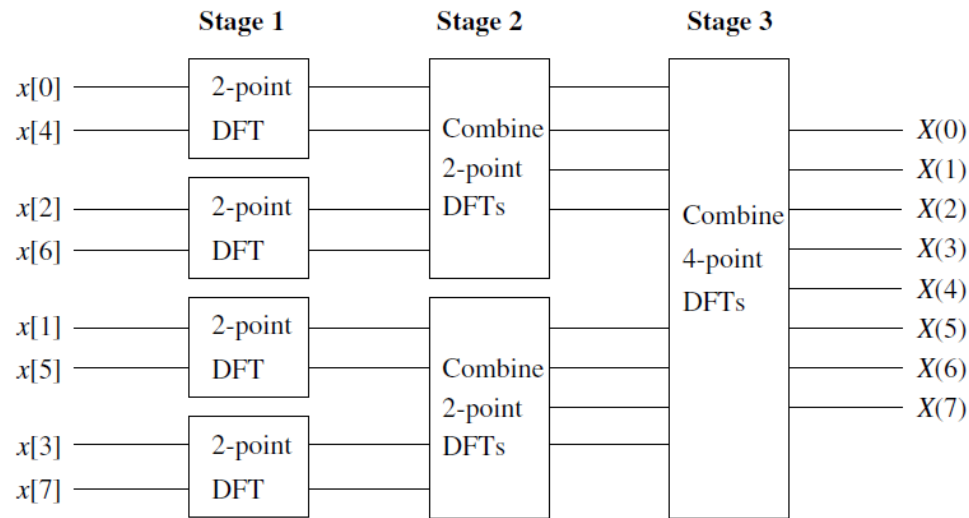
En la práctica la TDF se calcula usando un algoritmo llamado Transformada Rápida de Fourier (TRF)





transformada rápida de Fourier

Consiste básicamente en la descomposición de la transformada en otras más simples que una vez resueltas se reagrupan a niveles superiores que deben resolverse de nuevo hasta llegar al nivel más alto.



Fuente: Arrillaga, 2003





teorema de muestreo de Nyquist-Shannon

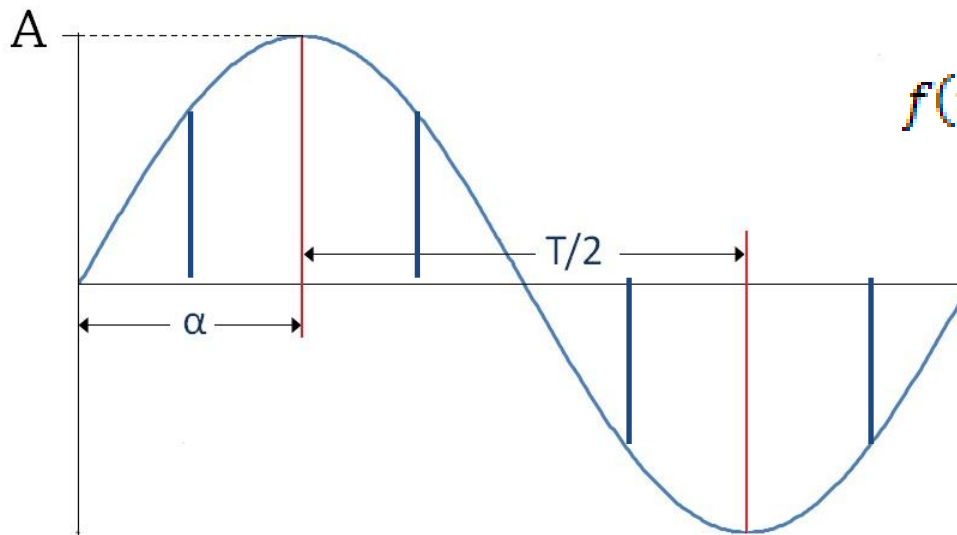
El teorema demuestra que una señal se puede reconstruir a partir de sus muestras si es limitada en banda y la tasa de muestreo es superior al doble de la mayor frecuencia presente.

La mayoría de los analizadores de redes usados en Calidad de Potencia usan algoritmos de TRF para obtener la composición espectral de una señal y la tasa de muestreo va desde los 32 mpc hasta 1024 mpc.



criterio de Nyquist

Una señal senoidal pura se puede caracterizar completamente con solo dos puntos de muestreo. Puntos adicionales no aportan información.



$$f(t) = A \cdot \sin \left(\frac{2\pi}{T} \cdot t + \left(\alpha - \frac{\pi}{2} \right) \right)$$

Fuente: Autor



POWERXPLORERPX5

SPECIFICATIONS

Measured Parameters

(4) differential inputs, 1-600 Vrms, AC/DC, 0.1% rdg + 0.05% FS, 256 samples/cycle, 16 bit ADC

(4) inputs with CTs 1-6000 Arms CT-dependent, AC/DC, 0.1% rdg + CTs, 256 samples/cycle, 16 bit ADC

1 MHz High Speed Sampling, 14 bit ADC

Frequency Range, 10 mHz resolution, 15-20 Hz, 45-65 Hz or 350-450 Hz

Phase Lock Loop - Generator tracking, Standard PQ mode

Fuente: Dranetz





f0 = 60 Hz		
Armónico	Frecuencia del armónico (Hz)	Frecuencia de muestreo mínima (mpc)
1	60	2
2	120	4
4	240	8
8	480	16
16	960	32
50	3000	100
64	3840	128

Distortion/Power/Energy

W, VA, VAR, TPF, DPF, Demand, Energy, etc.

IEEE 1459 Parameters of distorted and unbalanced

Harmonics/Interharmonics per IEC 61000-4-7

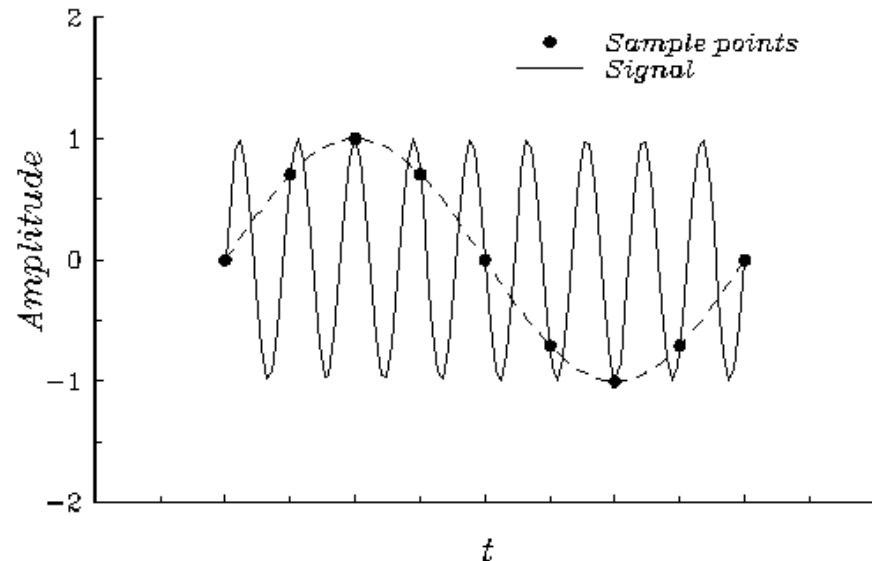
THD/Harmonic Spectrum (V,I,W) to 63rd

TID/Interharmonic Spectrum (V,I) to 63rd



aliasing

Cuando se reconstruye la señal a partir de la secuencia de muestras se genera un efecto de interferencia entre dos señales de distinta frecuencia cuya secuencia muestral coincide.



Fuente: Web U. de Virginia





en resumen:

- Los armónicos son un concepto estacionario
- Las técnicas más usadas se basan en la TDF a través de TRF
- La TDF solo funciona si:
 - La señal es estacionaria
 - La frecuencia de muestreo es el doble de la máxima presente
 - El número de períodos es entero
 - La forma de onda no contiene frecuencias múltiplo no entero (interarmónicos)





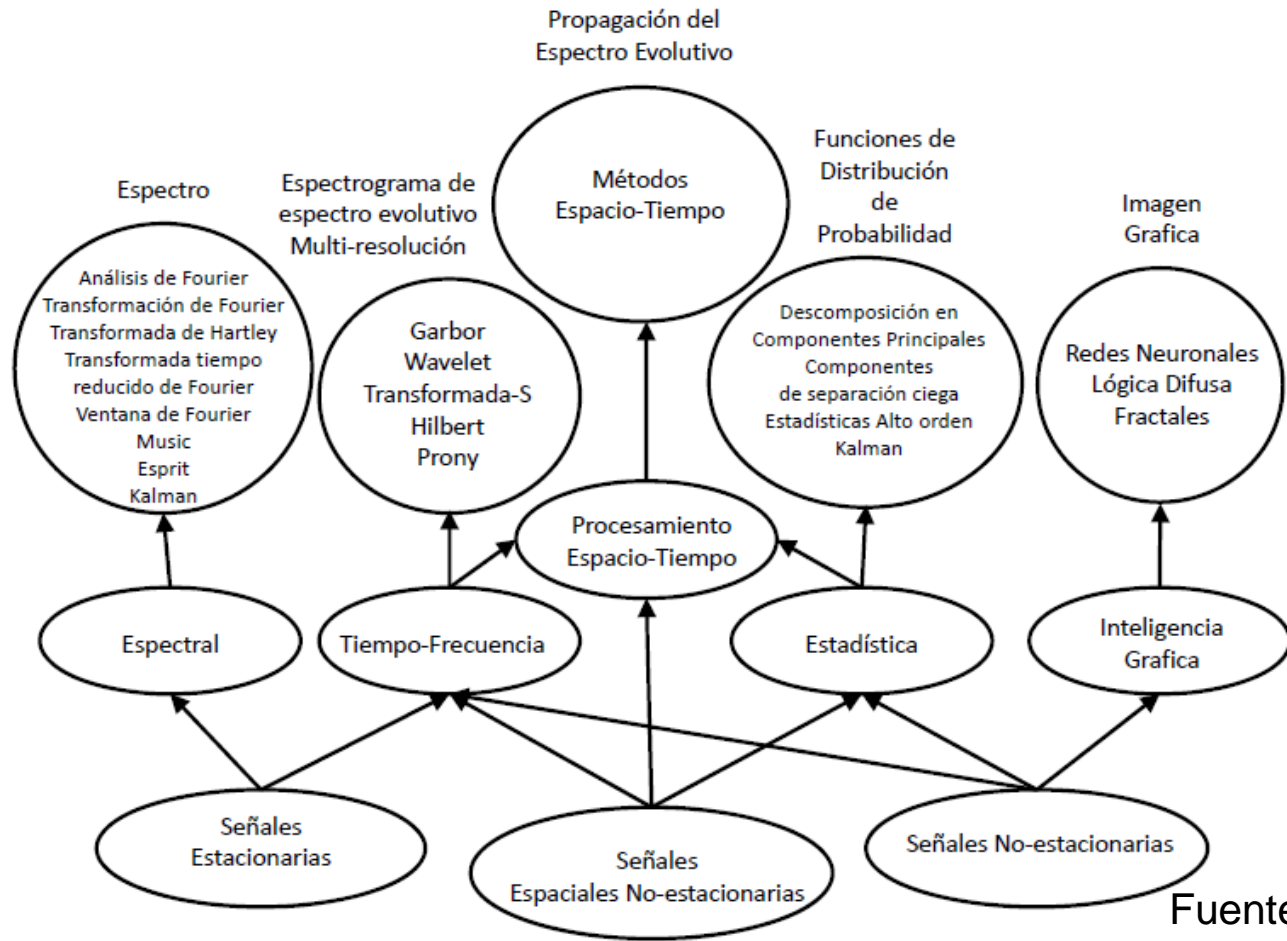
en resumen:

En el proceso de digitalización y tratamiento de las señales se pierde información y se incurre en costos computacionales.

Las técnicas modernas de medición apuntan a mejorar la calidad de la información con menos exigencia computacional.



naturaleza de las señales y métodos analíticos



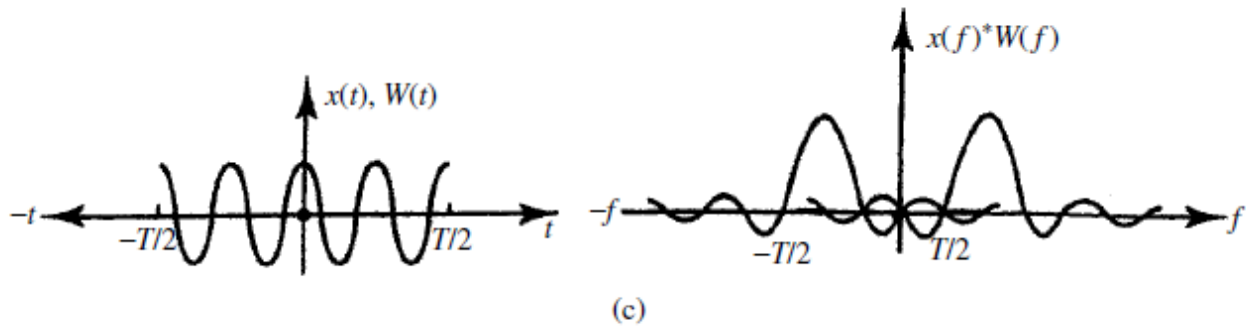
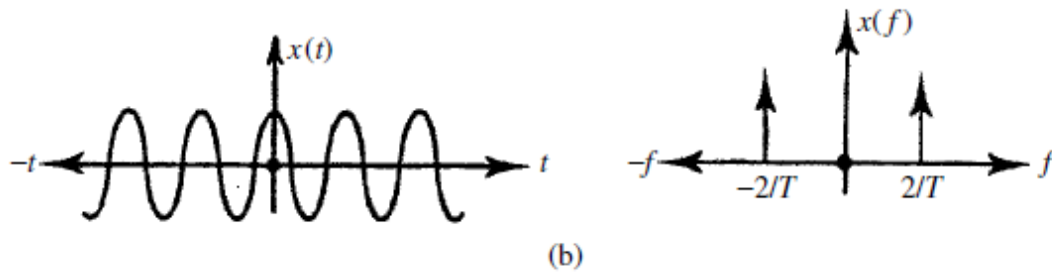
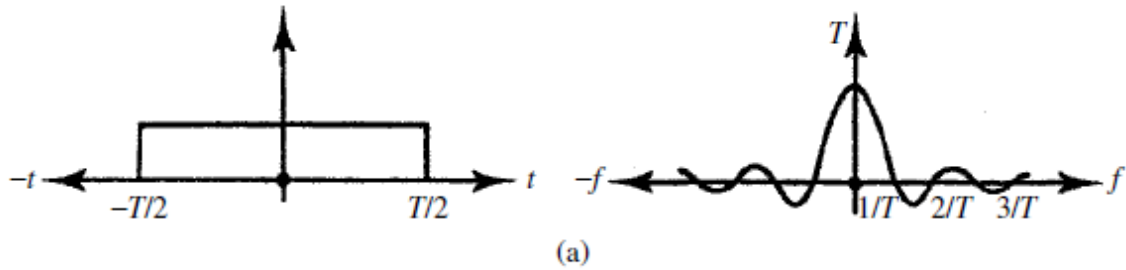


funciones limitadas en tiempo (windowed)

El problema de aplicar la TDF a funciones no periódicas se maneja dividiendo la señal en trozos que se *asumen* periódicos e infinitos. Esto genera errores en el cálculo del espectro que se pueden corregir aplicando una función de ventana conocida.

La función de ventana cambia el espectro de la señal original, pero con un tratamiento sencillo se puede filtrar los componentes.





Fuente: Arrillaga, 2003





la transformada de Hartley

$$H(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) (\cos(\omega t) + \sin(\omega t)) dt$$

$$H(\omega) = \sum_{t=0}^{N-1} f(t) \left(\cos\left(\frac{\omega t}{N}\right) + \sin\left(\frac{\omega t}{N}\right) \right)$$

Al no tener componentes complejas se disminuye la demanda computacional y los tiempos de procesamiento.

Se obtienen los mismos resultados que con la TF





MUSIC (clasificación de múltiples señales)

Es un método basado en álgebra lineal muy rápido y preciso. Requiere de pocos cálculos.

ESPRIT (Estimación de parámetros de señal mediante técnicas de invarianza rotacional)

Es un desarrollo de los algoritmos MUSIC a lo que se ha añadido un subespacio rotacional

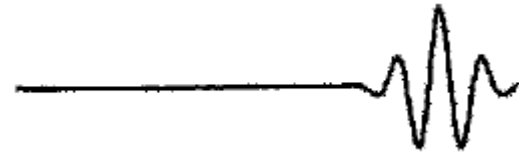




transformada Wavelet

Método rápido y efectivo para analizar formas de onda no estacionarias. Mejora el análisis de formas de onda con impulsos u oscilaciones (transitorios)

$$g(t) = e^{-at^2} e^{j\omega t}$$



$$g'(a, b, t) = \frac{1}{\sqrt{a}} g\left(\frac{t-b}{a}\right)$$

Fuente: Arrillaga, 2003



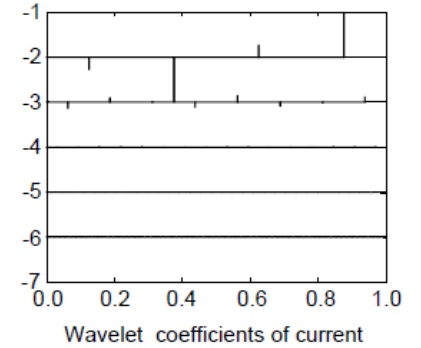
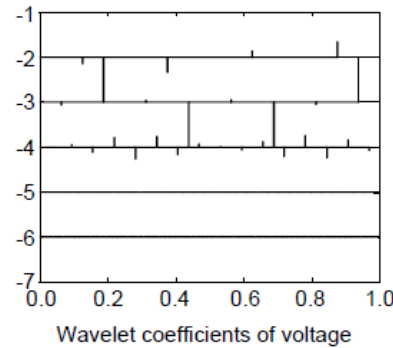
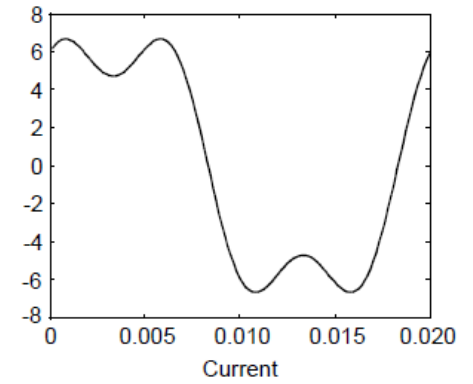
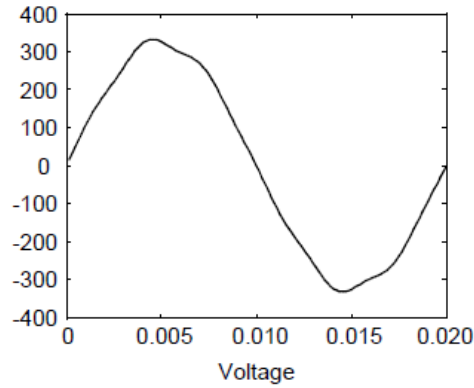
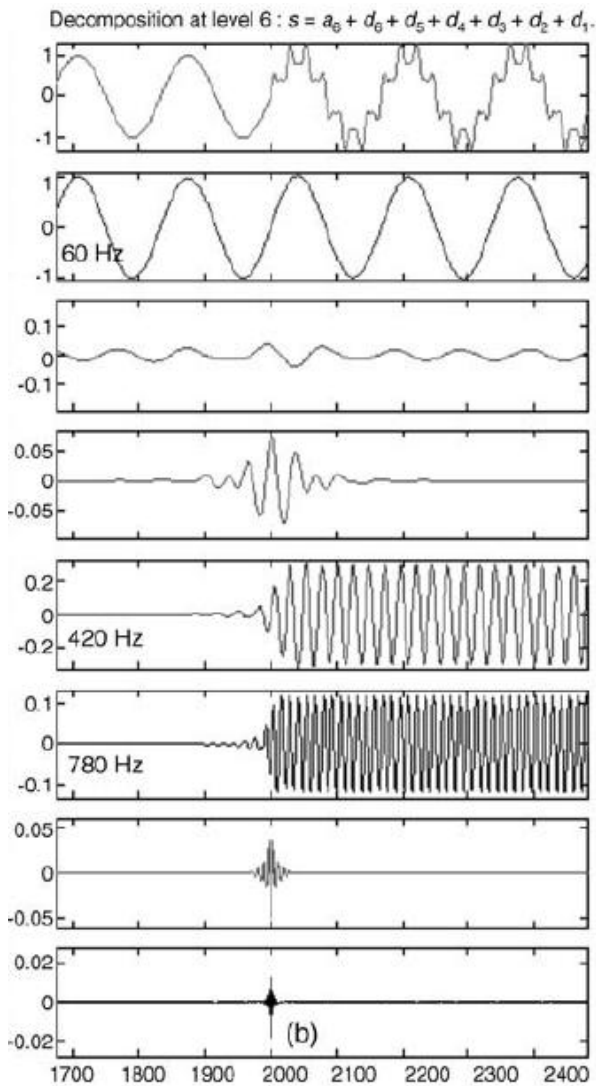


La idea fundamental de la transformada Wavelet es que cualquier función puede ser descrita en términos de ondas conocidas

$$WT(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) g\left(\frac{t-b}{a}\right) dt$$

Esta expresión también tiene su contraparte discreta y un desarrollo matemático y computacional en el dominio discreto





Fuente: Ribeiro, 2009





medición de armónicos en señales variables en el tiempo

Los métodos hasta ahora vistos muestran avances en el mejoramiento de la precisión del cálculo de armónicos en condiciones variables.

Una vez obtenida la caracterización espectral de las señales se utilizan métodos estadísticos y probabilísticos para su análisis.

La norma IEEE 519 hace una tímida aproximación a este tipo de análisis.





funciones de densidad de probabilidad

Frecuentemente se encuentran señales no estacionarias con grandes irregularidades. Generalmente tienen un factor amplio de aleatoriedad y la única forma de describir su comportamiento es en términos estadísticos.

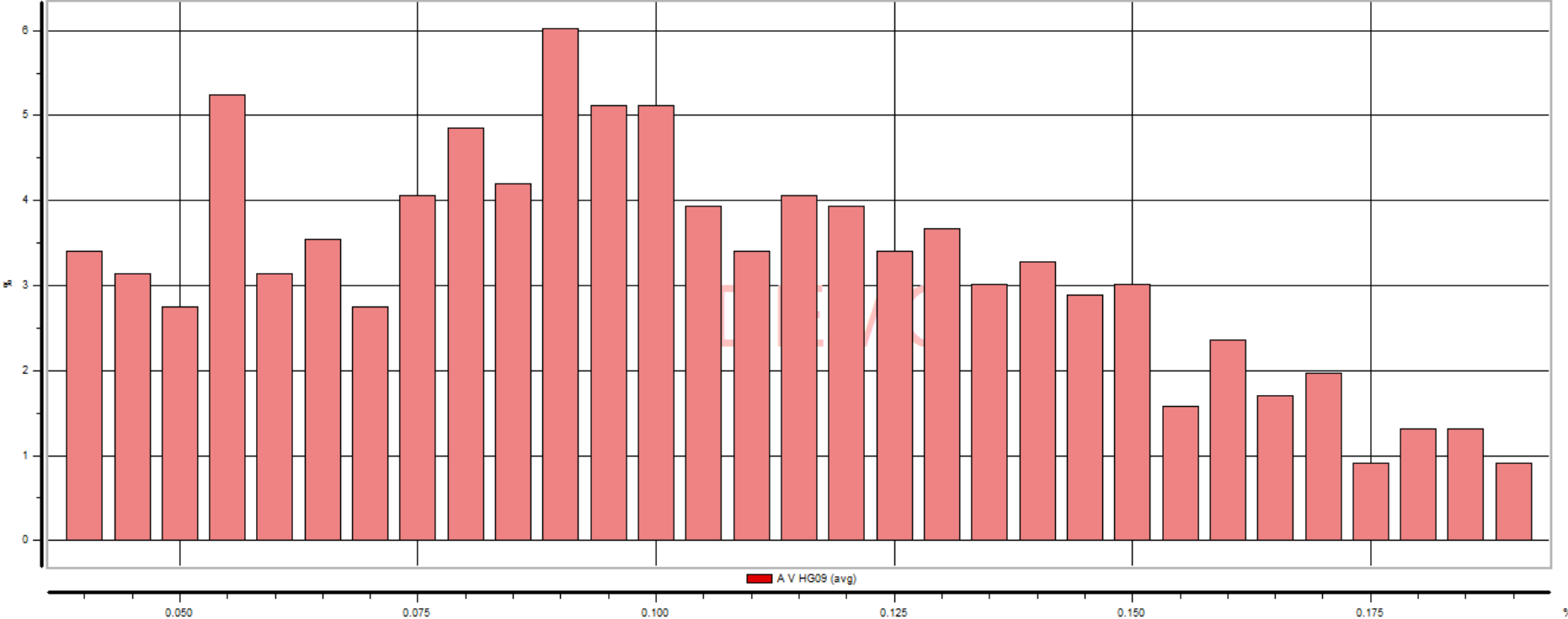
Las herramientas más usadas son los histogramas y las curvas de densidad de probabilidad acumulada.





histogramas

Probability Density

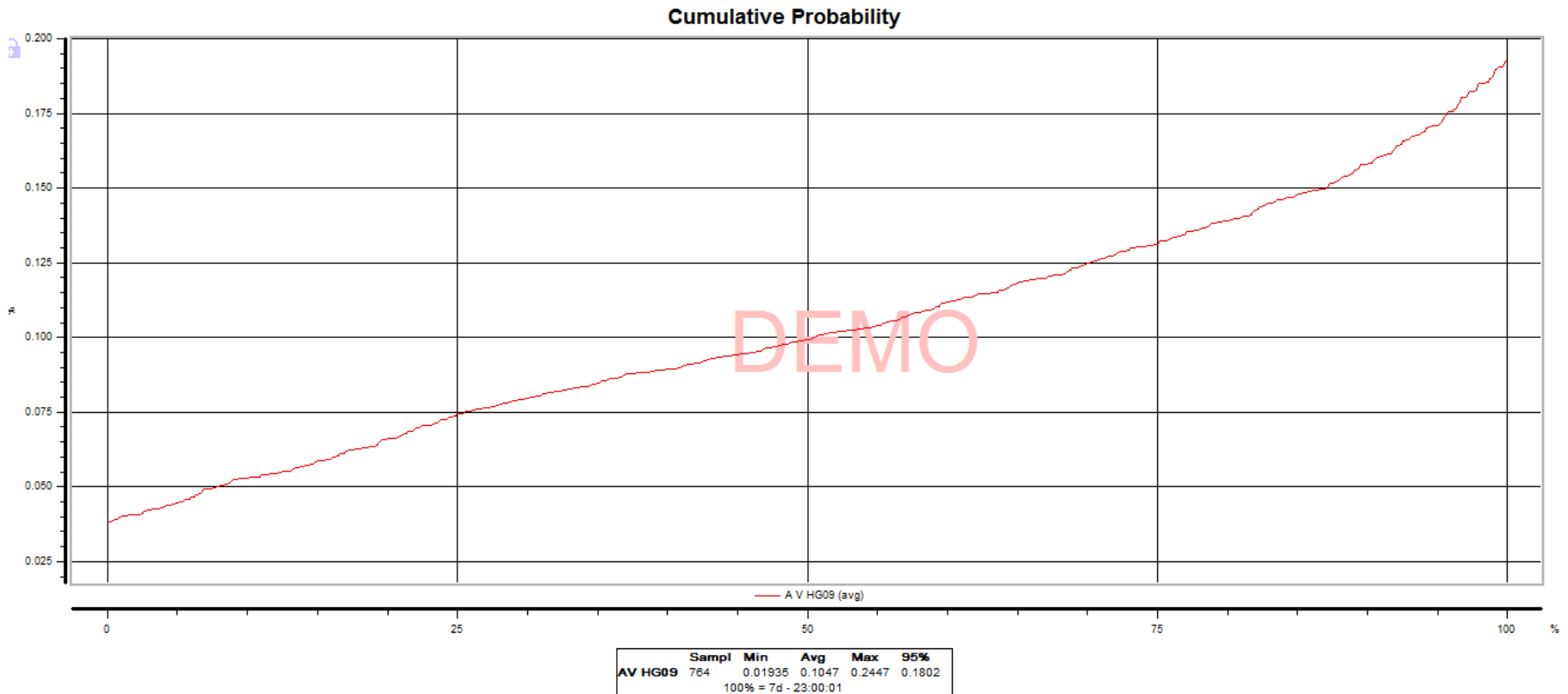


	Sampl	Min	Avg	Max	95%
AV HG09	784	0.01935	0.1047	0.2447	0.1802

Fuente: archivo GERS




curvas de densidad acumulada de probabilidad



Fuente: archivo GERS





Aplicar métodos estadísticos y probabilísticos al análisis de armónicos tiene como consecuencia:

- Métodos para sumar variables con componentes aleatorias
- Modelos probabilísticos de elementos de red para simulación
- Métodos probabilísticos para análisis de sistemas de potencia
- Desarrollo de normas (indicadores y límites)
- Métodos de dimensionamiento de soluciones (filtros)





conclusiones

- Los métodos tradicionales de análisis de distorsión basados en la TF no son suficientes
- Nuevas metodologías de análisis están en investigación, orientadas principalmente a mejorar la calidad de la información y a reducir las necesidades de cómputo
- Una vez obtenida la información se necesitan nuevos métodos de evaluación basados en probabilidad y estadística
- El desarrollo de normas (indicadores y límites) se ajustará en un futuro a los nuevos desarrollos en el tratamiento de señales y en la evaluación de la información





¡Gracias!

GERRS S.A.