

# Evolución de la metrología eléctrica en Uruguay

Daniel Slomovitz

Universidad de la República-Facultad de Ingeniería-Instituto de Ingeniería Eléctrica

E-mail: [dslomo@gmail.com](mailto:dslomo@gmail.com)



IMS 75th Anniversary Uruguayan Seminar – February 2025

# Primeros instrumentos en Uruguay



Miliamperímetro  
d'Arsonval (1906)  
(colección particular)



Resistor patrón  
1 $\Omega$  (1907)  
(UTE)



Vatímetro ( $\approx$ 1930)  
(UTE)

# Primeros cursos sobre mediciones eléctricas en Uruguay

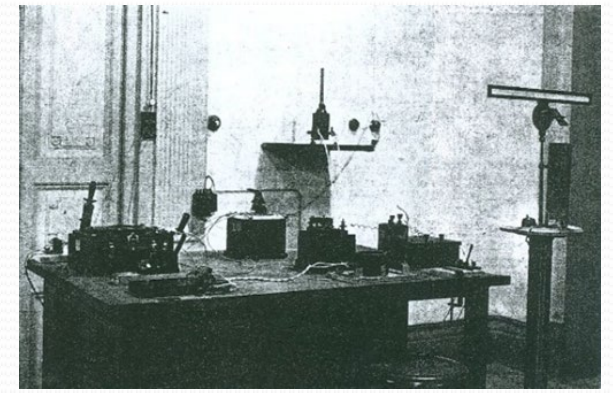
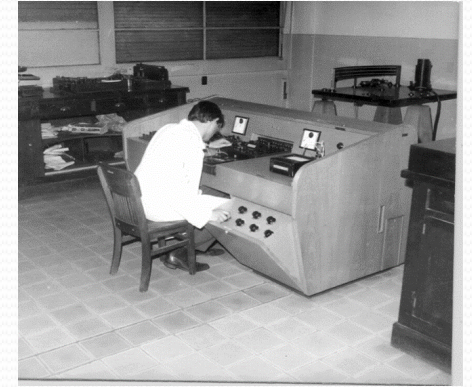
Universidad de la República, Facultad de Ingeniería, 1911

Nociones de electrotecnia.

- Conteníá un capítulo de Unidades de Medida y otro sobre Aparatos de Medida que incluía patrones y los medidores básicos de corriente, tensión, potencia y resistencia.

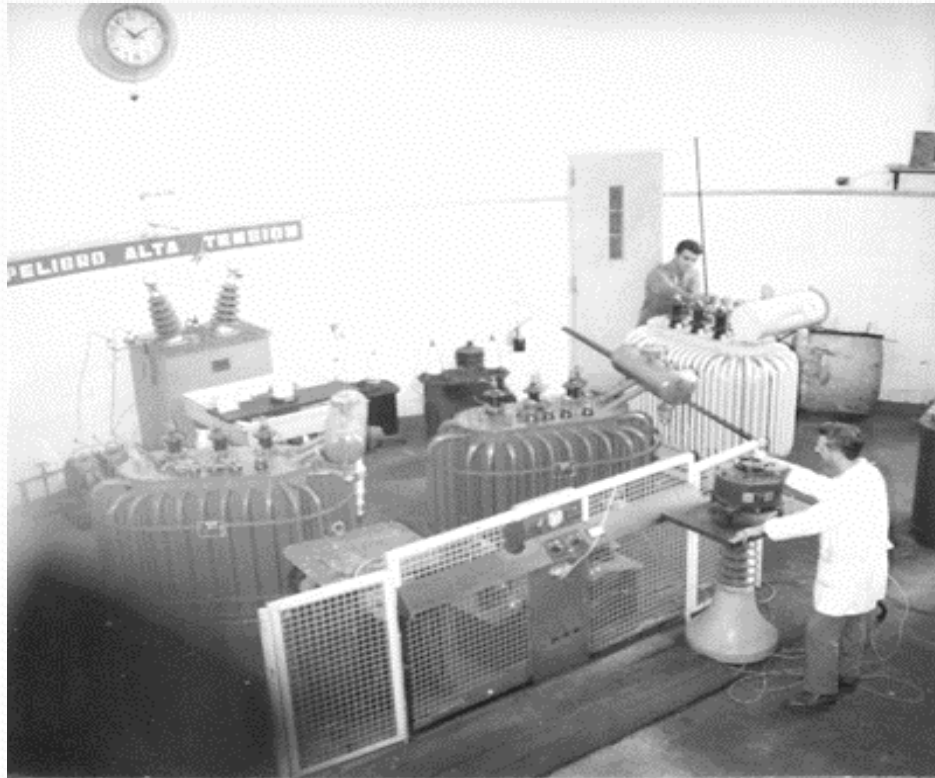
# Laboratorios eléctricos en Uruguay

- Comienzo del siglo XX: Existían actividades de mediciones eléctricas, pero falta documentación.
- 1938: Laboratorio en Usinas y Teléfonos del Estado (UTE).
- 1939: Laboratorio en el Instituto de Electrotécnica de la Facultad de Ingeniería, Universidad de la República (FING).
- 1964: Laboratorio de Análisis y Ensayos (LAE), LATU (Laboratorio Tecnológico del Uruguay) a partir de 1975.



# Laboratorios de alta tensión

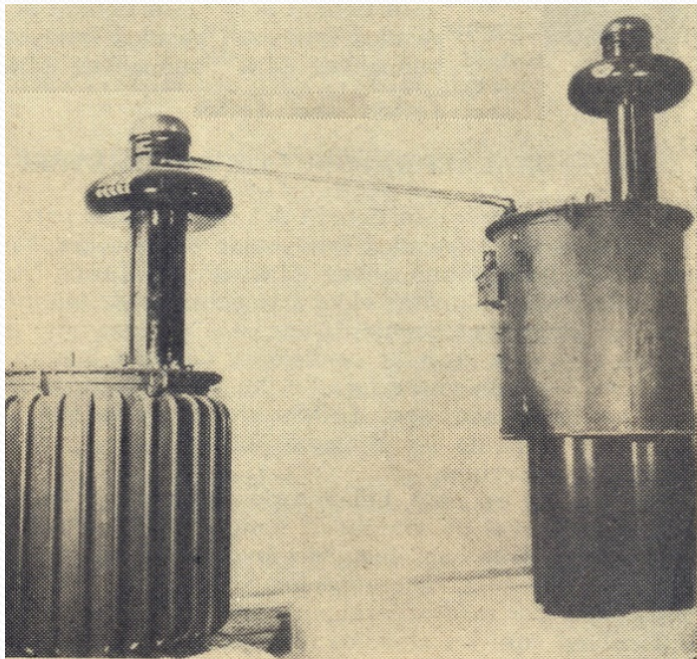
UTE 1938 – Equipamiento de alta tensión



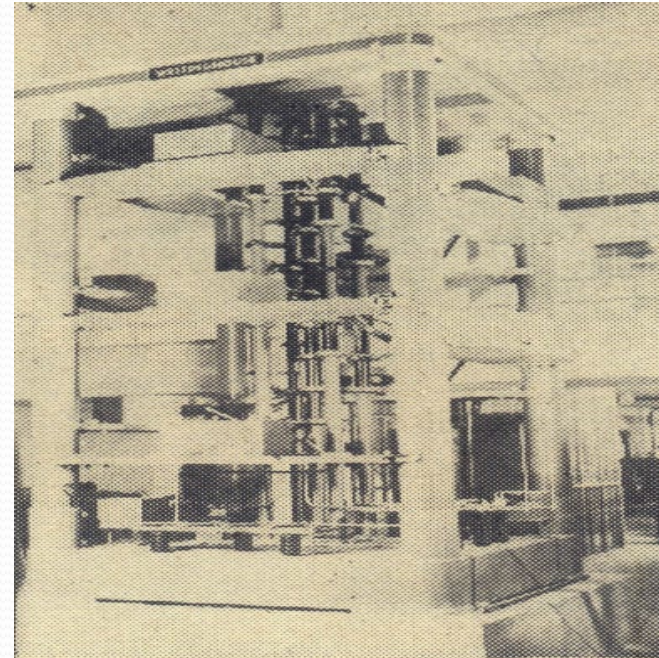
Transformador de 100 kV

# Laboratorios de alta tensión

- FING 1950 – Equipamiento de alta tensión



Transformadores de alta tensión de 500 kV



Generador de impulso de 1 MV

# Investigación – década 1940

1940 :

- N.º 1 — **S. Gerszonowicz** — Galvanómetros: definición, propiedades generales, estudio del movimiento. Un folleto de 56 págs. 16 x 23 cm.  
N.º 2 — **S. Gerszonowicz** — Galvanómetros de imán y cuadro móvil para corriente continua. Un folleto de 88 págs. 16 x 23 cm.

1941 :

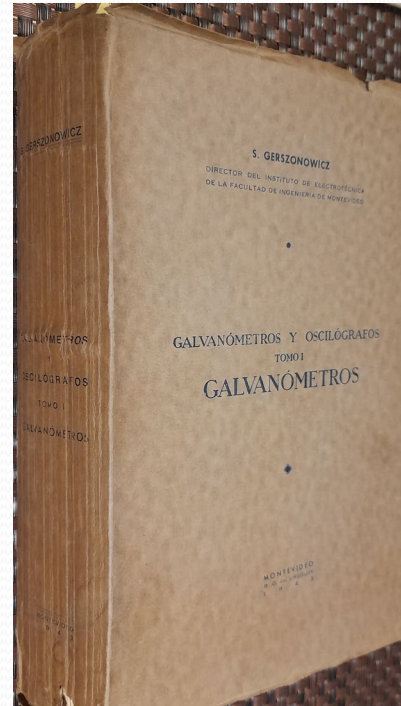
- N.º 3 — **S. Gerszonowicz** — Galvanómetro balístico. Fluxímetro. Un folleto de 56 págs. 16 x 23 cm.  
N.º 4 — **S. Gerszonowicz** — Determinación experimental de las constantes y características del galvanómetro de cuadro móvil. Un folleto de 40 págs. 16 x 23 cm.

1942 :

- N.º 5 — **S. Gerszonowicz** — Galvanómetro de resonancia. Un folleto de 46 págs. 16 x 23 cm.  
N.º 7 — **S. Gerszonowicz** — Galvanómetros de cuerda y de bucle. Un folleto de 22 págs. 16 x 23 cm.

1943 :

- N.º 8 — **S. Gerszonowicz** — Electrodinamómetros; galvanómetros de inducción, de hierro y térmicos. Un folleto de 34 págs. 16 x 23 cm.



**Segismundo Gerszonowicz** nació en 1909 en Polonia, se graduó de Ingeniero en 1930 en el Instituto Politécnico de Grenoble, Francia. En 1936 viajó a Uruguay, contratado para cubrir el cargo de

Director del recién creado Instituto de Electrotécnica. Desarrolló sus principales trabajos en metrología sobre galvanómetros. Su tratado de “Galvanómetros y oscilógrafos” aparece como referencia en libros de reputados autores de Estados Unidos e Inglaterra. En 1950 fue nombrado “Fellow” del American Institute of Electrical Engineers (AIEE). Murió el 10 de julio de 1953 a la temprana edad de 44 años.

# Galvanómetros de corriente continua

- Estudio del retorno al cero.
- Determinación de la resistencia crítica.
- Ensayos para determinar sus características



Fotos: UTE - LABORATORIO

- S. Gerszonowicz, “Estudio del retorno al cero de los galvanómetros,” Boletín de la Facultad de Ingeniería y Ramas Anexas, FIRA, Vol. 4, no 8, nov 1939, 460-471
- S. Gerszonowicz, “Sobre la determinación directa y semidirecta de la resistencia crítica de los galvanómetros,” Boletín de la Facultad de Ingeniería p.453-459
- S. Gerszonowicz, “Determinación experimental de las constantes y características del galvanómetro de cuadro móvil,” Boletín de la Facultad de Ingeniería, pp. 40, 1941.



# Galvanómetro balístico

- Análisis del movimiento
- Efectos termoeléctricos
- Aplicaciones

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\theta_1}{\theta_2} \frac{S'_{q_2}}{S'_{q_1}} = \frac{\theta_1}{\theta_2} \frac{r_2}{r_1}$$

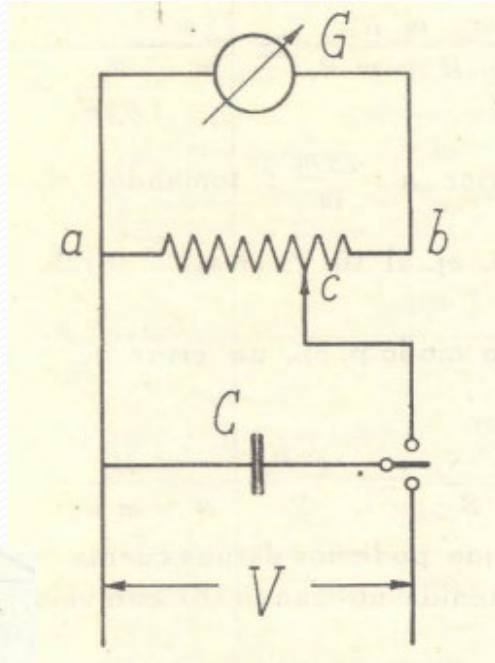


Foto: UTE LABORATORIO

- D. Maggiolo, S. Gerszonowicz, "Expresión analítica aproximada de la curva Sq(R) del balístico y su aplicación a algunas medidas rápidas," Boletín de la Facultad de Ingeniería FIRA vol. 5, no 9, 1940, p. 496-502
- S. Gerszonowicz, "Sobre la corrección debida a los efectos termoeléctricos en las medidas balísticas," Revista Electrotécnica, 1941, Buenos Aires.
- S. Gerszonowicz, "Galvanómetro balístico. Fluxímetro," 56 p. 1941. no figura en el Biur, aparentemente habría sido publicado en : Publicaciones. Series Textos y complementos, Laboratorios, Textos. 1941. 56 p.

# Galvanómetros en corriente alterna

- Investigaciones sobre
  - Análisis del movimiento
  - Efectos termoeléctricos
  - Aplicaciones



Foto: UTE- LABORATORIO

S. Gerszonowicz, “Galvanómetro de resonancia,” 46 p. 1942. Publicación del Instituto de Electrotécnica, No 5, 1942, 45 p.

S. Gerszonowicz, “Galvanómetros de cuerda y de bucle,” 22 p. 1942. Publicación del Instituto de Electrotécnica, No 7, 1942,

S. Gerszonowicz, “El aparato de cuerda como galvanómetro de resonancia,” Revista Electrotécnica, 1943, Buenos Aires.

S. Gerszonowicz. Electrodinamómetros, galvanómetros de inducción, de hierro, térmicos. 34 p. 1943. Publicación del Instituto de Electrotécnica, No 8, 1943, 34 p.

# Sistema de unidades

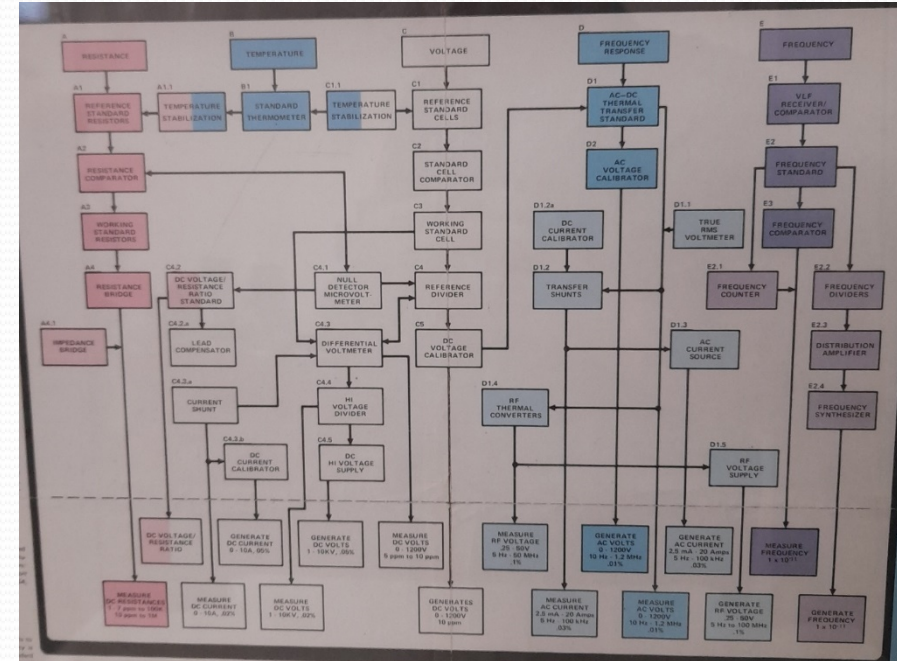
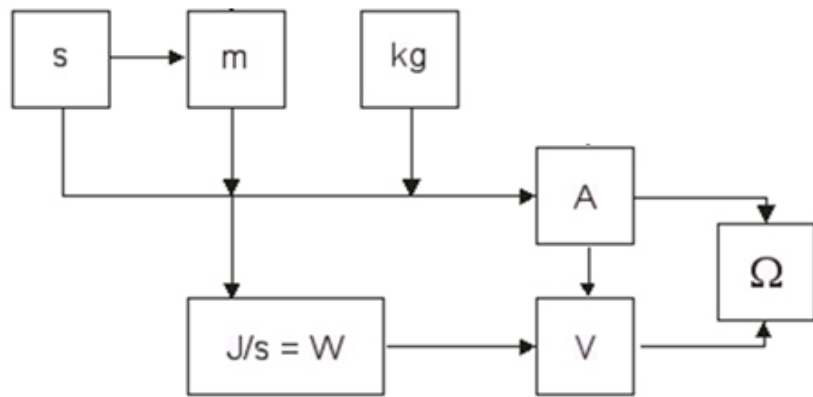
- 1889 - Rücker:  $LMT\mu$
- 1930 - CEI, Sub-Comité de Magnitudes y Unidades eléctricas y magnéticas de la CEI:  $\mu$
- 1935 - CEI: se consultará al Comité consultivo de Electricidad del Comité Internacional de Pesas y Medidas entre: **coulomb, ampére, volt, ohm, farad, henry, weber**
- 1935 - Comité Consultivo de Electricidad del Comité Internacional de Pesas y Medidas:  $\mu$ , pero como esta magnitud no se encontraba en la lista de las magnitudes propuestas por la CEI, se votó el **ohm**. El patrón se depositaría en Sévres.

Grupos con cuarta unidad susceptible de ser representada por un patrón:	Grupos con cuarta unidad no susceptible de ser representada por un patrón:
$LMT\epsilon$	$LMT\epsilon$
$LMTR$	$LMT\mu$
$LMTV$	$LMTI$
$LMTC$	$LMTQ$
	$LMT\phi$

Blondel: “la verdadera vergüenza de la electrotécnica”.  
Gerszonowicz: Esperamos que el Congreso Sudamericano de Ingeniería se unirá a nuestro punto de vista y pedirá a los organismos internacionales habilitados que **se active la discusión del asunto en vista de su resolución definitiva.**

# Sistema de unidades

1960 - 11.<sup>a</sup> Conferencia  
General de Pesas y Medidas  
(CGPM): LMTI



FLUKE

El amperio es aquella corriente constante que, mantenida en dos conductores rectilíneos paralelos, de **longitud infinita**, de **sección circular despreciable** y colocados a **1 metro de distancia** en el **vacío**, produciría entre estos conductores una **fuerza igual a  $2 \times 10^{-7}$  newton por metro** de longitud.

# Sistema de unidades

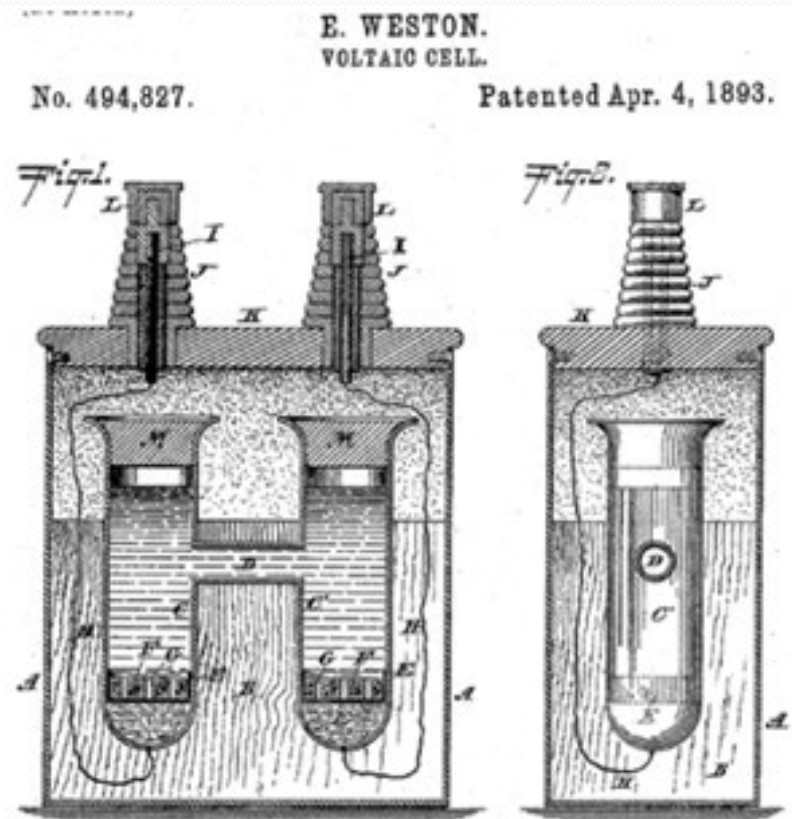
2018: 26.<sup>a</sup> CGPM Conferencia General de Pesas y Medidas

El SI revisado quedó definido como aquel en el que:

- la frecuencia de la transición hiperfina del estado fundamental no perturbado del átomo de cesio 133 ( $\Delta\nu_{Cs}$ ) es 9 192 631 770 Hz
- la velocidad de la luz en el vacío ( $c$ ) es 299 792 458 m/s
- la constante de Planck ( $h$ ) es  $6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$  J·s
- la carga elemental ( $e$ ) es  $1.602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$  C

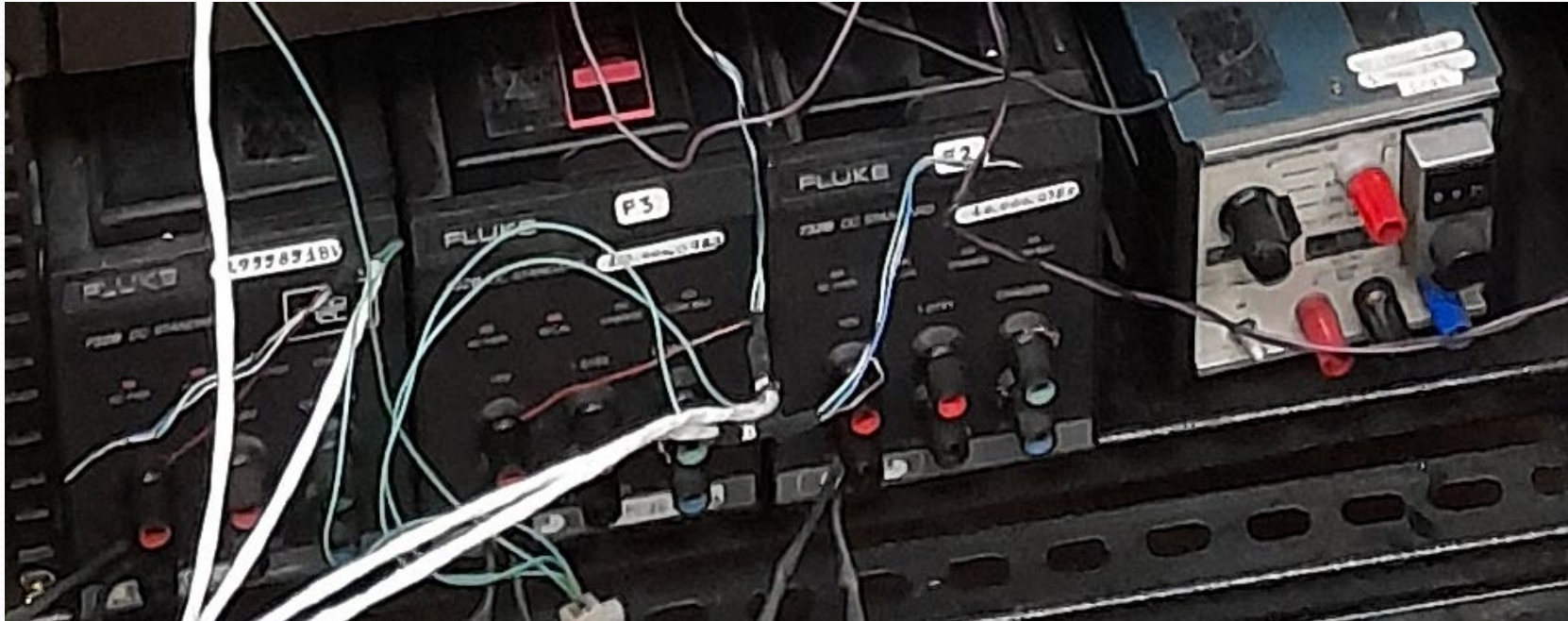
# Evolución del patrón de tensión

- UTE – FING - LATU
- Pilas patrones Weston (1.0183 V @ 20 °C)



# Evolución del patrón de tensión

- UTE 1994
- Fuentes comerciales basadas en diodos Zener



Fuentes Zener FLUKE (UTE)

# Evolución del patrón de tensión

UTE – 2000

Desarrollo de fuente Zener

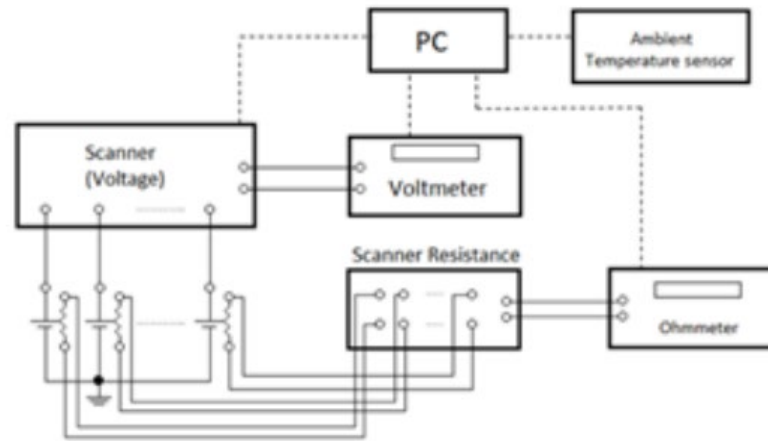
- Motivación: Conseguir una alta estabilidad que permita ampliar sus periodos de calibración a varios años.
- Idea: Utilizar dispositivos Zener de bajo coste, pero en gran cantidad (140 unidades)



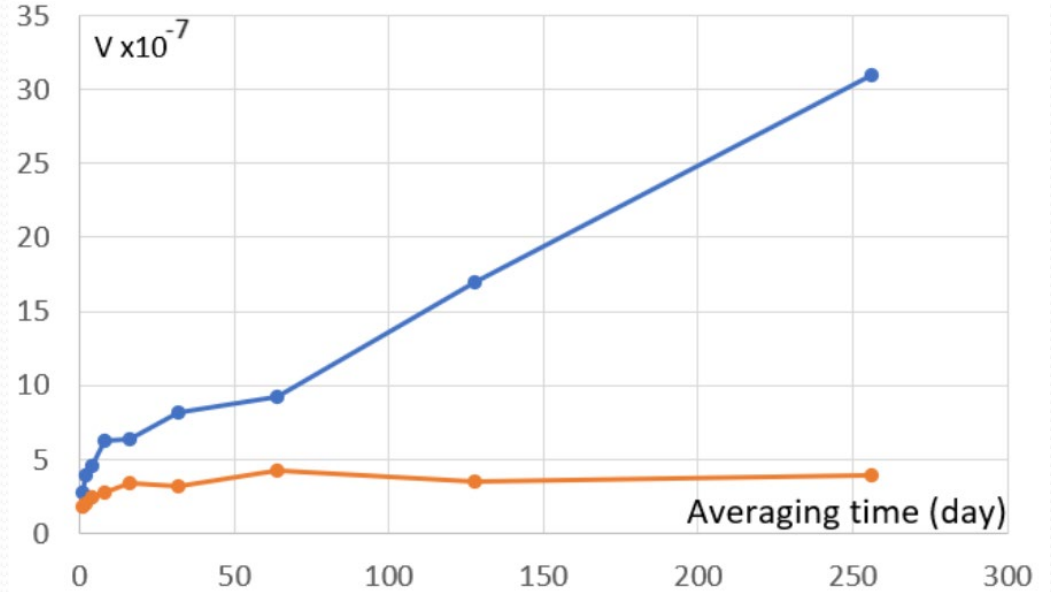
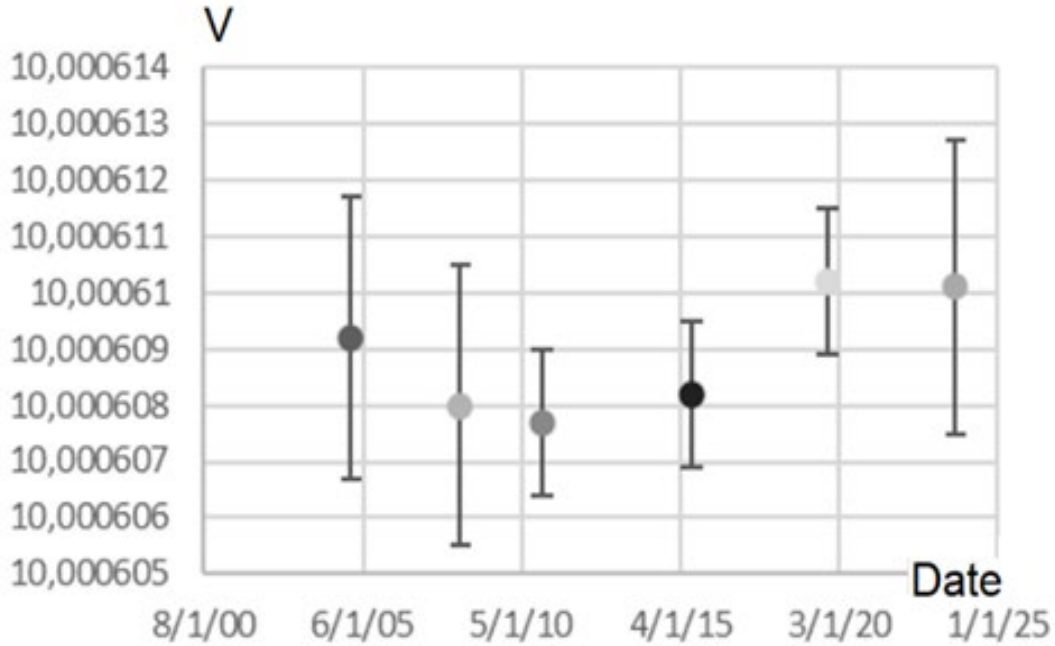


# Sistema de medida

- Multímetro de 8 ½ dígitos.
- Scanner de muy baja fem.
- Programa de control de instrumentos y cálculo de la diferencia entre cada par de unidades.



# Resultados



Desvío de Allan

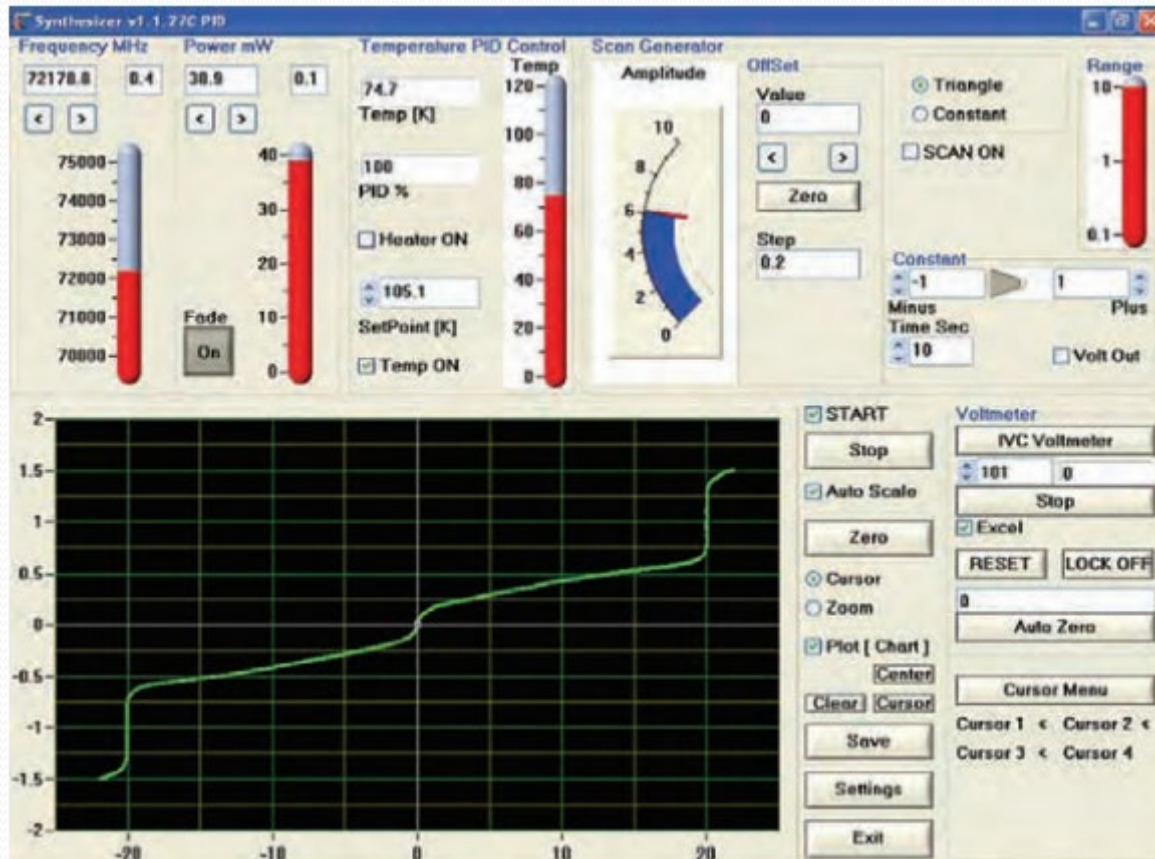
Variación  $\pm 0.1$  ppm en 20 años

Deriva: 0.01 ppm/año. Dos órdenes mejor que Zener comerciales.

L. Trigo, D. Slomovitz, H. de Souza, A. Jurado, "Evaluación of an Ultra Stable Zener Based Voltage Reference," IEEE-URUCON 2024.

# Patrón de tensión Josephson - UTE

UTE- 2009



$$V = \frac{f}{2e/h} n$$

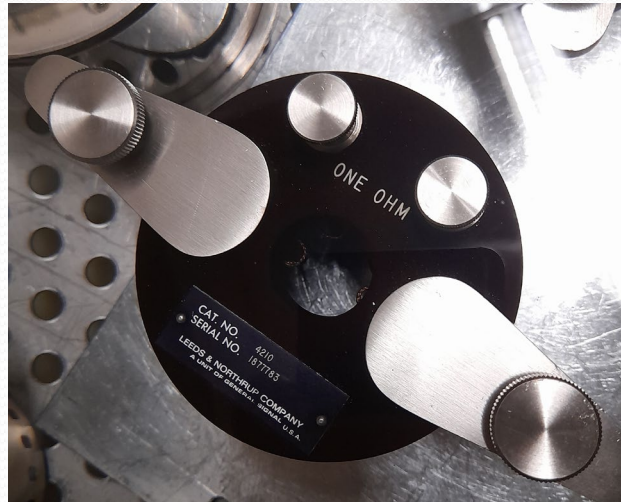


“Laboratorio de UTE desarrolla un patrón primario para el Volt,” Uruguay Ciencia, p. 17, Enero 2009

# Evolución del patrón de resistencia



Resistor 1  $\Omega$  (1907)  
(UTE)



Resistores tipo Thomas 1  $\Omega$   
(1960) (LATU)



Resistor en aire 10 M $\Omega$   
(2000) (UTE)



Cuba termostatizada (1990) (UTE)

J. L. Thomas, A new design of precision resistance standard, Bur. Stand. J. Res. 5, 295-304, 1930.

J. L. Thomas, Stability of double-walled manganin resistors, J. Res. Natl. Bur. Stand. (U.S.) 36, 107-110, 1946.

# Evolución del patrón de resistencia

2013: Sistema automático de intercomparación de resistores - UTE

Diferencias entre par de resistores

	R1	R2	R3	R4	R5
R1	0	$-D_{12}$	$-D_{13}$	$-D_{14}$	$-D_{15}$
R2	$D_{12}$	0	$-D_{23}$	$-D_{24}$	$-D_{25}$
R3	$D_{13}$	$D_{23}$	0	$-D_{34}$	$-D_{35}$
R4	$D_{14}$	$D_{24}$	$D_{34}$	0	$-D_{45}$
R5	$D_{15}$	$D_{25}$	$D_{35}$	$D_{45}$	0

$$R_i - V_m = M_i/5$$

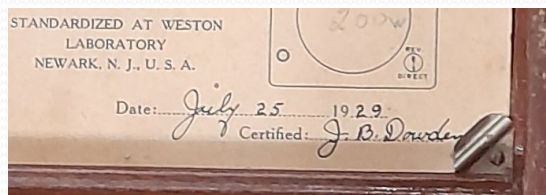
$M_i$  es la suma de todos los valores de  $D_{ij}$ , correspondientes a la columna de  $R_i$ .



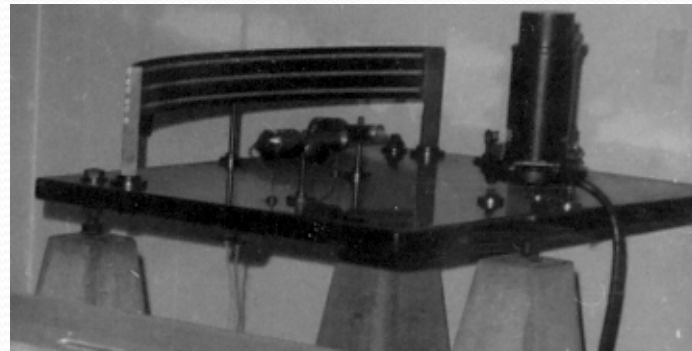
Equipamiento automático de comparación

Izquierdo, D., Camacho, M. y Slomovitz, D. “Sistema automático para el mantenimiento del patrón de resistencia,” X SEMETRO, 2013.

# Evolución del patrón de potencia



Vatímetro electrodinámico  
1929 (UTE)



Vatímetro Cambridge (UTE)



Desarrollos electrónicos (UTE)

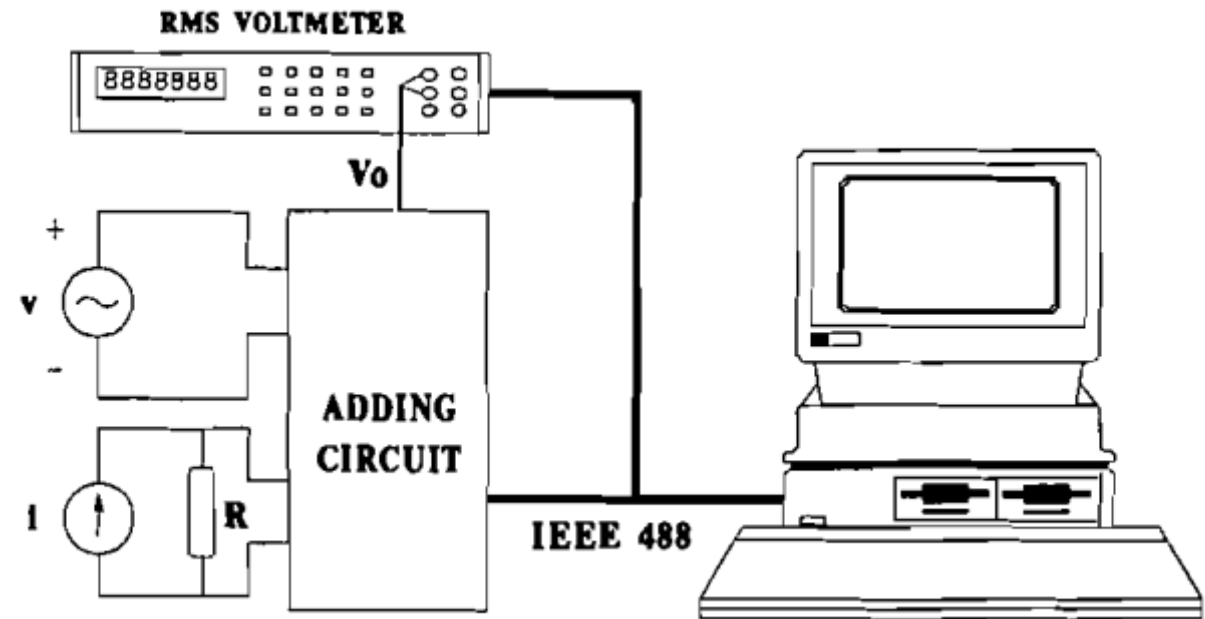
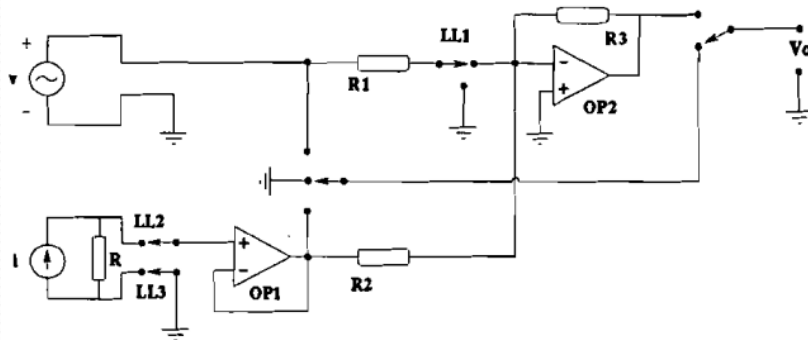
# Evolución del patrón de potencia

1993: Sistema sumador - UTE

$$\langle (X - Y)^2 \rangle = \langle X^2 \rangle + \langle Y^2 \rangle - 2 \langle XY \rangle$$

$$\langle (X + Y)^2 \rangle = \langle X^2 \rangle + \langle Y^2 \rangle + 2 \langle XY \rangle$$

$$4 \langle XY \rangle = \text{RMS}^2(X + Y) - \text{RMS}^2(X - Y)$$



P. Braga, D. Slomovitz, "RMS voltmeter based power and power-factor measuring system." International Journal of Electronics, [s. l.], v. 75, n. 3, p. 561, 1993.

# Evolución del patrón de potencia

2006: Sistema basado en fasímetro - UTE

$$\varepsilon_p = \cos \phi_1 - \lambda,$$

$$\lambda = \cos \phi_1 \frac{V_1 I_1}{V_{\text{rms}} I_{\text{rms}}} + \sum_{n=2}^{\infty} \frac{V_n I_n \cos \phi_n}{V_{\text{rms}} I_{\text{rms}}}$$

$$\varepsilon_p = \cos \phi_1 \left( 1 - \frac{V_1 I_1}{V_{\text{rms}} I_{\text{rms}}} \right) - \sum_{n=2}^{\infty} \frac{V_n I_n \cos \phi_n}{V_{\text{rms}} I_{\text{rms}}}$$
$$(D_v^2 + D_i^2)/2. \quad D_v D_i \cos \phi_n.$$

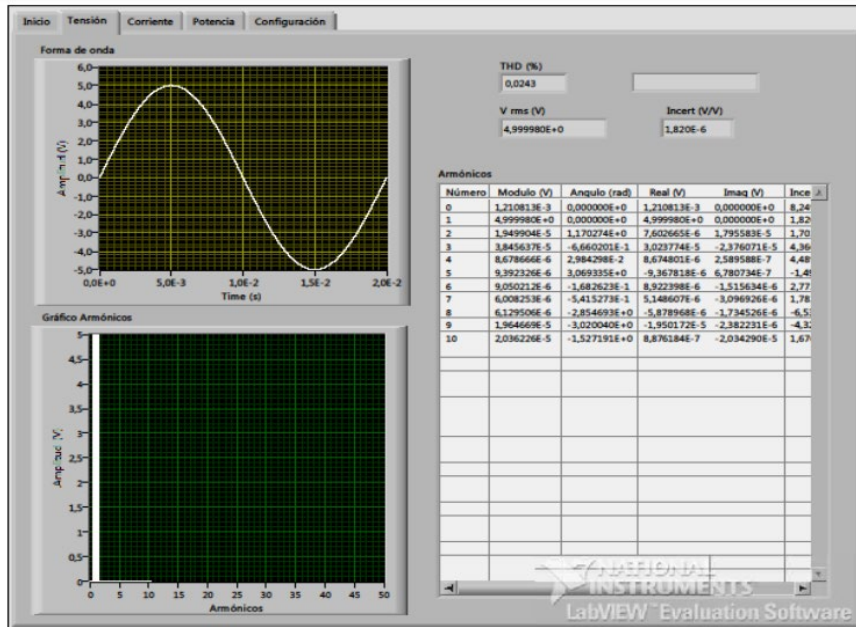


Slomovitz, D., Faverio, C., Trigo, L. “A wattmeter based on phase measurements with few  $\mu\text{W}/\text{VA}$  uncertainty.”  
CPEM Digest, Torino, Italy, jul. 2006, pp. 574-575.



# Evolución del patrón de potencia

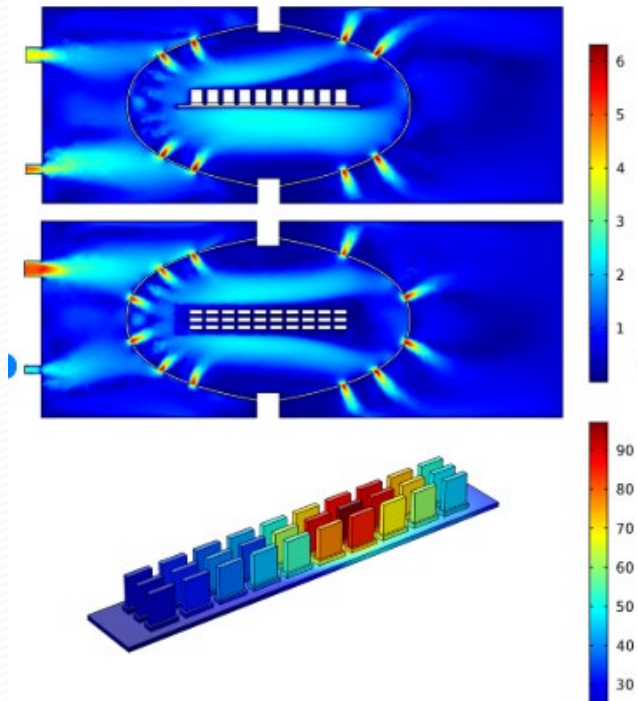
2011: Vatímetro basado en digitalizadores - UTE



D. Slomovitz, L. Trigo, “Patrón nacional para el soporte de calibración de instrumentos de medida de calidad de onda y medida de potencia y energía eléctrica bajo condiciones de ondas sinusoidales y distorsionadas,” Proyecto ANII fse\_1\_2011\_1\_6225.

# Evolución del patrón de potencia

2019: Vatímetro de alta frecuencia- UTE – INTI - INMETRO

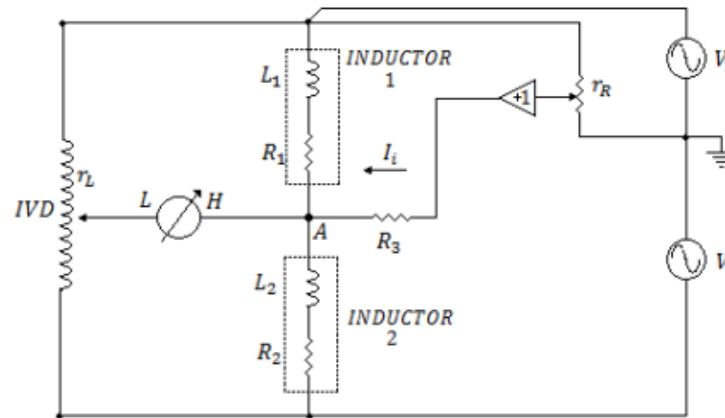
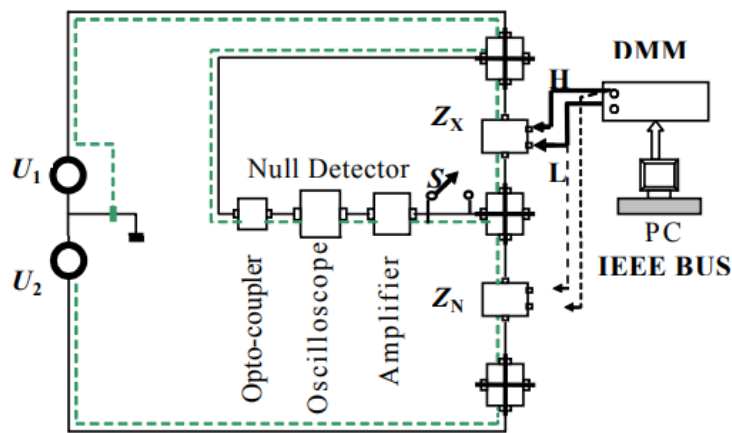


Favre, F, Olivet, D, Curto-Risso, Galione, P, Slomovitz, D, Usera, G, "Air cooling enhancement of a high-precision high voltage resistor," HEFAT, 2019.

G. A. Kyriazis; L. Di Lillo; D. Slomovitz; R. Iuzzolino; E. Yasuda; L. Trigo, "Trilateral South American Project: A Reference System for Measuring Electric Power up to 100 kHz – Current Status," 2020 CPEM, Denver, CO, USA, 2020, pp. 1-2

# Patrones de capacidad e inductancia

2008: Puente de impedancias- UTE

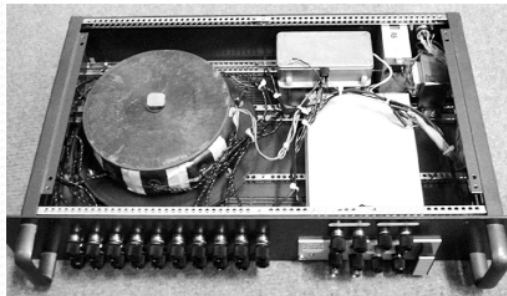


Patrones UTE

D. Slomovitz, C. Faverio, D. Izquierdo, L. Trigo, "Un simple puente para la medida de capacidades usando el algoritmo de Swerlein," IEEE EPIM 2008.

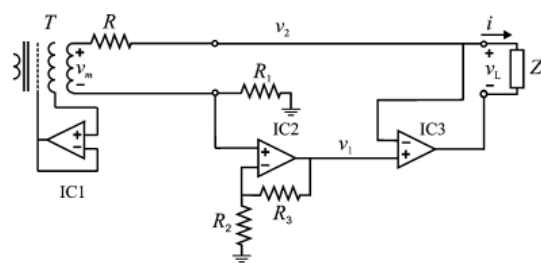
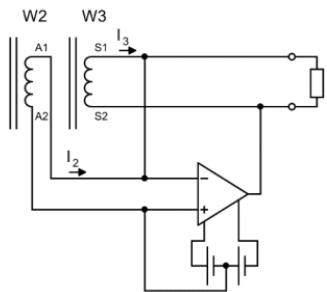
D. Izquierdo, C. Faverio, A. García, L. Trigo, D. Slomovitz, "Inductance comparator bridge," 29th Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 2014), Rio de Janeiro, Brazil, 2014, pp. 566-567

# Transformadores de medida - patrones



TRANSFORMER ERRORS AT OUTPUT CURRENT OF 50 MA

Frequency (Hz)	Errors	
	Ratio ( $\mu\text{A/A}$ )	Phase shift ( $\mu\text{rad}$ )
50	-1.8	0.3
100	2.9	0.6
200	2.9	1.2
400	0.4	2.4
700	-0.2	2.2
1000	-0.2	0.0

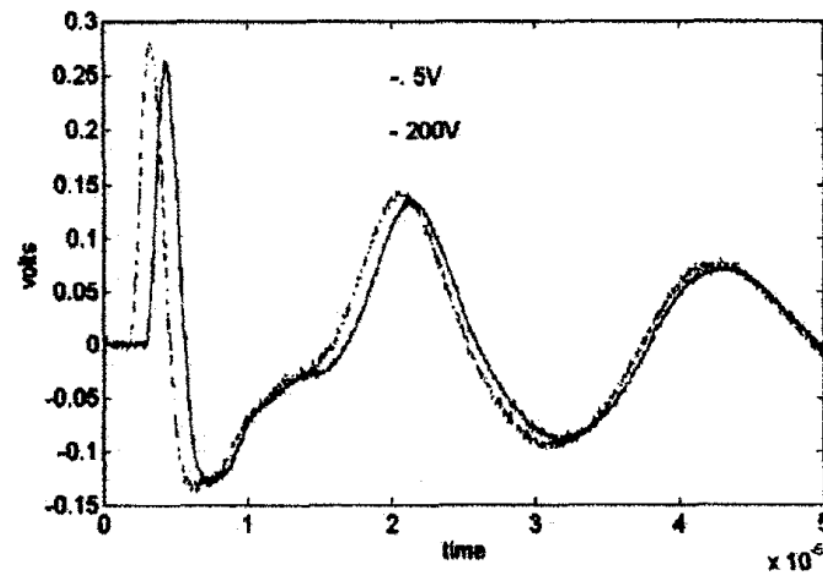
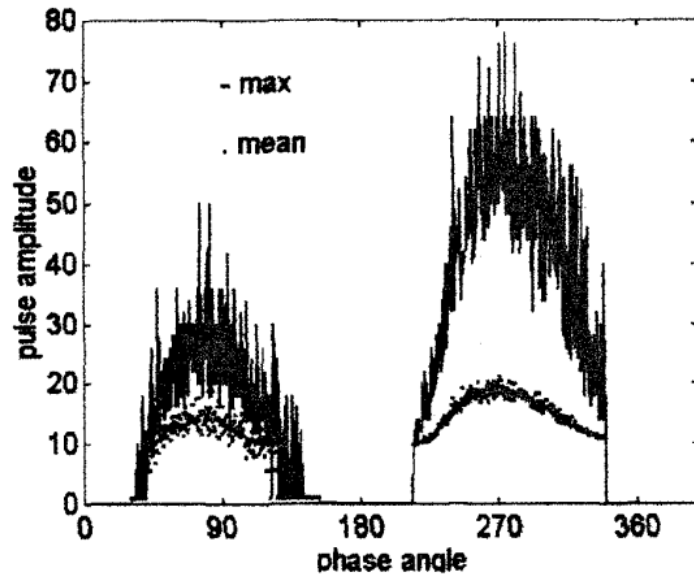


D. Slomovitz, A. Santos, R. Sandler and G. Barreto, "Self-Calibrating High Precision Current Transformer," 2020 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM), Denver, CO, USA, 2020

R. Sandler, M. Brehm, D. Slomovitz and G. Barreto, "Rogowski Coil Design for the Measurement of High Voltage Harmonics," 2020 IEEE PES T&D LA, Montevideo, Uruguay, 2020, pp. 1-5

# Sistemas de medida en alta frecuencia

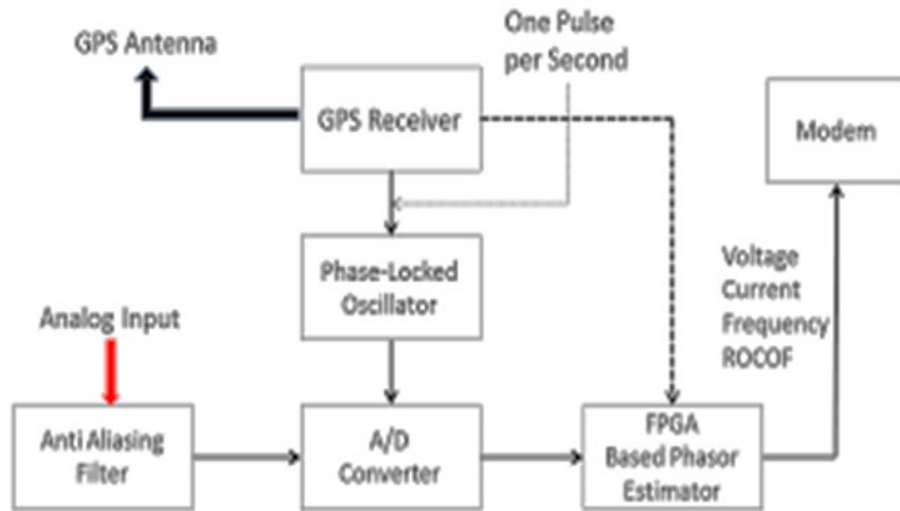
1998 – Medición de descargas parciales - UTE



J. Fernandez, W. Mandl, D. Slomovitz and L. Trigo, "New diagnostic techniques for large utility generators," IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Arlington, VA, USA,, pp. 288-291, 1998.

# PMU Patrón

2021: Calibrador de PMU- UTE

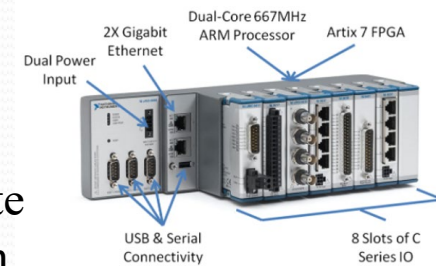


Errors of the proposed standard PMU.

	R	S	T
Volage (ppm)	-31	-34	-34
Current (ppm)	-116	20	-240
Phase ( $\mu$ rad)	-540	-314	-540



Sensor de corriente con compensación electrónica



NI-CompactRio

D. Slomovitz, L. Trigo, A. García, D. Izquierdo, C. Faverio, R. Sandler. "A portable system for phasor measurement units (PMU) calibration in high-voltage substations," XXIII World Congress of the International Measurement Confederation (IMEKO), Yokohama, Japan, pp. 4, 2021.

# Evolución del patrón de frecuencia

1957- UTE

Reloj de péndulo Clemens Riefler.

Ajuste grueso: longitud del péndulo

Ajuste fino: densidad del aire

Estabilidad: 30 ms/día ( $3.5 \times 10^{-7}$ )

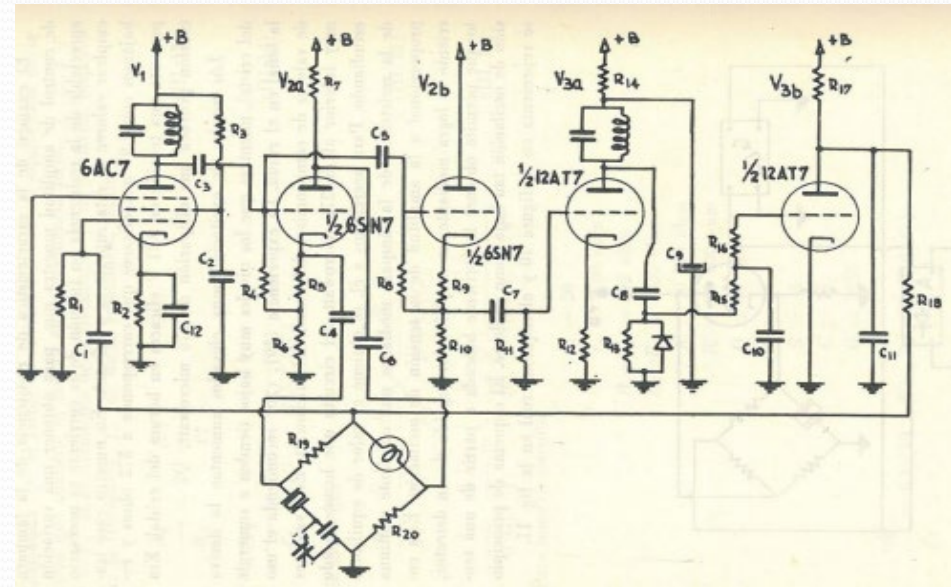
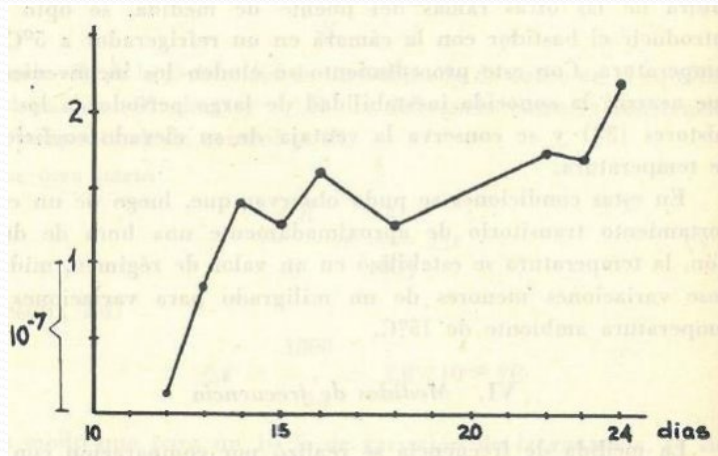


# Evolución del patrón de frecuencia

1960 - FING

Patrón de frecuencia basado en cristal de cuarzo y electrónica con tubos de vacío.

Estabilidad: 1.4 ms/día ( $1.6 \times 10^{-8}$ )



R. P. Iribarren, V. Herrero, “Desarrollo de un patrón de frecuencia con oscilador de Meacham a cristal, en cámara termostática de precisión,” Boletín de la facultad de Ingeniería y Agrimensura, Montevideo, vol. IX, no 27, p. 821-854, oct. 1966.



# Evolución del patrón de frecuencia

2008 – UTE Reloj atómico de rubidio

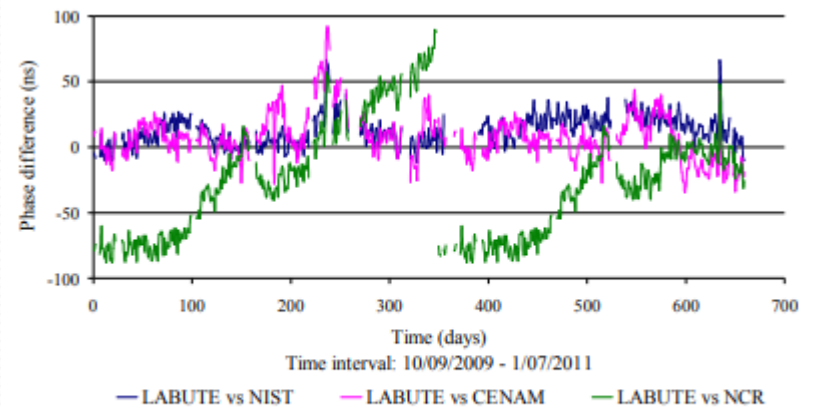
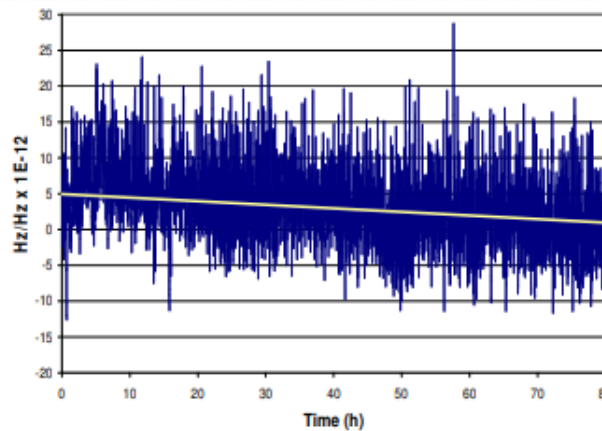
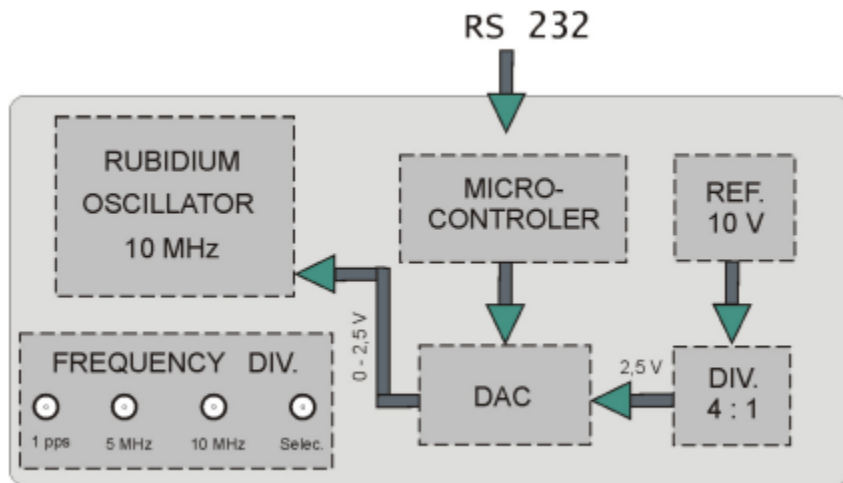


Fig. 6. Phase difference between UTE-NIST, UTE-NCR and UTE-CENAM.

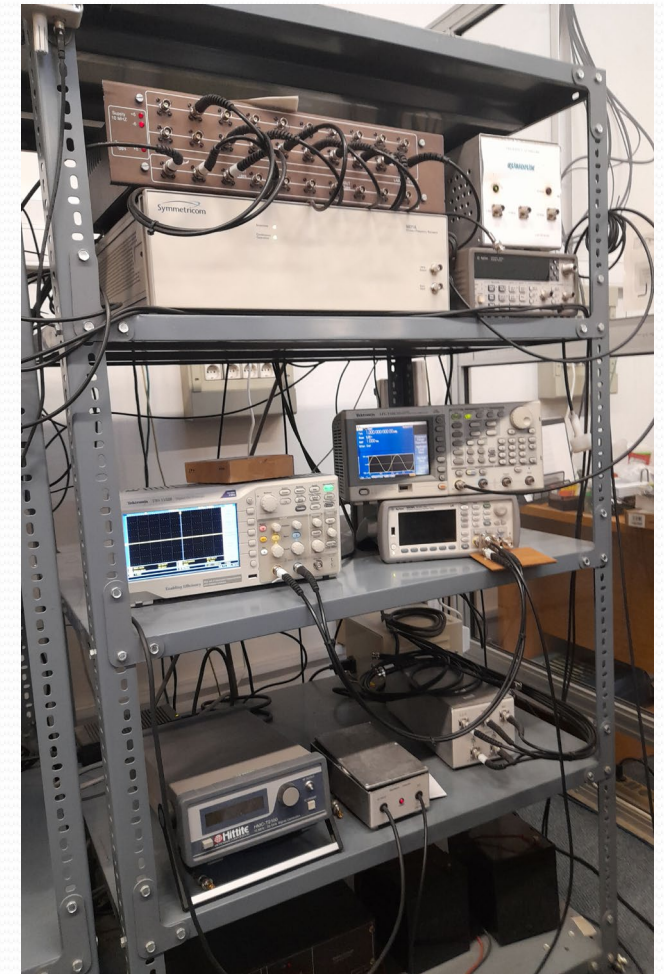
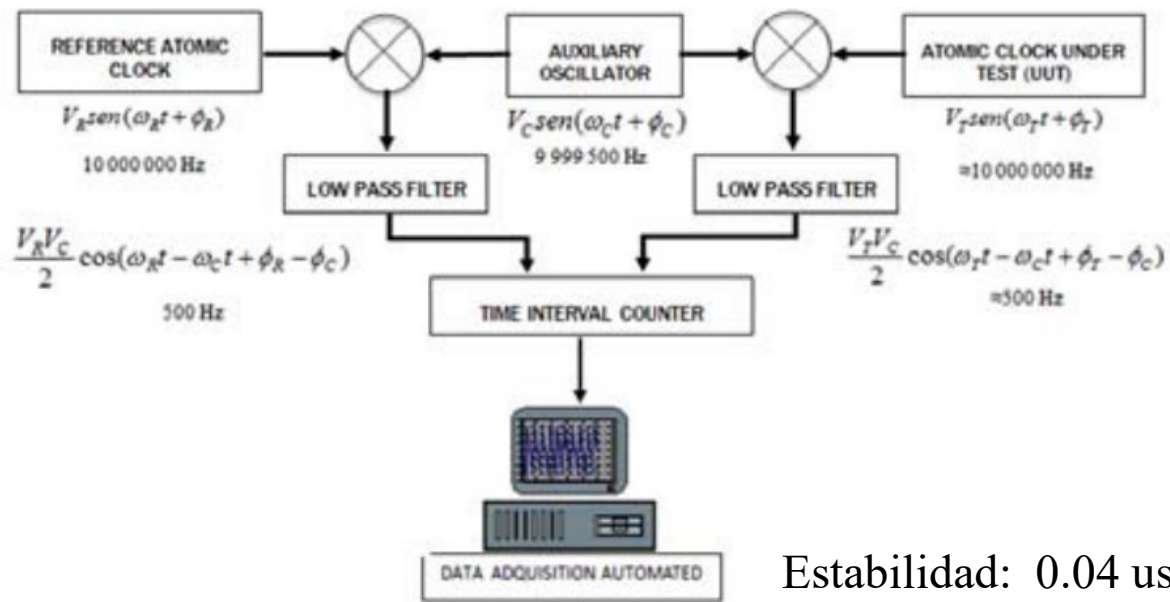


Deriva: 0.2 us por día ( $2.3 \times 10^{-12}$ )

Trigo L, Slomovitz D. “Compensación de la deriva en osciladores de rubidio.” Encuentro de Potencia, Instrumentación y Medidas, EPIM 08, Montevideo, Uruguay, pp. 24-25, 2008.

# Evolución del patrón de frecuencia

2012 – Reloj atómico de cesio - UTE



Trigo L, Slomovitz D. “Measurement System for Atomic Clock Calibration.” IEEE 9th Power, Instrumentation and Measurement Meeting (EPIM), IEEE, 2018.

# Sistema de gestión de la calidad ISO 17025

## Intercomparaciones de Potencia

*Difference between the KCRV and the results of the laboratories of loop j = 1, at pf= 1, 50 Hz.*

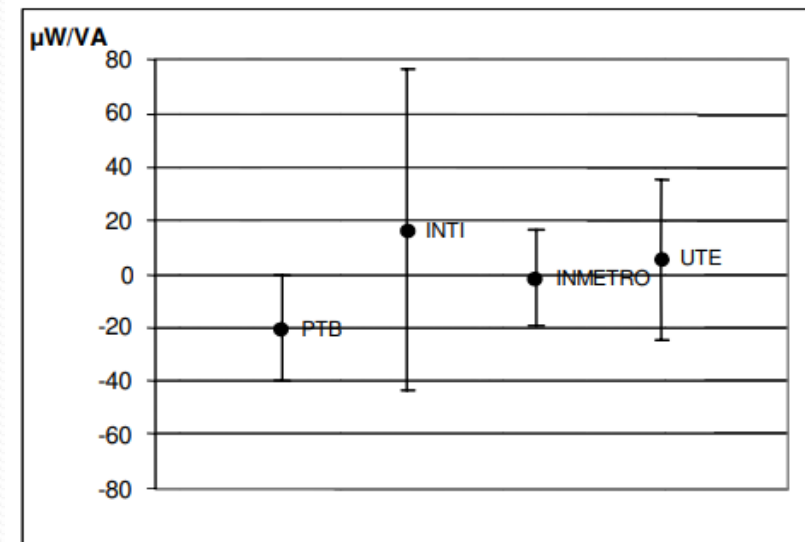
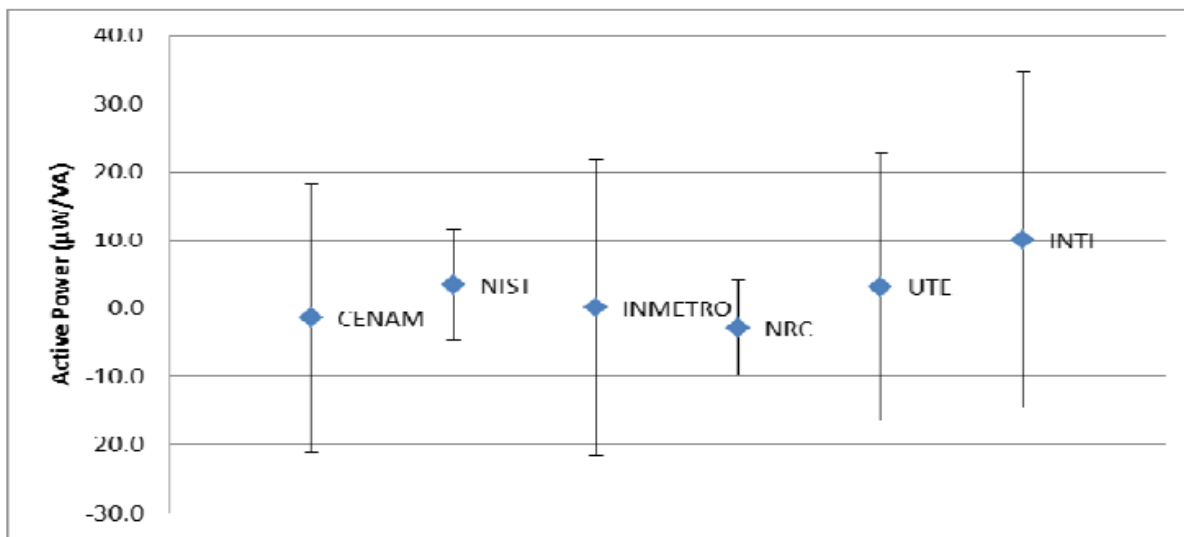


Fig. 5.  $\cos \varphi = 1$ .

D Izquierdo; C Faverio; D Slomovitz; W G K Ihlenfeld; L Di Lillo; H Laiz., "Multilateral Comparison of Electrical Power, Between the National Laboratories of Germany, Argentina, Brazil and Uruguay," IEEE Latin America Transactions, vol. 4, no. 3, pp. 177-183, May 2006

# Intercomparaciones - Frecuencia

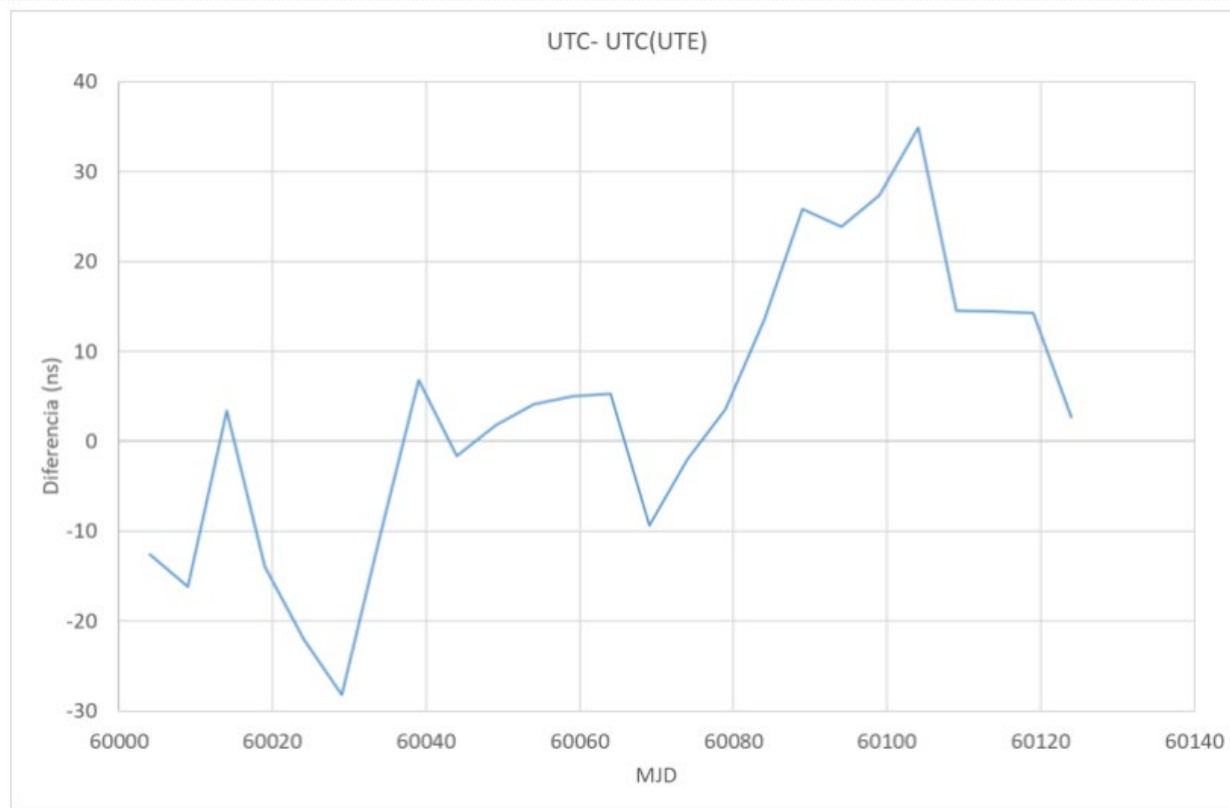
SIM (Sistema Interamericano de Metrología)  
 UTC (Tiempo Universal Coordinado)  
 UTC(UTE), a partir de marzo del 2023  
 BIPM Circular T



Equipo de LABUTE para medida y envío de reportes a la UTC.

SIM Time Network  
 (real-time measurement results for the 10-minute period ending on 05-09-2023 at 12:20 UTC)

	NIST	SIEMENS	CELESTIS	PERSES	BREIT	COE	INM	ARGENTINA	OSWALDO	ZENON	CIPIERRE
United States (NIST)		-2.8	4.1	-3.8	5.8	-18.1	-8.2	-22.8	18.9	-22.7	-28.9
Mexico (SIEMENS)	2.8		4.8	5.7	12.9	-12.4	16.4	-28.4	7.9	-24.7	-26.1
Canada (CELESTIS)	4.1	4.8		4.7	27.8	12.9	-7.7	-28.4	19.7	-16.1	-22.5
Peru (PERSES)	3.8	4.7	4.7		18.1	-14.9	-17.8	-22.2	16.3	-22.7	-24.2
Brazil (BREIT)	5.8	12.9	12.9	16.1		27.9	18.5	-22.1	16.1	-28.4	-27.7
Costa Rica (COE)	-18.1	16.4	12.9	16.9	27.9		-7.8	-22.1	7.7	-28.2	-18.1
Argentina (INM)	-8.2	16.4	7.7	17.8	18.5	7.8		-22.8	14.8	-12.1	18.8
Uruguay (ARGENTINA)	-22.8	-28.4	-28.4	-22.1	-22.1	19.1	18.9		28.4	-12.1	17.3
Chile (OSWALDO)	18.9	7.9	19.7	16.9	16.1	7.7	14.8	28.4		12.1	12.2
Jamaica (ZENON)	-22.7	-24.7	-16.1	-22.1	18.4	18.1	7.1	-12.1	24.8		17.4
Spain (CIPIERRE)	-22.5	-22.5	-22.5	-22.5	-22.5	-22.5	-22.5	-22.5	-22.5	-22.5	



Diferencia de tiempo entre UTC y UTC (UTE).

# Reconocimientos de organismos internacionales



## NORAMET

- Canada
- Mexico
- United States of America

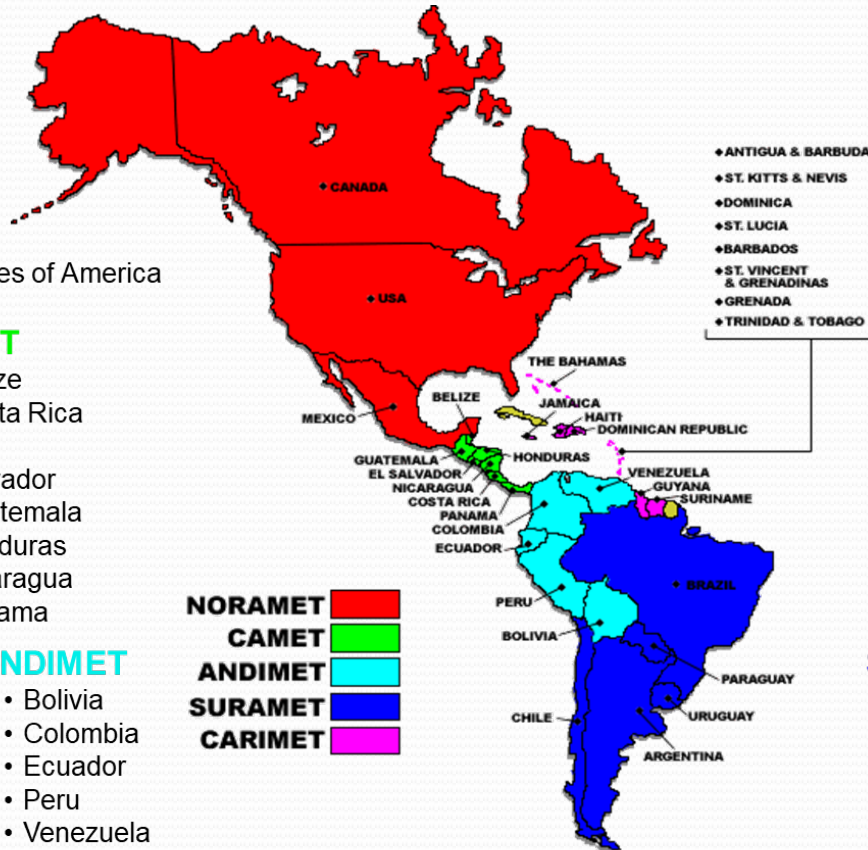
## CAMET

- Belize
- Costa Rica
- El Salvador
- Guatemala
- Honduras
- Nicaragua
- Panama

## ANDIMET

- Bolivia
- Colombia
- Ecuador
- Peru
- Venezuela

- NORAMET** [Red]
- CAMET** [Green]
- ANDIMET** [Cyan]
- SURAMET** [Blue]
- CARIMET** [Magenta]



## CARIMET

- Antigua & Barbuda
- Bahamas
- Barbados
- Dominica
- Dominican Republic
- Grenada
- Guyana
- Haiti
- Jamaica
- Saint Kitts and Nevis
- Saint Lucia
- St. Vincent and the Grenadines
- Suriname
- Trinidad and Tobago

## SURAMET

- Argentina
- Brazil
- Chile
- Paraguay
- Uruguay

# Reconocimientos de organismos internacionales



CELEBRATING  
**BIPM** 150  
1875 - 2025

Working together to promote and advance the global comparability of measurements

SIGN IN  | Français

 ABOUT US **150TH ANNIVERSARY** COORDINATION LIAISON TECHNICAL/SCIENTIFIC PUBLICATIONS & EVENTS 

**Member State / Associate**

Select 

**View**

**Member State: Uruguay**

The Eastern Republic of Uruguay became a Member State on **26 June 1908**.



# Reconocimientos internacionales - BIPM

## CIPM MRA

### Signatory/NMI

▮ Laboratorio Tecnológico del Uruguay 

→ LATU

Montevideo

Participating in the CIPM MRA since: 14 October 1999

Signed by: Ruperto LONG (then President, LATU)

### Designated institute(s)

▮ Laboratorios Tecnogestión - Ministerio de Industria, Energía y Minería 

For ionizing radiation

→ MIEM-LSMRI

Montevideo

▮ Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas 

For electricity and magnetism; and time and frequency

→ UTE

Montevideo

## International Committee for Weights and Measures (CIPM)

**En 1999** fue firmado un **convenio de designación con el laboratorio de UTE**, a través del cual se transfirió a esta institución la responsabilidad técnica para el mantenimiento de los patrones nacionales de magnitudes eléctricas, y de tiempo y frecuencia y su diseminación.

# Reconocimientos internacionales en electricidad y magnetismo



Results for: Electricity and Magnetism > Uruguay  
132 results

Electricity and Magnetism										
Data copy established on 16 February 2025										
Uruguay, UTE (Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas)										
	Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	International standard	Parameters	Measurand	Uncertainty	Approval date	NMI Service Identifier	KCDB CMC ID
1	AC high voltage ratio: imaginary	Voltage transformer	Standard transformer and		Voltage : 2 kV to 18 kV Frequency : 50 Hz	[ -6.0 , 18.0 ] crad	100.0 µrad (Absolute)	2008-09-03		SIM-EM-UY-000005FD-1
2	AC high voltage ratio: imaginary	Voltage transformer	Standard transformer and		Voltage : 18 kV to 150 kV Frequency : 50 Hz	[ -6.0 , 18.0 ] crad	400.0 µrad (Absolute)	2008-09-03		SIM-EM-UY-000005FE-1
3	AC low voltage ratio: imaginary	Voltage transformer and	Standard inductive divider		Voltage : 1 V to 300 V Frequency : 40 Hz to 400 Hz	[ -6.0 , 18.0 ] crad	4.0 µrad (Absolute)	2008-09-03		SIM-EM-UY-000005FF-1
4	AC current ratio: imaginary	Current transformer	Standard current transformer		Current : 5 A to 100 A Frequency : 50 Hz	[ -6.0 , 18.0 ] crad	60.0 µrad (Absolute)	2008-09-03		SIM-EM-UY-000005FG-1
5	AC current ratio: imaginary	Current transformer	Standard current transformer		Current : 100 A to 300 A Frequency : 50 Hz	[ -6.0 , 18.0 ] crad	60.0 µrad (Absolute)	2008-09-03		SIM-EM-UY-000005FH-1
6	AC current ratio: imaginary	Current transformer	Standard current transformer		Current : 300 A to 1200 A Frequency : 50 Hz	[ -6.0 , 18.0 ] crad	150.0 µrad (Absolute)	2008-09-03		SIM-EM-UY-000005FI-1
7	AC current ratio: imaginary	Current transformer	Standard current transformer		Current : 1200 A to 8000 A Frequency : 50 Hz	[ -6.0 , 18.0 ] crad	300.0 µrad (Absolute)	2008-09-03		SIM-EM-UY-000005FJ-1



**MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN**

**[dslomo@gmail.com](mailto:dslomo@gmail.com)**



**IMS 75th Anniversary Uruguayan Seminar – February 2025**