

Calidad de la potencia eléctrica: métodos de calibración de medidores industriales

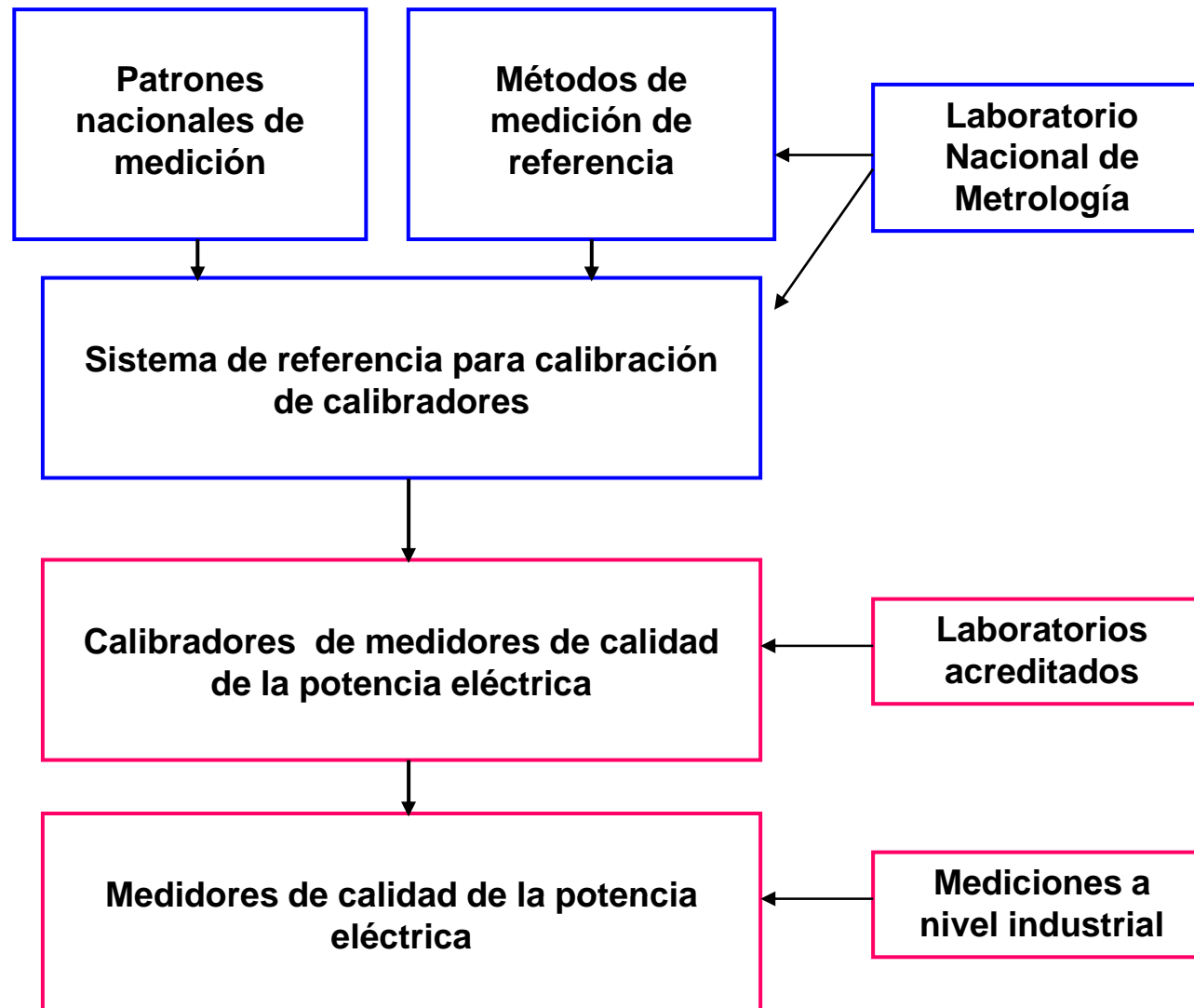
René Carranza, Sergio Campos, Eugenia
García, Adrián Castruita

Noviembre 19, 2009

Contenido

1. Objetivo: trazabilidad de las mediciones de calidad de la potencia eléctrica
2. Sistema de Referencia del CENAM para condiciones estacionarias
3. Necesidad de un método de medición de referencia
4. Resultados: desempeño del Sistema de Referencia CENAM
5. Trabajo a futuro
6. Conclusiones

Objetivo: la trazabilidad de las mediciones de calidad de la potencia eléctrica



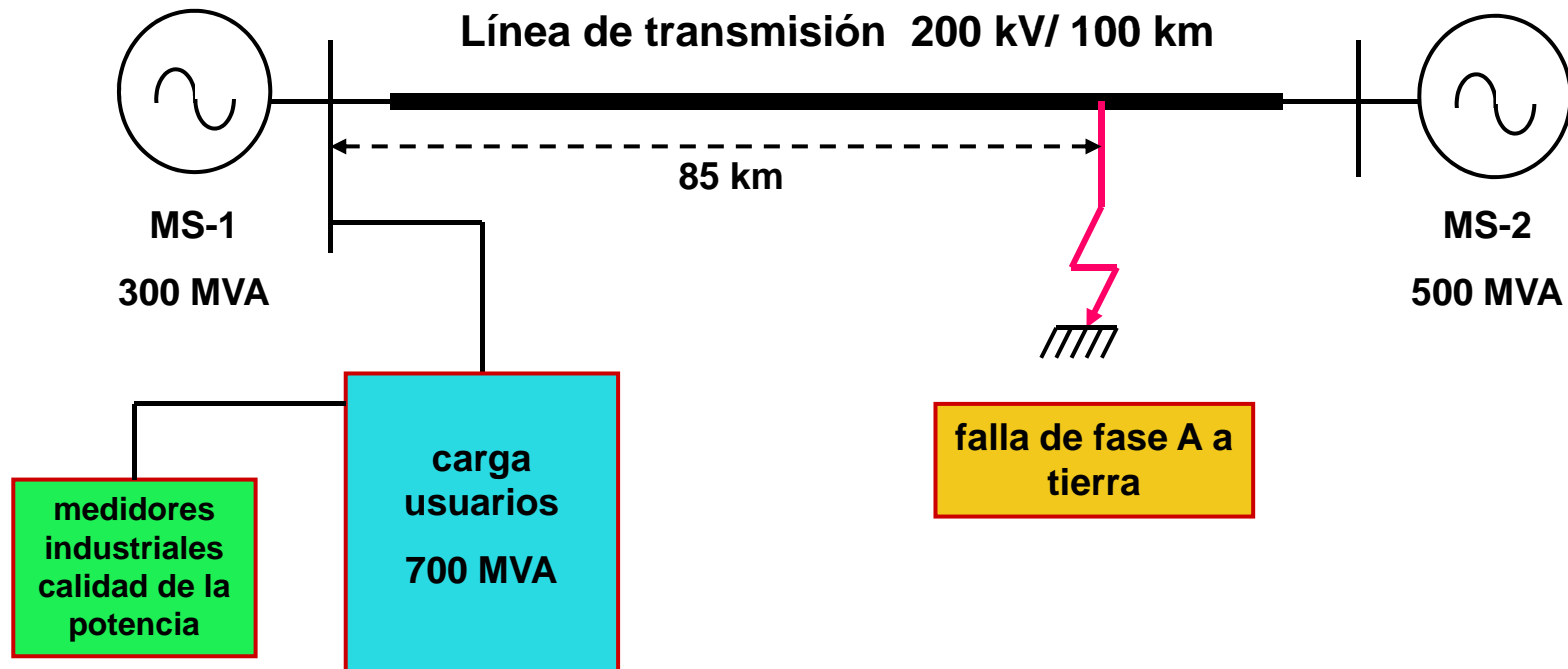
Objetivo: la trazabilidad de las mediciones de calidad de la potencia eléctrica

Calibradores de medidores de calidad de la potencia eléctrica

Laboratorios acreditados

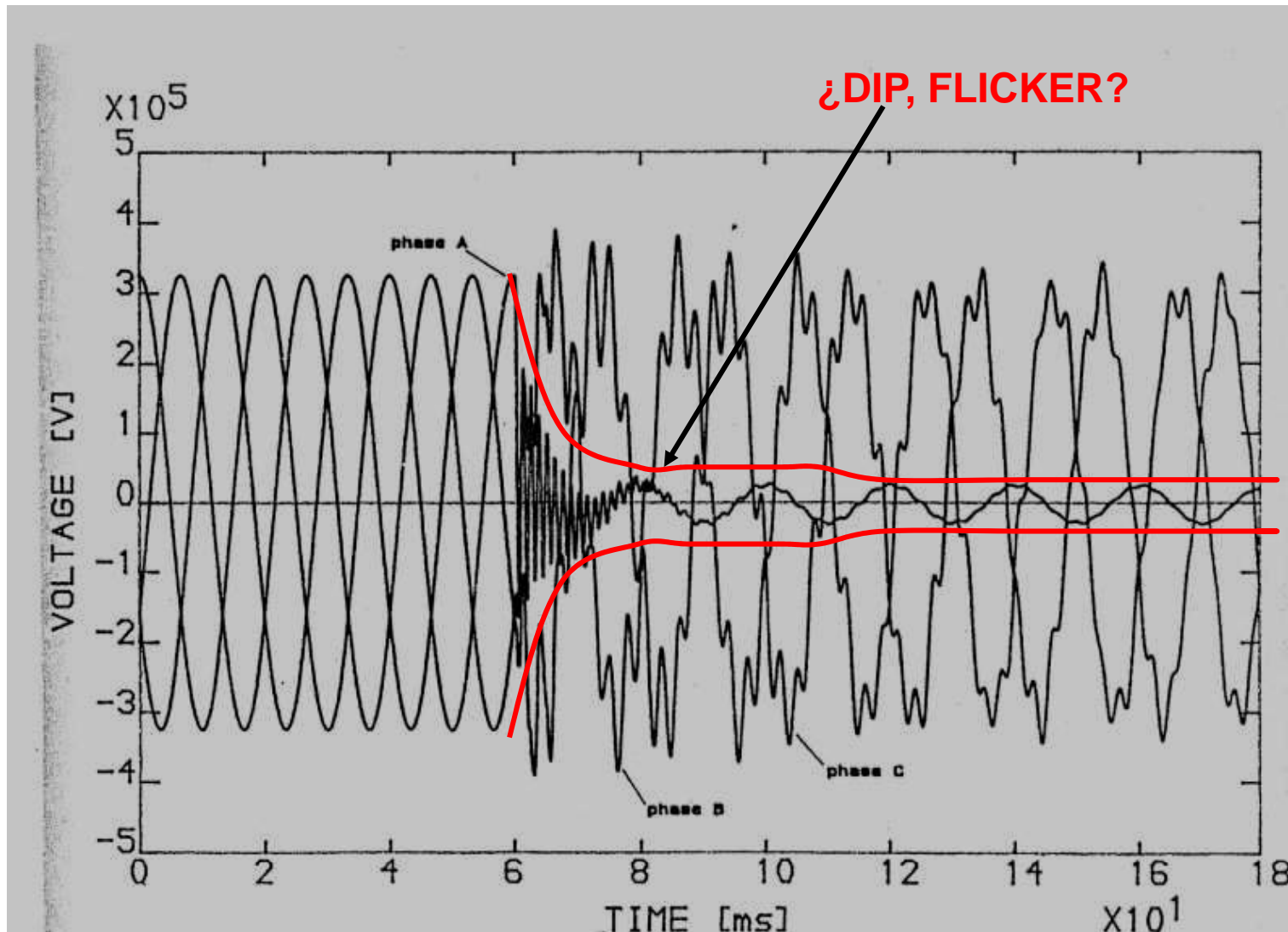


Mensurando: calidad de la potencia eléctrica

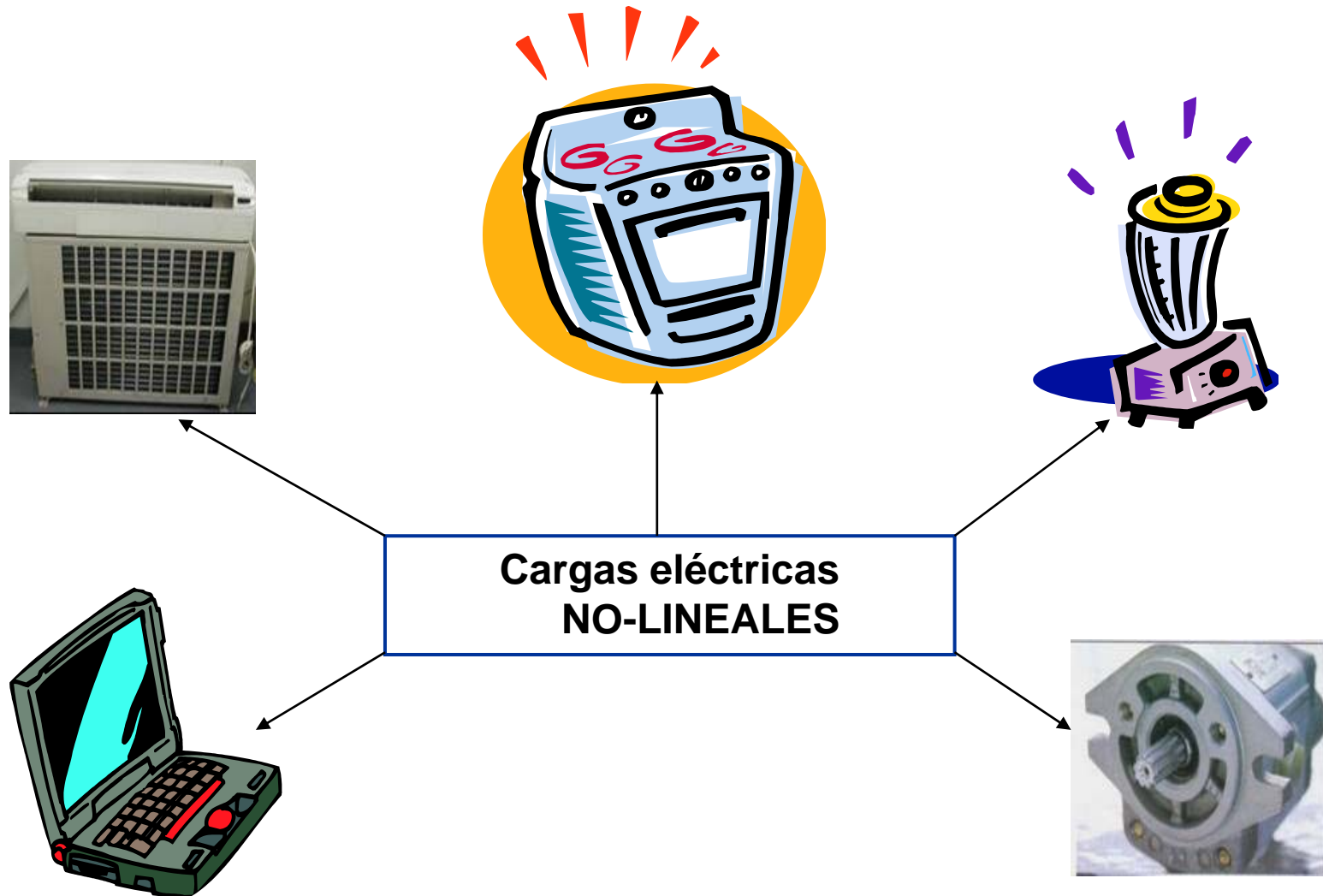


Eventos que afectan la integridad del sistema eléctrico

Calidad de la potencia en usuarios al momento de la falla



Mensurando: calidad de la potencia eléctrica



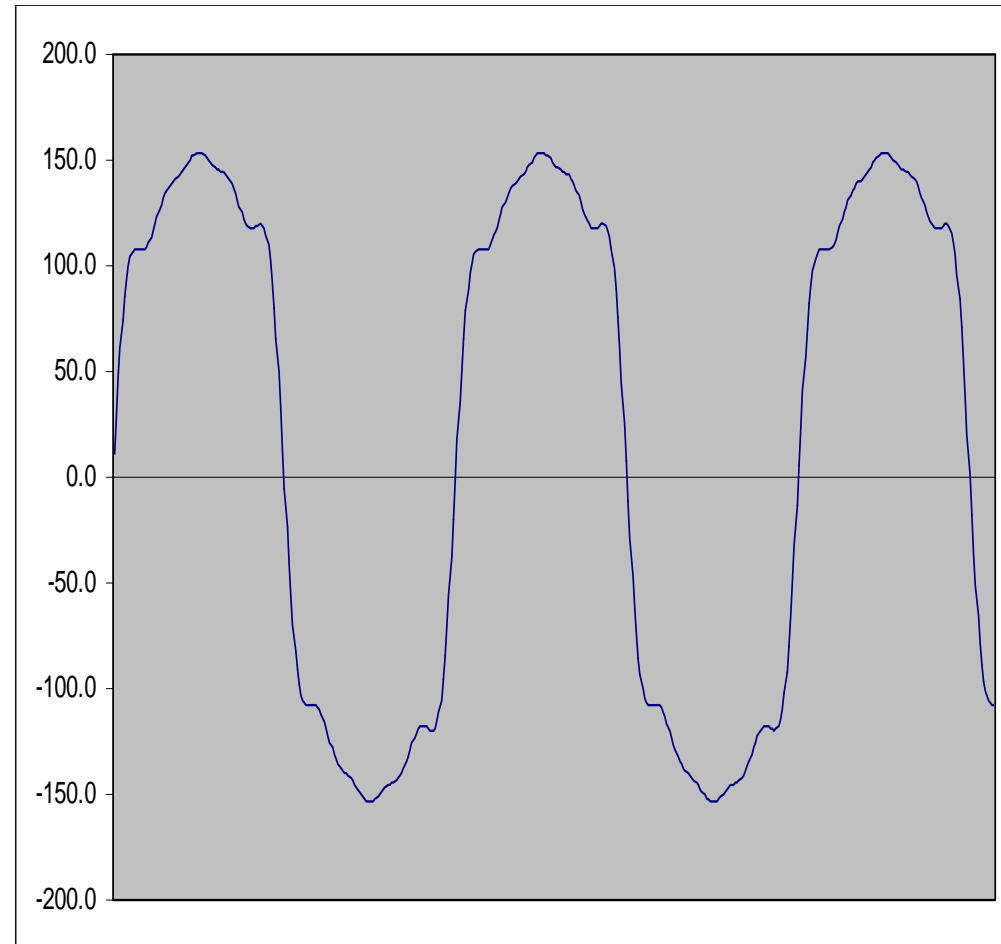
Eventos que afectan los intereses de los usuarios

El mensurando: señales eléctricas no-sinusoidales

ESTACIONARIAS

$$v(t) = \sum_{k=1}^9 V_k \sqrt{2} \text{sen}(2\pi f_k t + \phi_k)$$

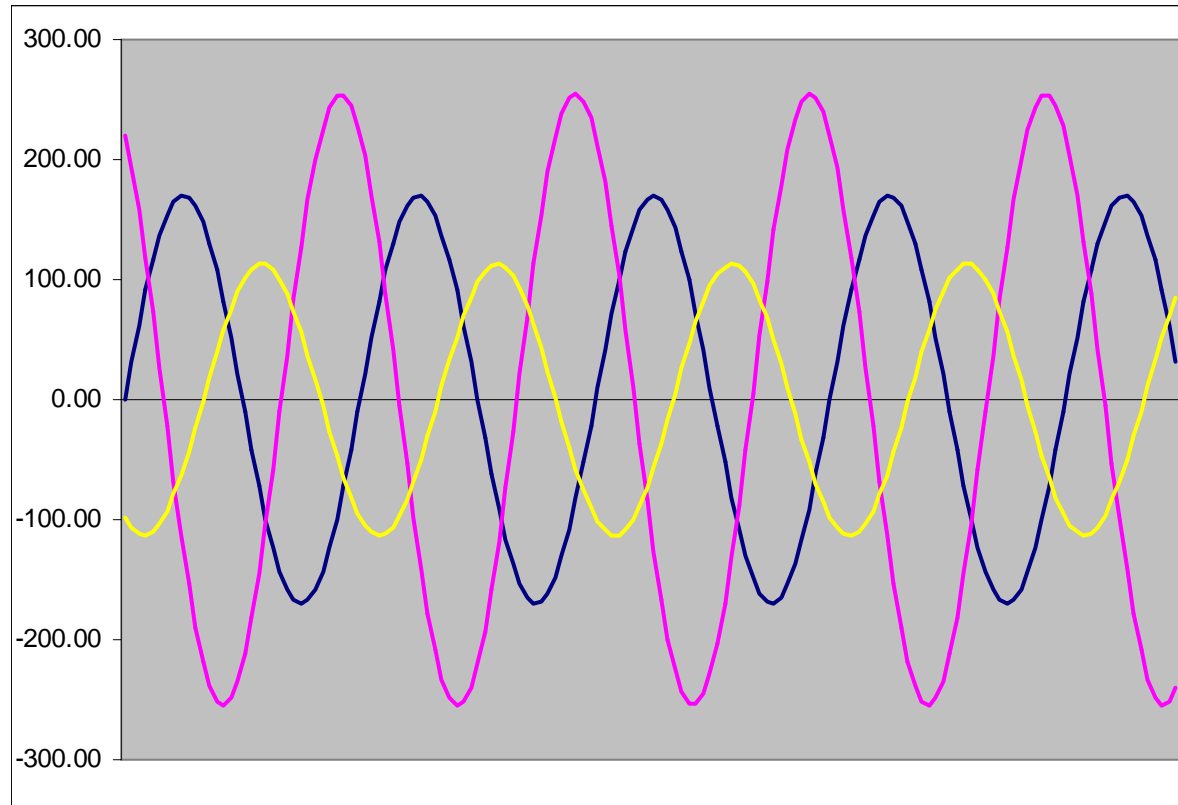
k	V _k	f _k	Φ _k
1	120	60	0
2	0	0	0
3	36	180	5
4	0	0	0
5	24	300	10
6	0	0	0
7	14.4	420	15
8	0	0	0
9	7.2	540	20



Distorsión armónica

Causas: cargas no-lineales en el sistema

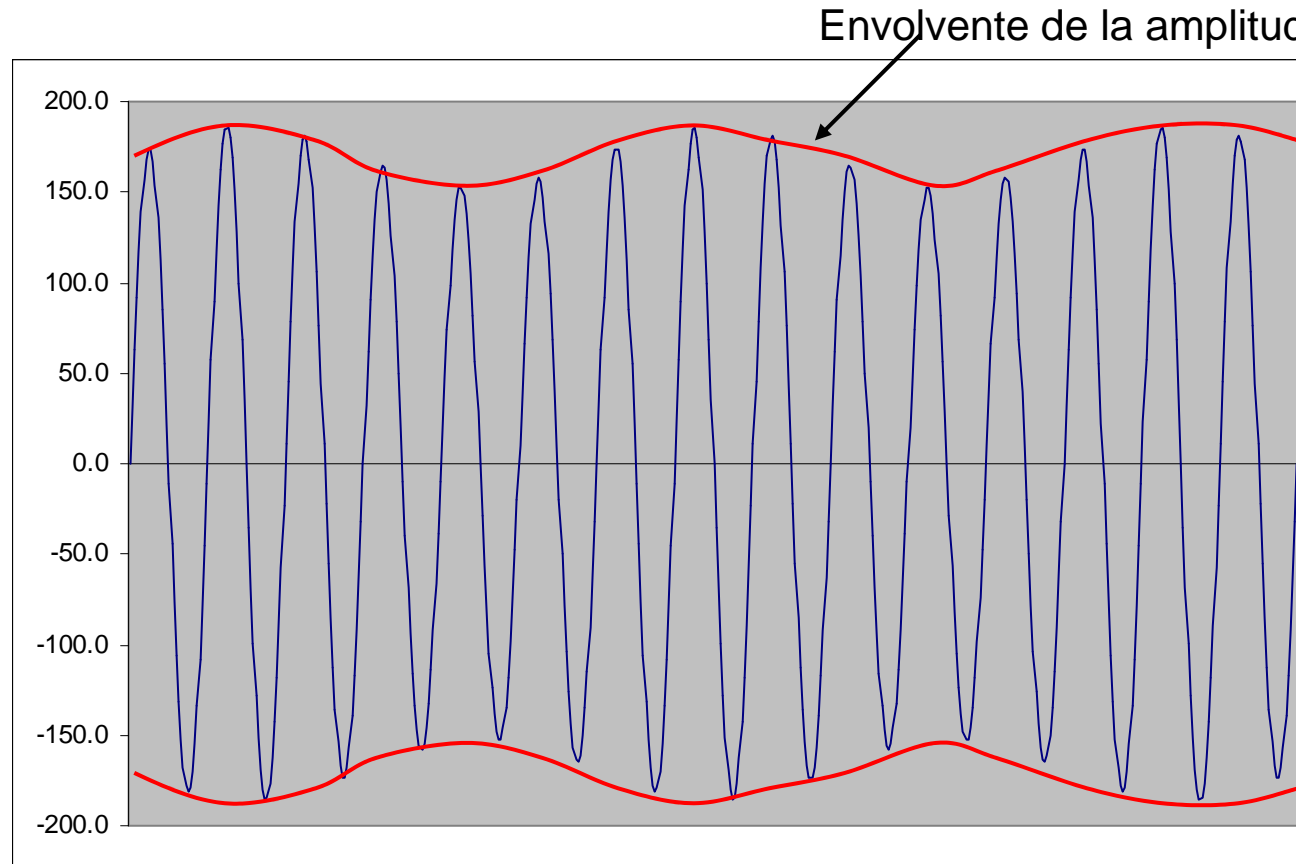
El mensurando: señales eléctricas no-sinusoidales ESTACIONARIAS



Desbalance de tensión: es la diferencia de la tensión entre fases; entre fase a neutro, en un sistema polifásico

Causas: cargas diferentes en cada fase

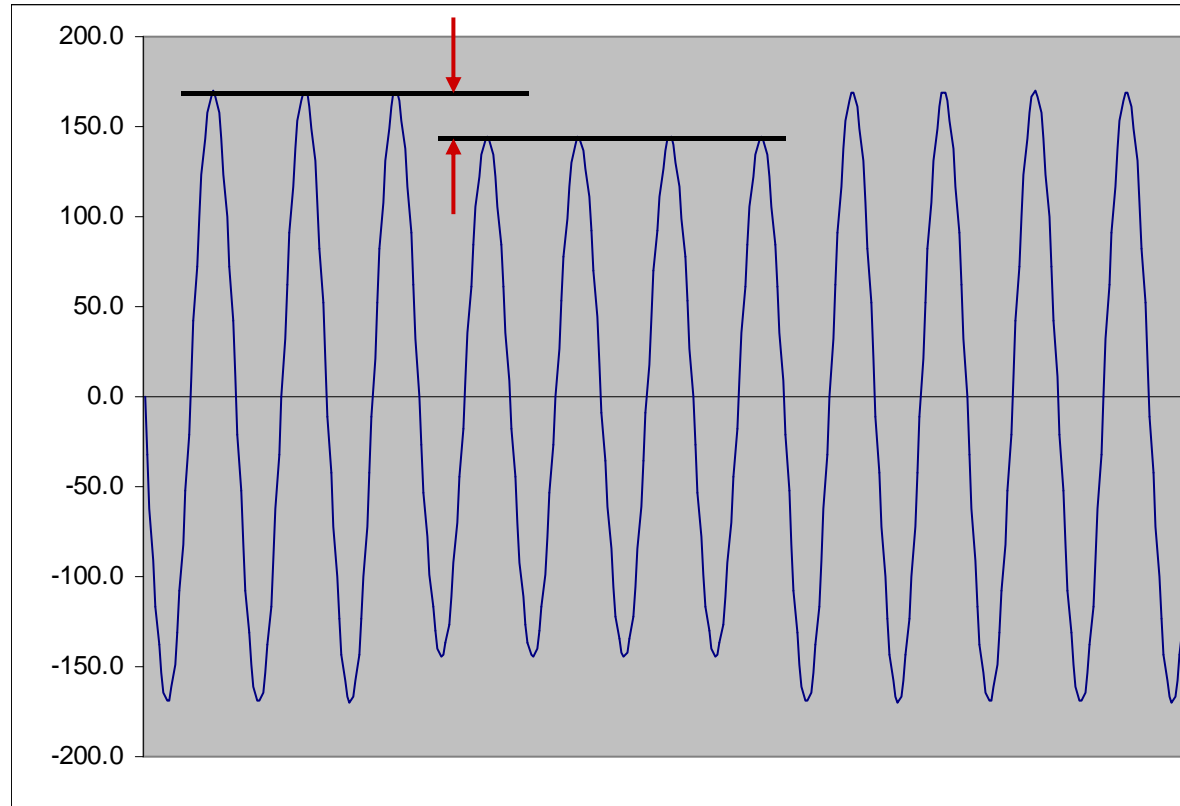
El mensurando: señales eléctricas no-sinusoidales NO-estacionarias



Fluctuaciones (FLICKER): son variaciones de la amplitud a bajas frecuencias

Causas: cambios repentinos de cargas, que provocan caídas de tensión en líneas de transmisión y distribución: soldadoras eléctricas de arco; hornos de inducción

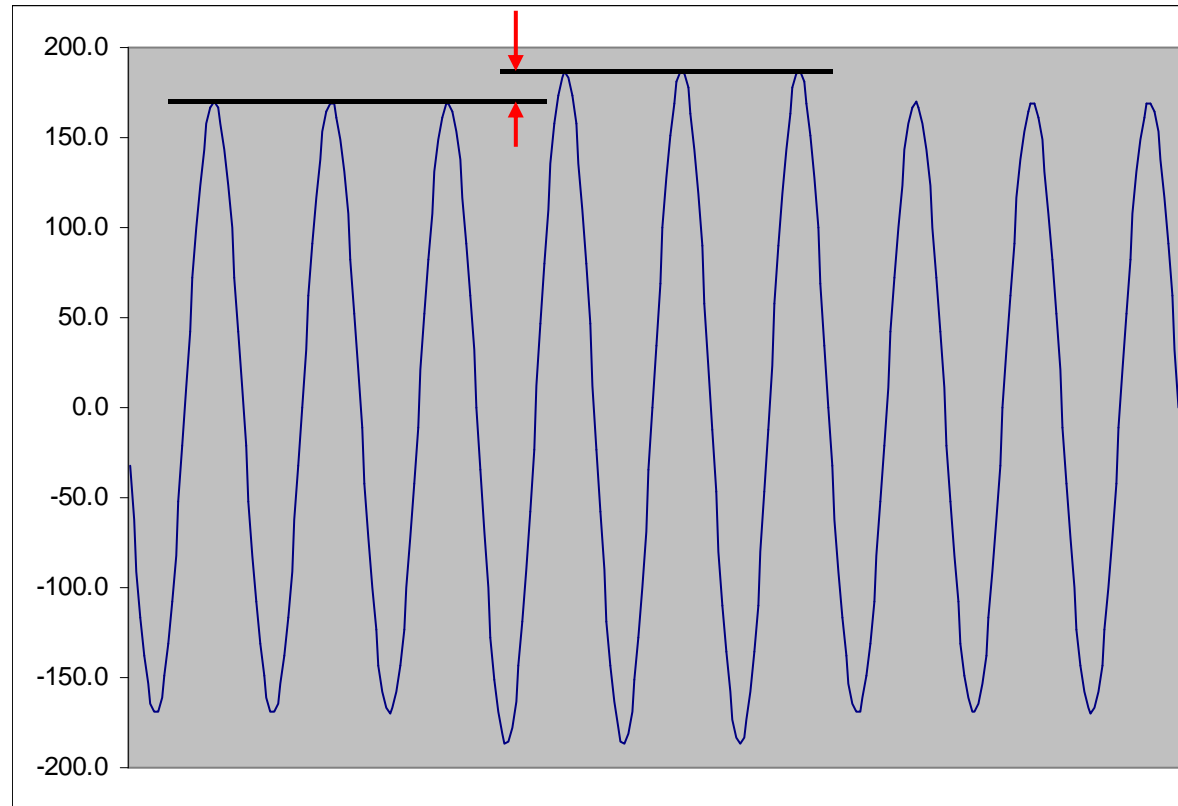
El mensurando: señales eléctricas no-sinusoidales NO-estacionarias



Abatimiento de Tensión (DIP): disminución de corta duración de la amplitud de la tensión, la cual no llega a valores menores a 10 % de amplitud nominal.

Causas: corto circuitos; arranque de motores; control de velocidad

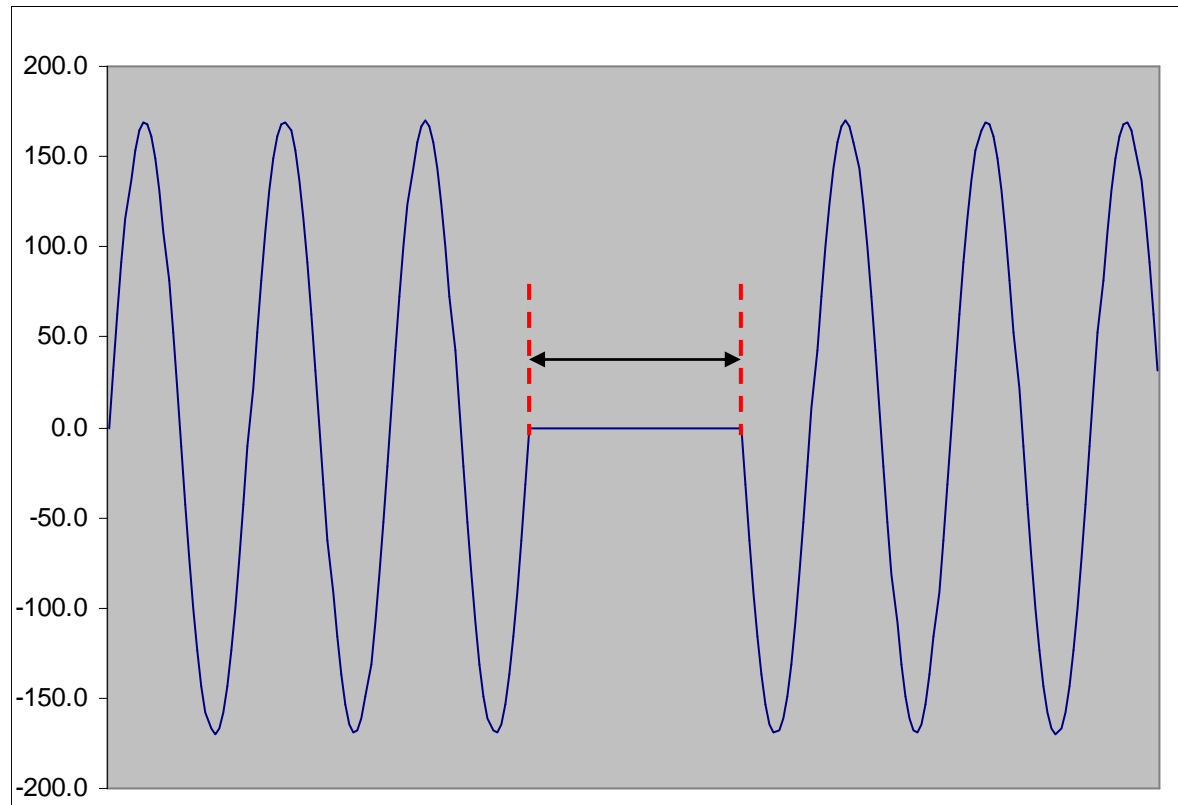
El mensurando: señales eléctricas no-sinusoidales NO-estacionarias



Incremento de tensión (SWELL). Incremento de tensión de corta duración.

Causas: decremento/incremento de carga; desconexión de generadores eléctricos; fallas a tierra.

El mensurando: señales eléctricas no-sinusoidales NO-estacionarias



Interrupción de tensión. Caída de tensión abajo del 10 % del valor nominal, con duración de 10 ms a 60s.

Causas: desconexión en sistemas de distribución; operación sistemas de protección ante falla cercana (corto circuito, apertura de alimentadores, arranque de motores con carga alta)

Método de medición de referencia:

¿Cómo medir confiablemente bajo condiciones estacionarias en el sistema eléctrico?

1. Estado del sistema eléctrico: sin cambio

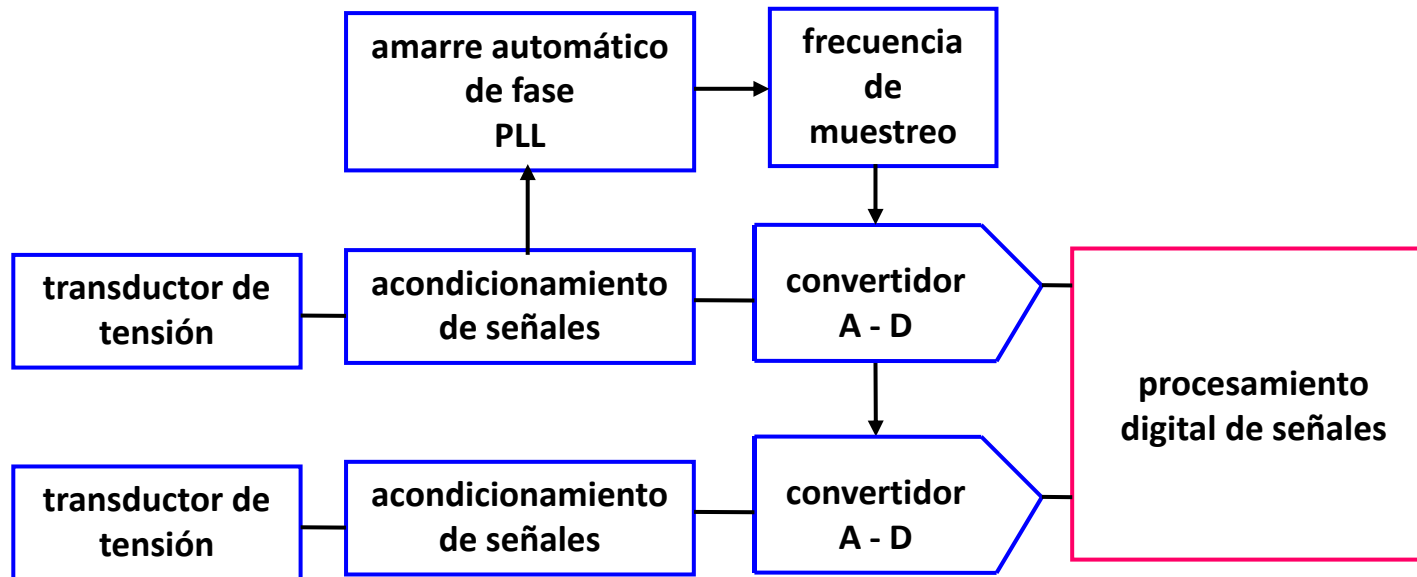
- no hay cambio de cargas eléctricas en la red
- no hay fluctuaciones de amplitud, fase o frecuencia

2. Señales de tensión y corriente: periódicas

- se puede medir V_{RMS} , I_{RMS} , fase y frecuencia de la fundamental y sus armónicos
- se puede medir T_{DA} ; T_{DAT} ; desbalance

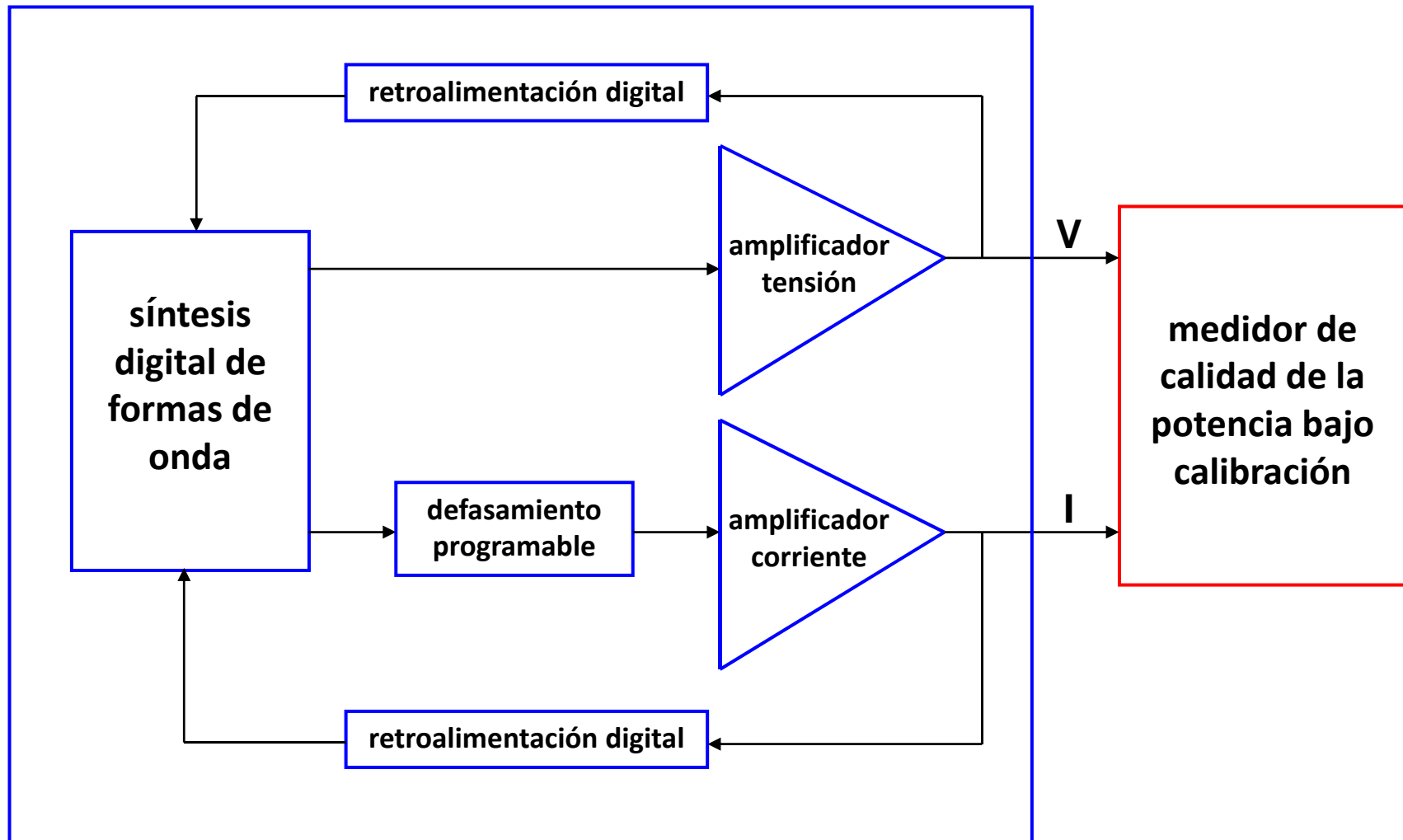
3. Uso confiable de la Transformada Discreta de Fourier

Medidor industrial de calidad de la potencia eléctrica

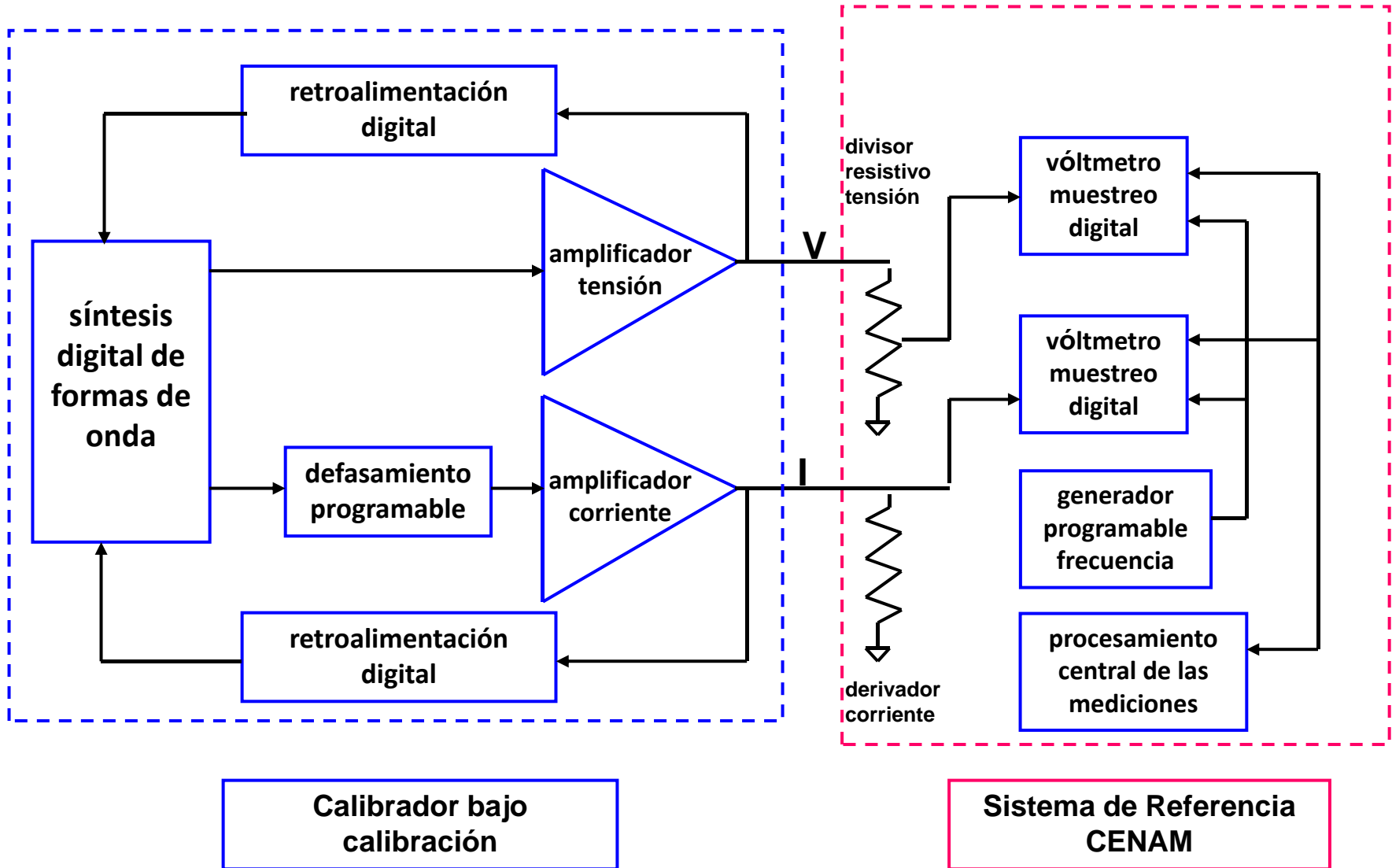


Diseño de medidor de acuerdo a IEC 61000.4-7

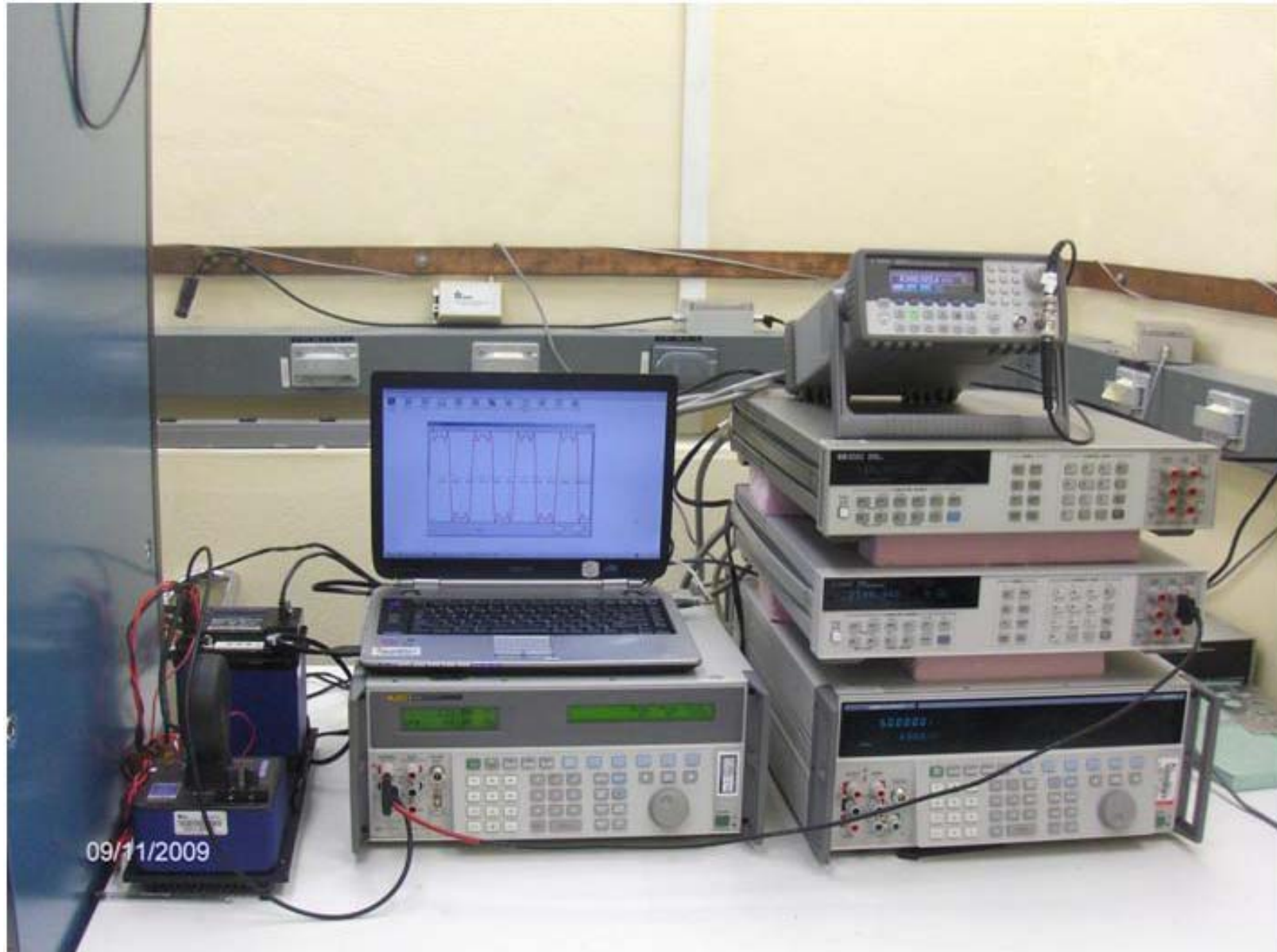
Calibrador de medidores industriales de calidad de la potencia eléctrica (condiciones estacionarias)



Sistema de referencia del CENAM (condiciones estacionarias)



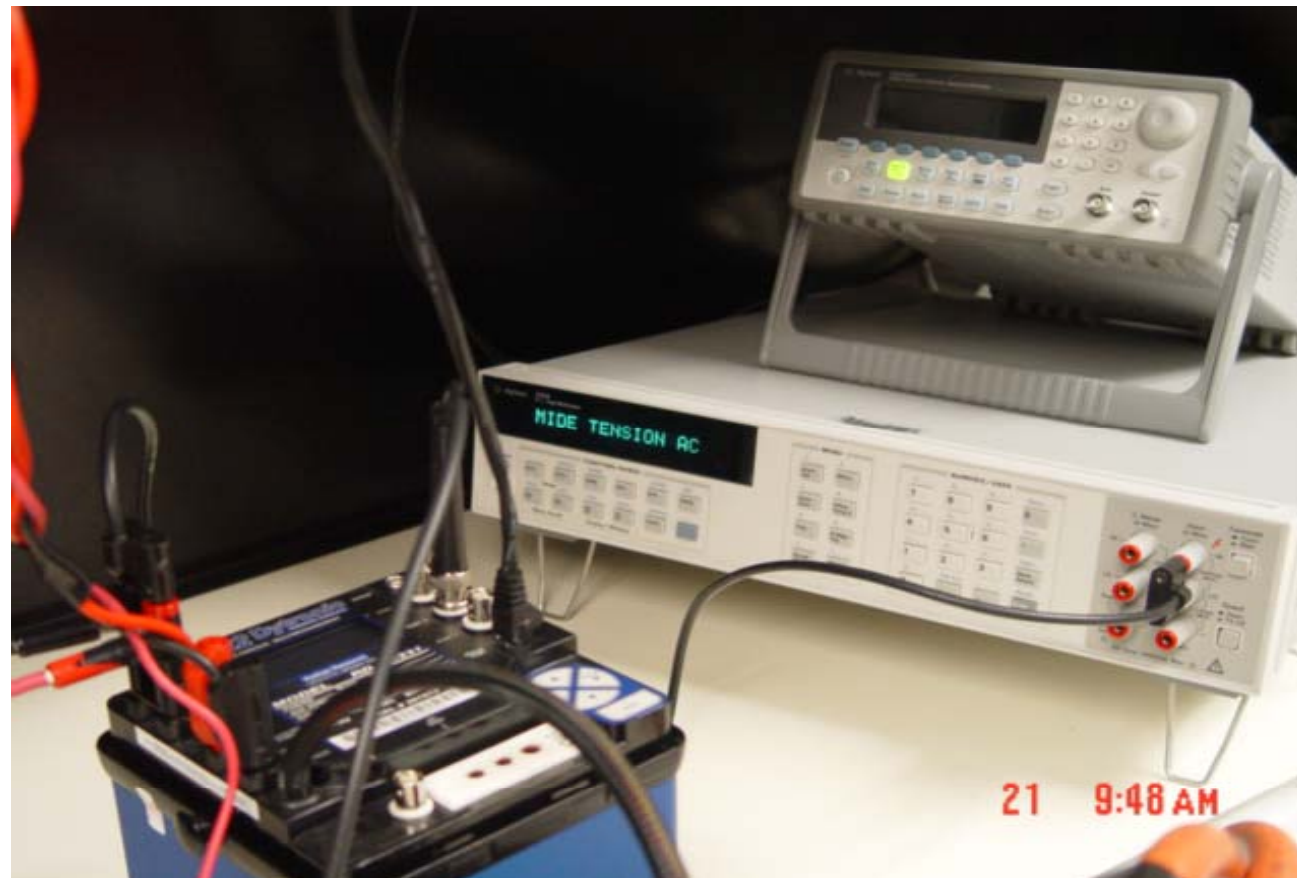
Sistema de referencia del CENAM (condiciones estacionarias)



Método de medición de referencia

Medición de tensión en corriente alterna

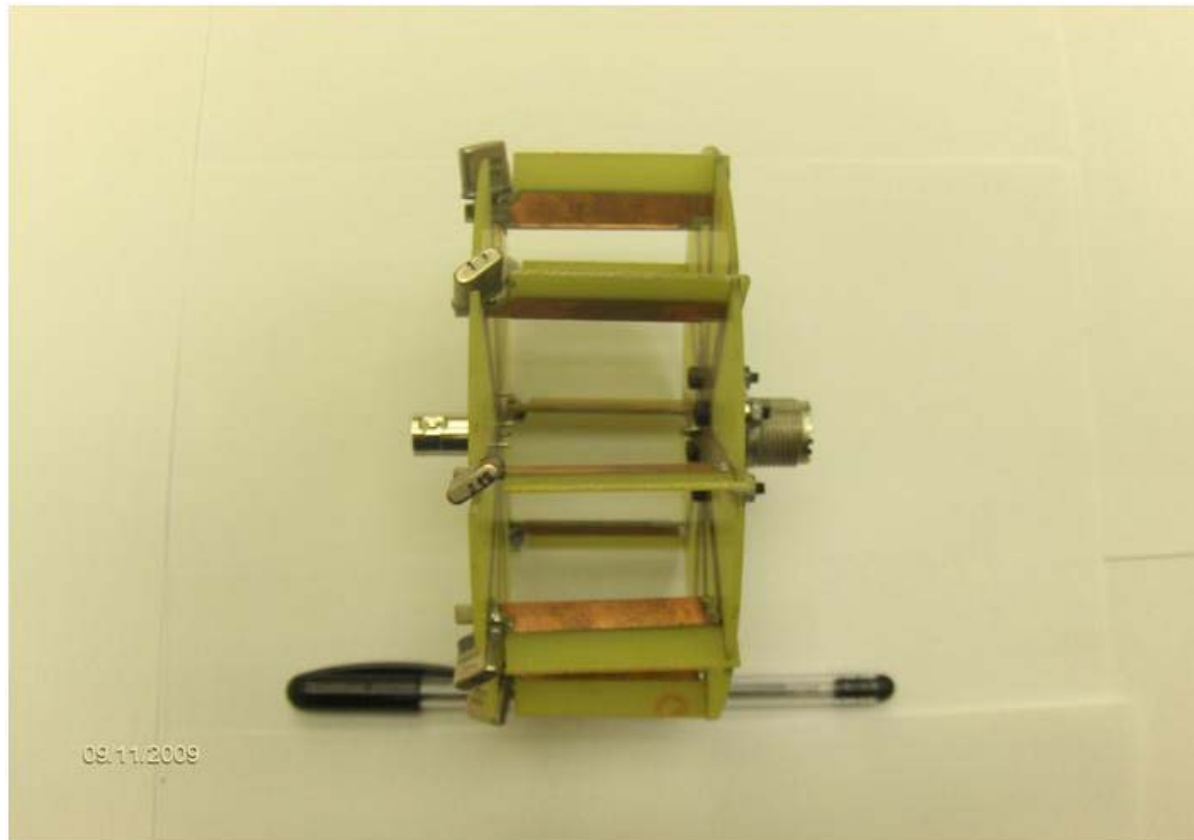
- Divisor resistivo AGILENT 3458A: 120 V y 240 V
- Medición de V_{CA} trazable al patrón nacional PMJTC



Método de medición de referencia

Medición de corriente alterna

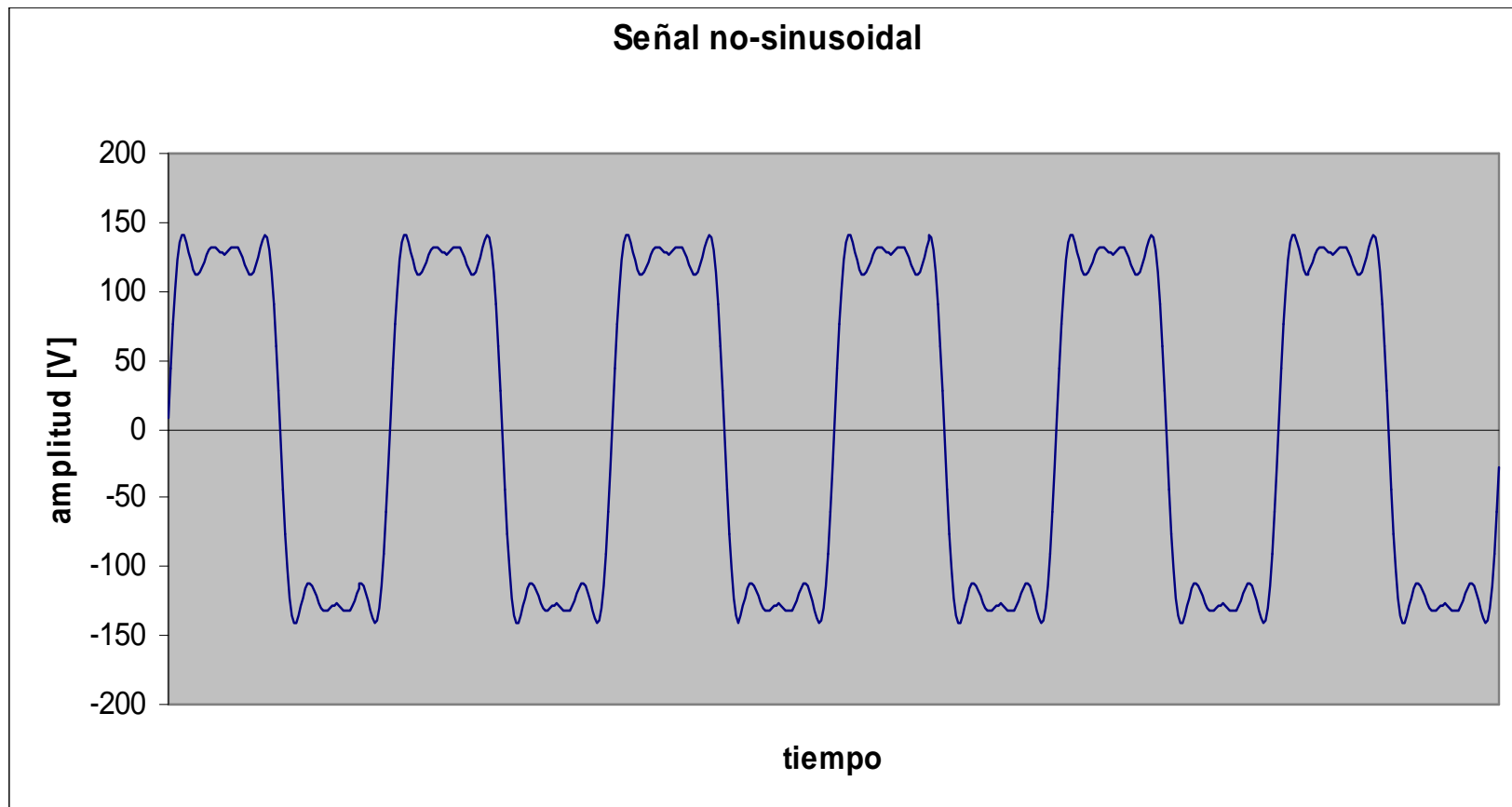
- Divisor resistivo tipo coaxial
- AGILENT 3458A: 0,1 V, trazable a patrón nacional PMJTC



Método de medición de referencia

Digitalización de señales eléctricas

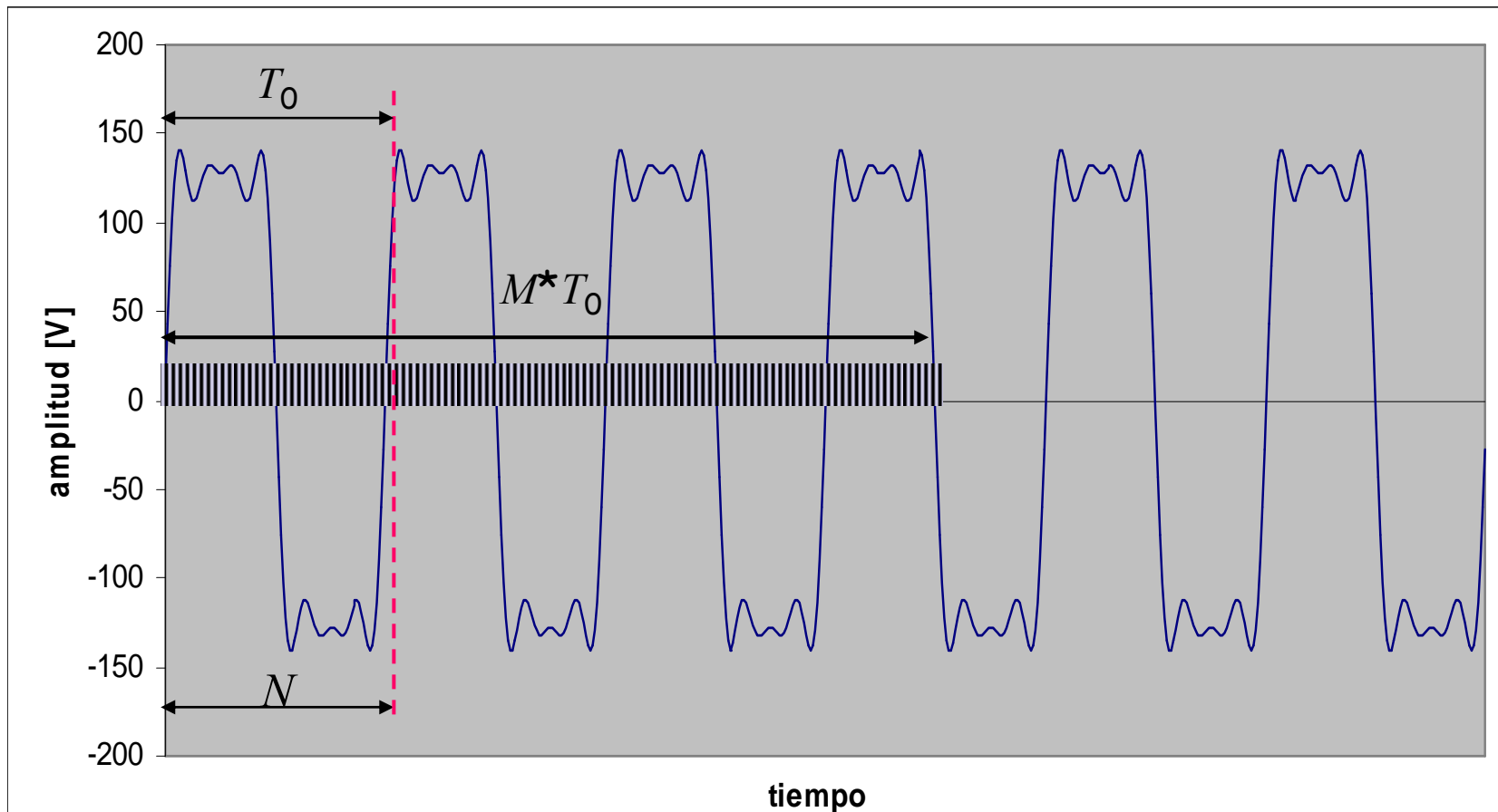
- AGILENT 3458A: intervalos 10 V y 1 V
- Mediciones trazables a PMJTC, Efecto Josephson y Reloj Atómico de Cesio



Método de medición de referencia

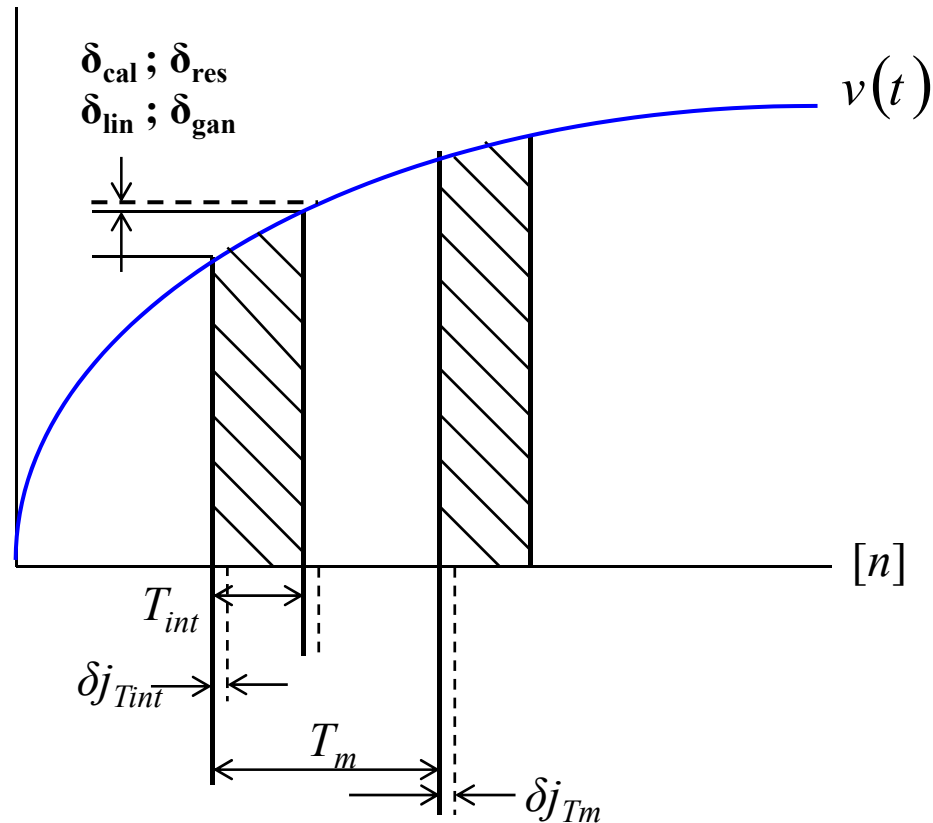
Digitalización de señales eléctricas

- Medición de la frecuencia fundamental f_0
- Frecuencia de muestreo $f_m = N f_0$
- Tiempo observación: $M * T_0 =$ número entero periodos fundamental



El proceso de digitalización

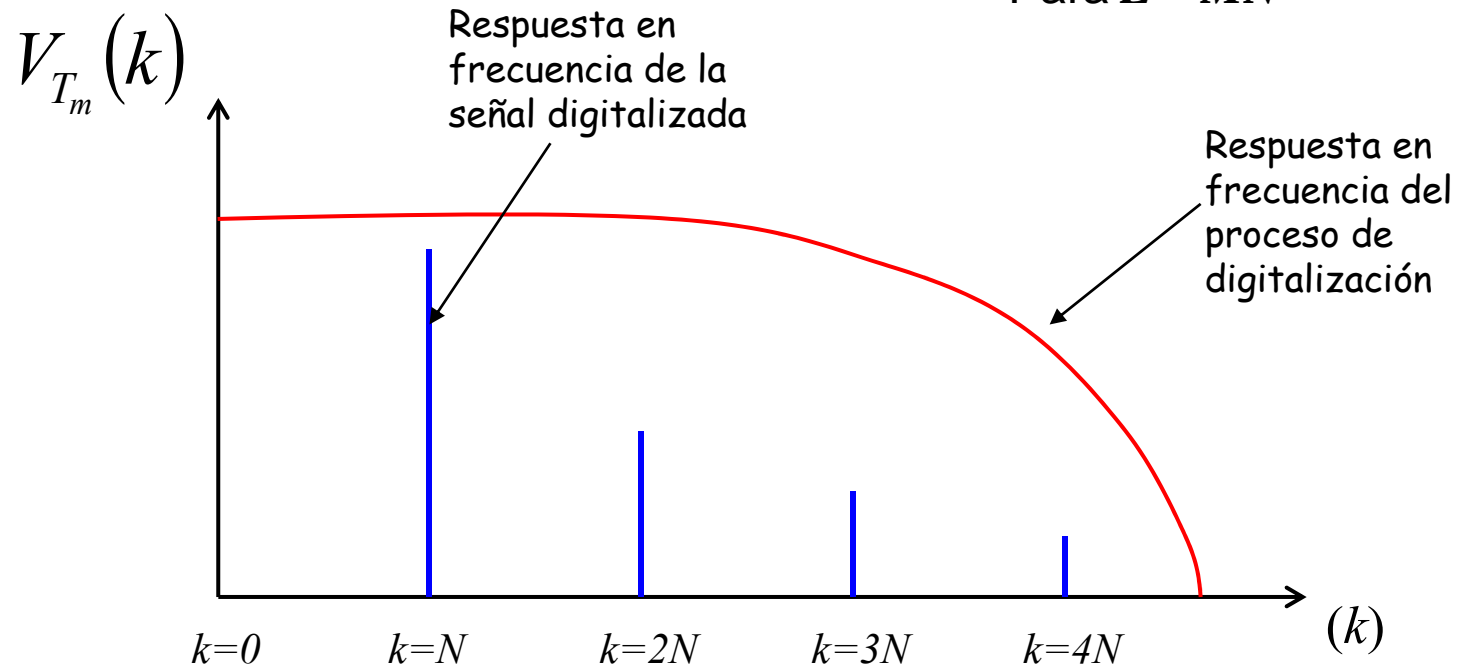
$$v[nT_m] = \frac{V_{AMPL} AB(f)}{T_{int} + \delta j_{T_{int}}} \int_{nT_m + \delta j_{T_m}}^{nT_m + \delta j_{T_m} + T_{int} + \delta j_{T_{int}}} v(t) p(t) dt + v_{Rvolt}(t)$$



Respuesta en frecuencia del proceso de digitalización

$$V_{T_m}(k) = \frac{2e^{-j\left(\frac{\pi T_{\text{int}} k}{NT_m}\right)}}{L} \frac{\frac{\pi T_{\text{int}} k}{NT_m}}{\text{sen}\left(\frac{\pi T_{\text{int}} k}{NT_m}\right)} \sum_{n=0}^{L-1} v[nT_m] e^{-j\frac{2\pi kn}{L}}$$

Para $L = MN$



Resultados: desempeño del Sistema de Referencia del CENAM

Meidición de V_{CA} en Fluke 5720A : $120 V_{RMS} @ f_0 = 60 \text{ Hz}$



Resultados: desempeño del Sistema de Referencia del CENAM

Mediciones sobre calibrador Fluke 5720A : $120 V_{RMS}$ @ $f_0 = 60$ Hz

Valor medido Transferencia Fluke 792A = 119,999 7 V \pm 4 μV/V	Valor medido Sistema Referencia Calidad Potencia CENAM = 119,999 8 V
---	--

Frecuencia señal de prueba (f_0)	59,999 1 Hz
Frecuencia de muestreo (f_m)	5 999,1 Hz
Duración ventana de tiempo	$M = 12$ ciclos
Número de muestras dentro del periodo fundamental	$N = 100$ muestras

Resultados: desempeño del Sistema de Referencia del CENAM

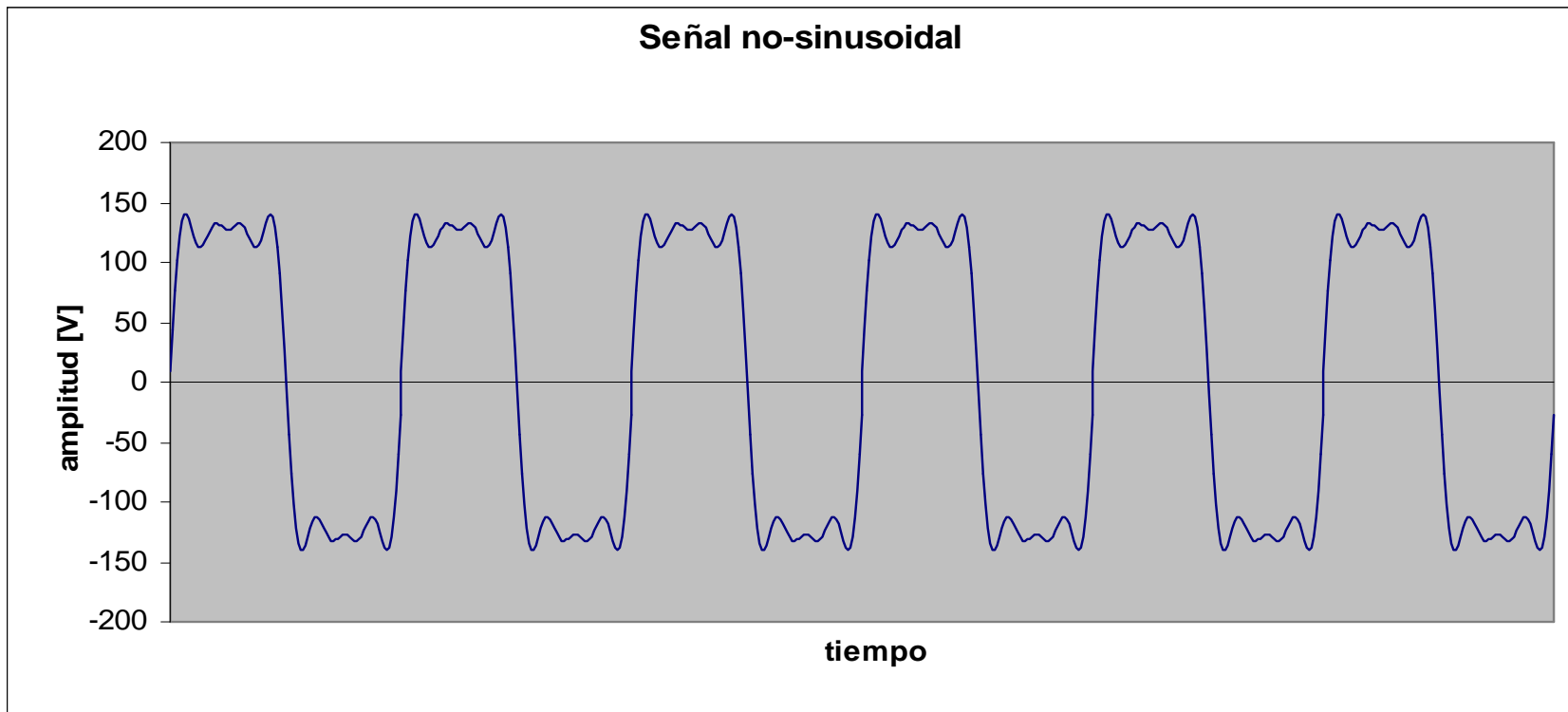
Mediciones sobre calibrador Fluke 5520A



Resultados: desempeño del Sistema de Referencia del CENAM

Mediciones sobre calibrador Fluke 5520A

$$v(t) = 120\text{sen}(2\pi 60t) + 36\text{sen}(2\pi 180t) + 24\text{sen}(2\pi 300t) + 12\text{sen}(2\pi 420t)$$



Resultados: desempeño del Sistema de Referencia del CENAM

Mediciones sobre calibrador Fluke 5520A

Frecuencia [Hz]	Valor programado [V _{RMS}]	Valor medido CENAM [V _{RMS}]	Valor medido RD-22 [V _{RMS}]
60,000 2	120,000	112,408 1	112,404 5
180,000 6	36,000	33,674 0	33,676 5
300,001	24,000	22,421 9	22,425 1
420,001 4	12,000	11,199 7	11,201 3

Trabajo a futuro:

- Mediciones Calidad de la Potencia en condiciones **No-estacionarias**
- Desarrollar Método Referencia para condiciones **No-estacionarias**
- Trazabilidad a Fluke 6100A, 6101A, 6105A: sincronización de de muestreo con terminal **SAMPLE REFERENCE OUTPUT**
- Determinar la incertidumbre total de las calibraciones



CONCLUSIONES

- El mensurando: calidad de la potencia en **condiciones estacionarias y no-estacionarias**
- Sistema de referencia del CENAM para **condiciones estacionarias**
- Método de medición de referencia:
 - ⓐ trazabilidad de los transductores tensión y corriente
 - ⓐ trazabilidad del proceso de digitalización
 - ⓐ trazabilidad del análisis espectral
- Sincronización directa con calibradores Fluke 6100A, 6101A y 6105A para minimizar la incertidumbre en la trazabilidad de las mediciones

GRACIAS

rene.carranza@cenam.mx