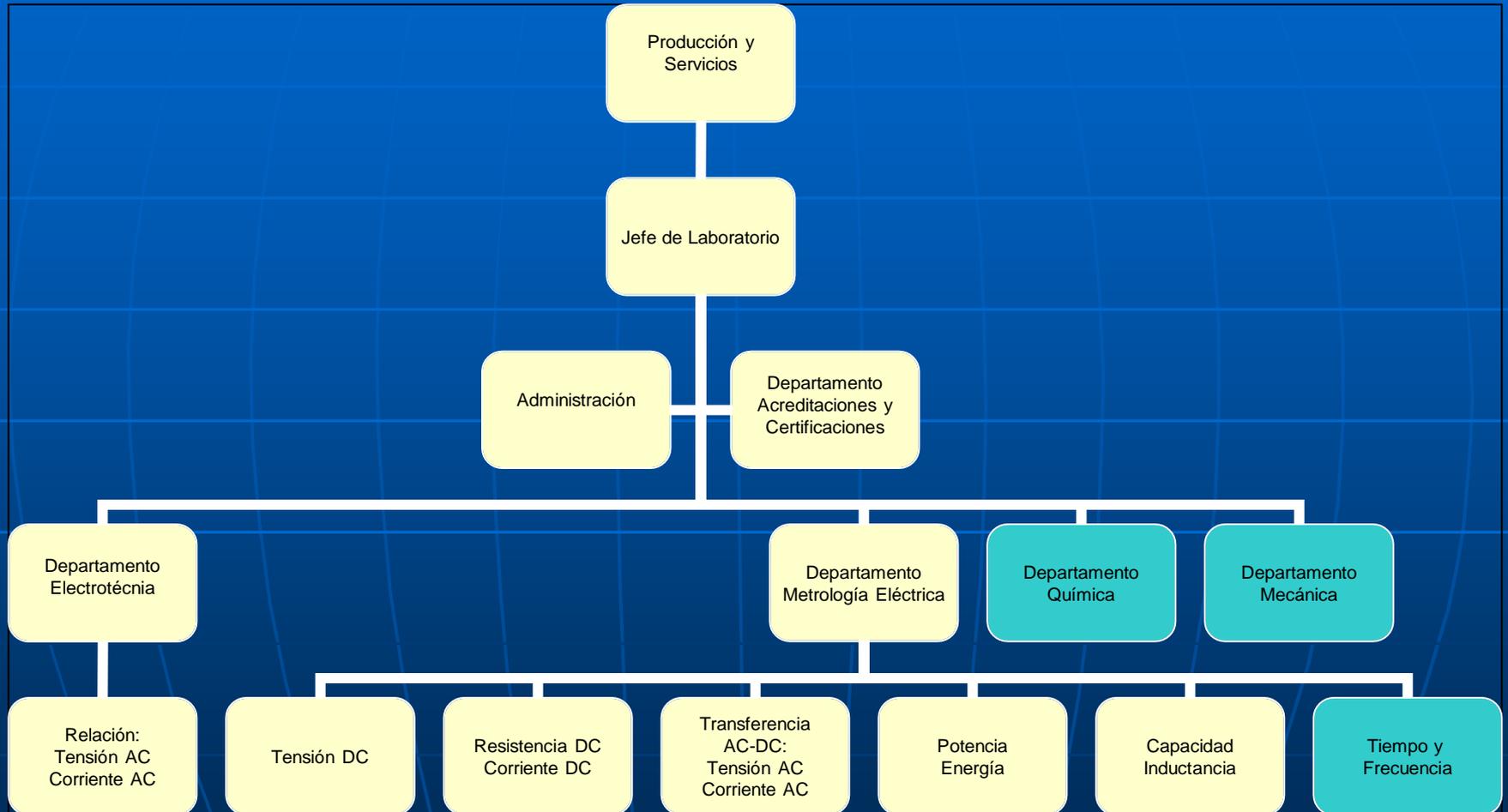


Patrones de Tiempo – Frecuencia, trazabilidad internacional y la Hora Oficial

Leonardo Trigo
UTE

Organigrama



Reconocimientos

- **Convenio UTE - LATU**
 - Custodia de patrones nacionales eléctricos y de tiempo - frecuencia
- **Acreditación internacional**
 - ISO 17025
- **Reconocimiento SIM – CIPM**
 - capacidades de medida
- **Reconocimiento UNIT**
 - laboratorio de referencia
- **Reconocimiento ADME – URSEA**
 - auditor de medida de energía
- **Reconocimiento MIEM**
 - eficiencia energética
- **CMCs presentada y publicada en el KCDB, de la CIPM - MRA.**
- **Publicación de investigaciones**



Metrología en el Uruguay

- **Metrología Científica:**
 - Mantenimiento de patrones.
 - Desarrollo de métodos de medición.
- **Metrología Industrial:**
 - Calibración de instrumentos de laboratorio e industriales.
- **Metrología Legal:**
 - Función Fiscal. Verificación de sistemas de medida reglamentados.

Magnitudes Eléctricas

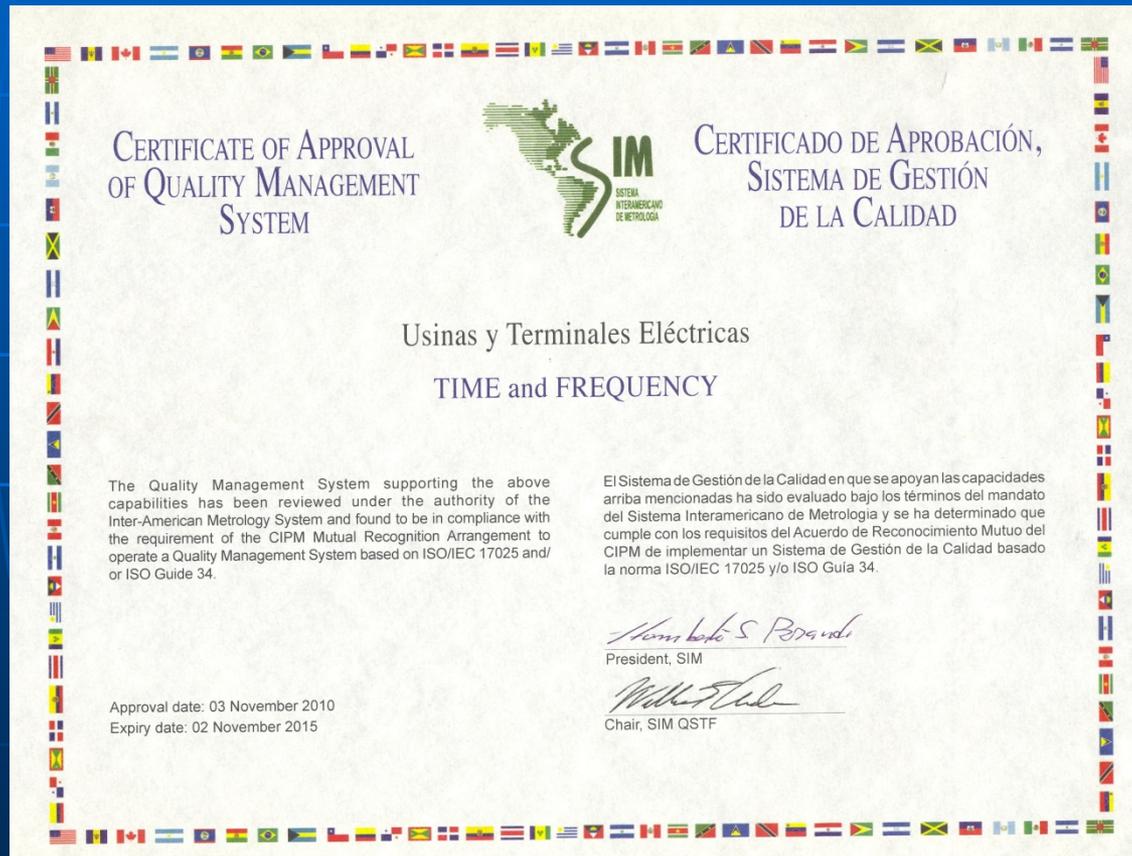
- Tensión Continua y Alterna
- Relación de Tensión
- Corriente Continua y Alterna
- Relación de Corriente
- Resistencia
- Capacitancia
- Inductancia
- Potencia
- Energía
- Angulo de fase
- Tiempo y Frecuencia
- Intensidad de campo magnético

Auditorias externas

- **07/1999** Cooperación UE - Mercosur (Instituto IPQ)
ISO Guide 25 (v. 1997)
- **10/2002** Acreditación DKD-K-29701 (Instituto DKD)
ISO/IEC 17025 (v. 1999)
- **09/2004** Seguimiento DKD-K-29701 (Instituto DKD)
ISO/IEC 17025 (v. 1999)
- **12/2004** Auditoría de Gestión (Instituto LATU)
ISO/IEC 17025 (v. 1999)
- **09/2004** Seguimiento DKD-K-29701 (Instituto DKD)
ISO/IEC 17025 (v. 1999)
- **03/2006** Seguimiento DKD-K-29701 (Instituto DKD)
ISO/IEC 17025 (v. 2005)
- **08/2008** Revision de pares (Peer Review)
(INTI y CENAMEP AIP)

Auditorias externas

- 08/2010 Revision de pares (Peer Review)
(CENAM y INTI)



Intercomparaciones

- **1997 INTI – UTE** **Potencia**
- **1998 SIM 1.1** **Tensión continua y alterna, corriente continua y alterna, y resistencia**

- **2000 PTB – UTE** **Transferencia AC/DC**
- **2002 PTB - UTE** **Transferencia AC/DC**
- **2002 PTB - UTE** **Resistencia**
- **2004 SIM.EM S2** **Energía**
- **2004 SIM.EM 1.9** **Transferencia AC/DC**
- **2004 PTB-INTI-INMETRO-UTE** **Potencia**
- **2005 SIM.EM (K4,S3,S4)** **Capacitancia**
- **2006 SIM.EM (K1, K2, S6)** **Resistencia**

Intercomparaciones

- **2008** **SIM.EM (S5)** **Tensión continua y alterna, corriente continua y alterna, y resistencia**
- **2009** **SIM.EM (K3)** **Inductancia**
- **2010** **SIM.EM** **Cronómetro**

Tiempo y Frecuencia

- Década del 60'

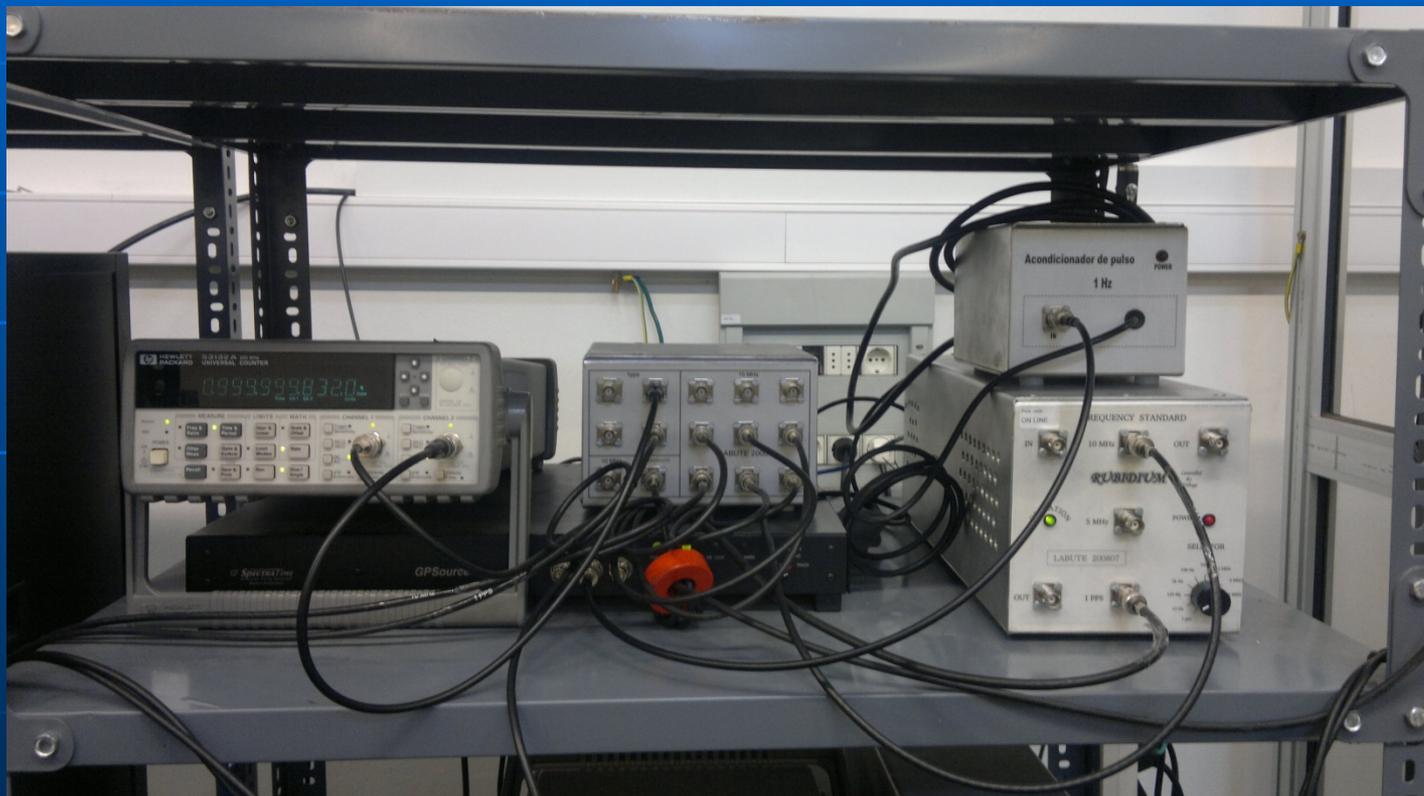


Tiempo y Frecuencia

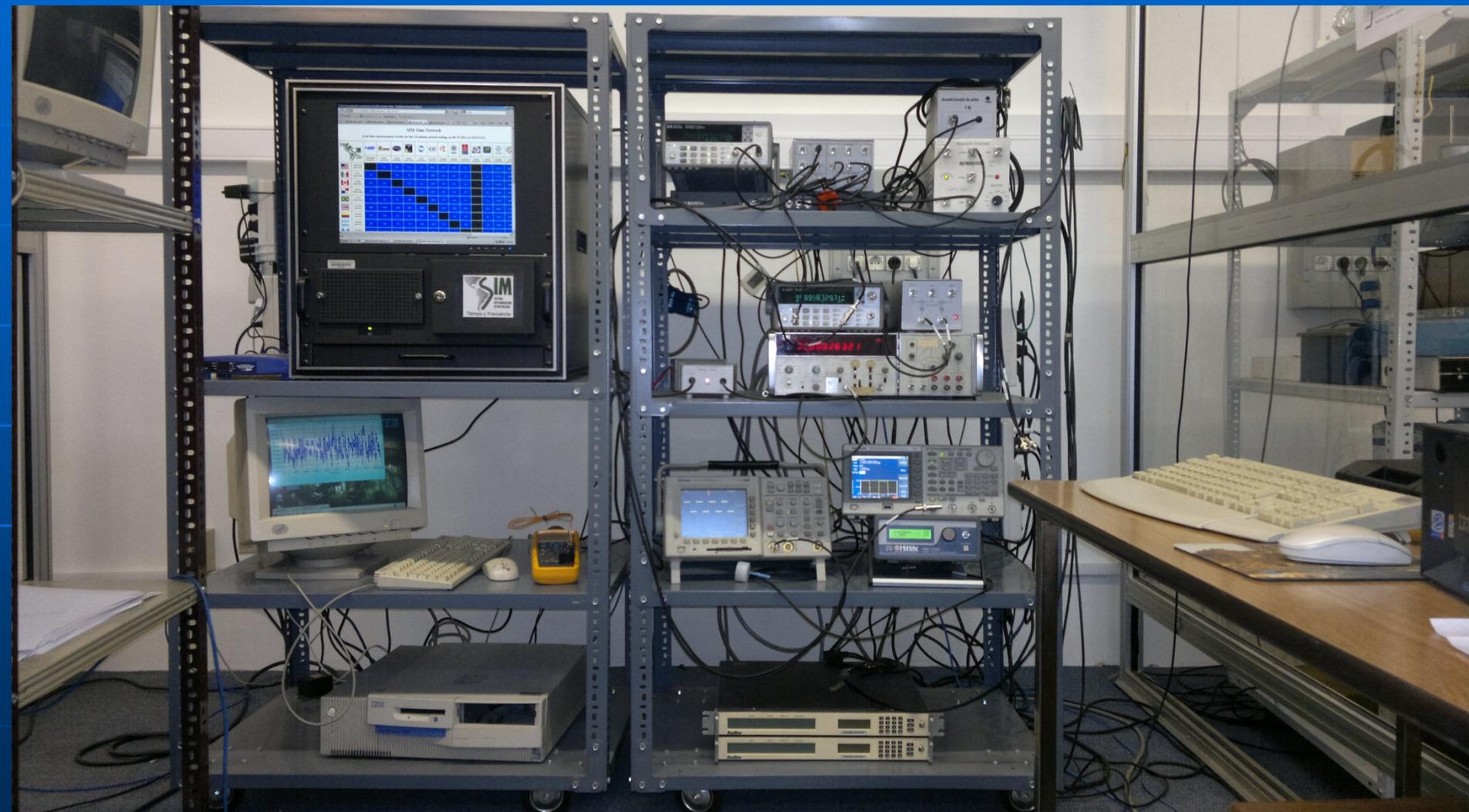


Tiempo y Frecuencia

Patrón: Rubidio con deriva controlada



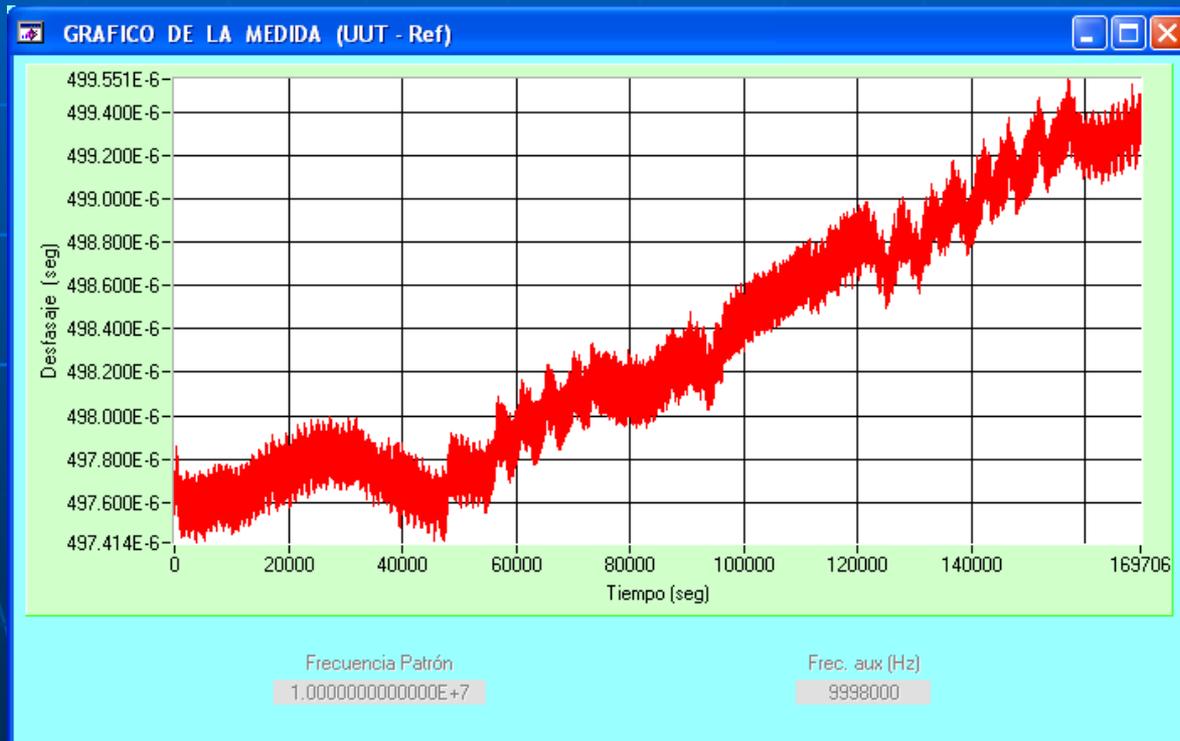
Tiempo y Frecuencia



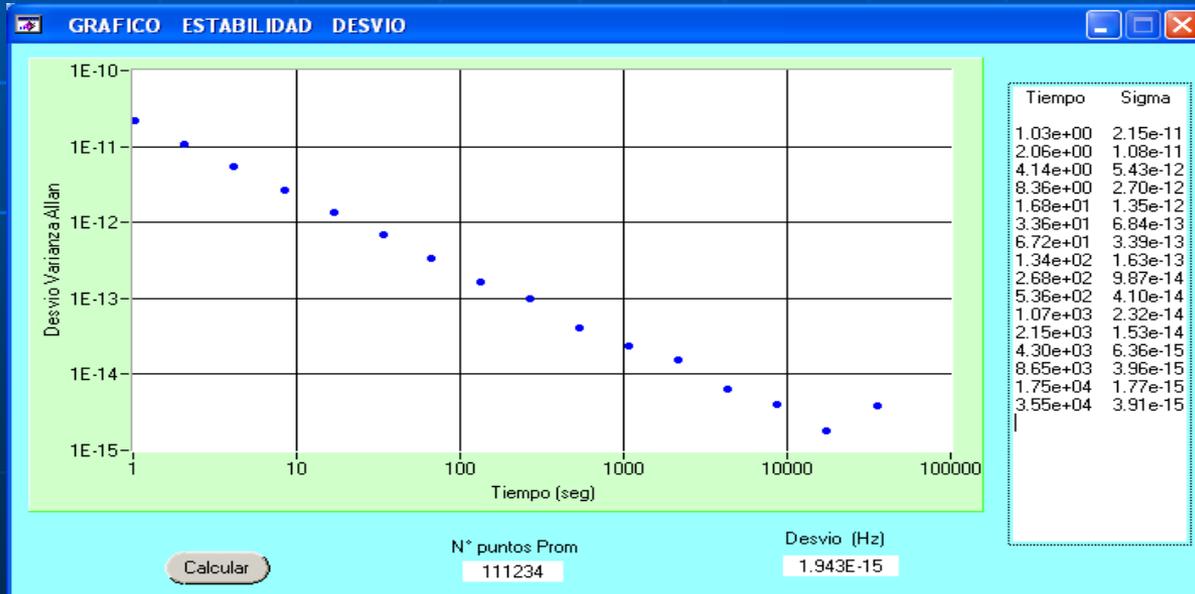
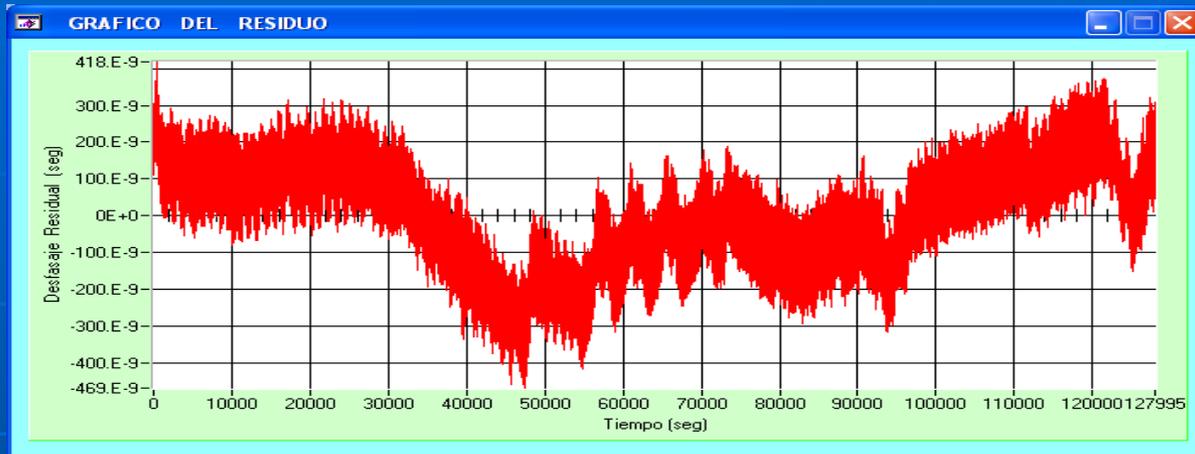
Tiempo y Frecuencia

■ Auto-Calibración Mixer

- Desvío = $1.9 \times 10^{-15} \pm 3.5 \times 10^{-15}$ Hz/Hz
(k=2) @ 24 horas



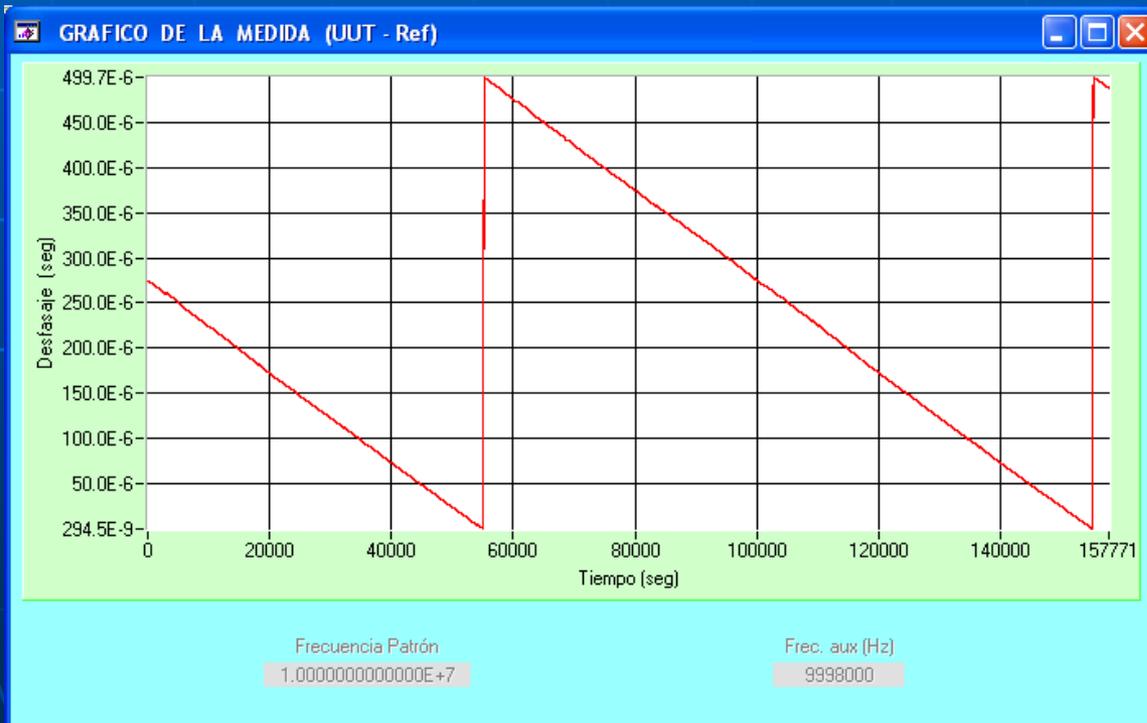
Tiempo y Frecuencia



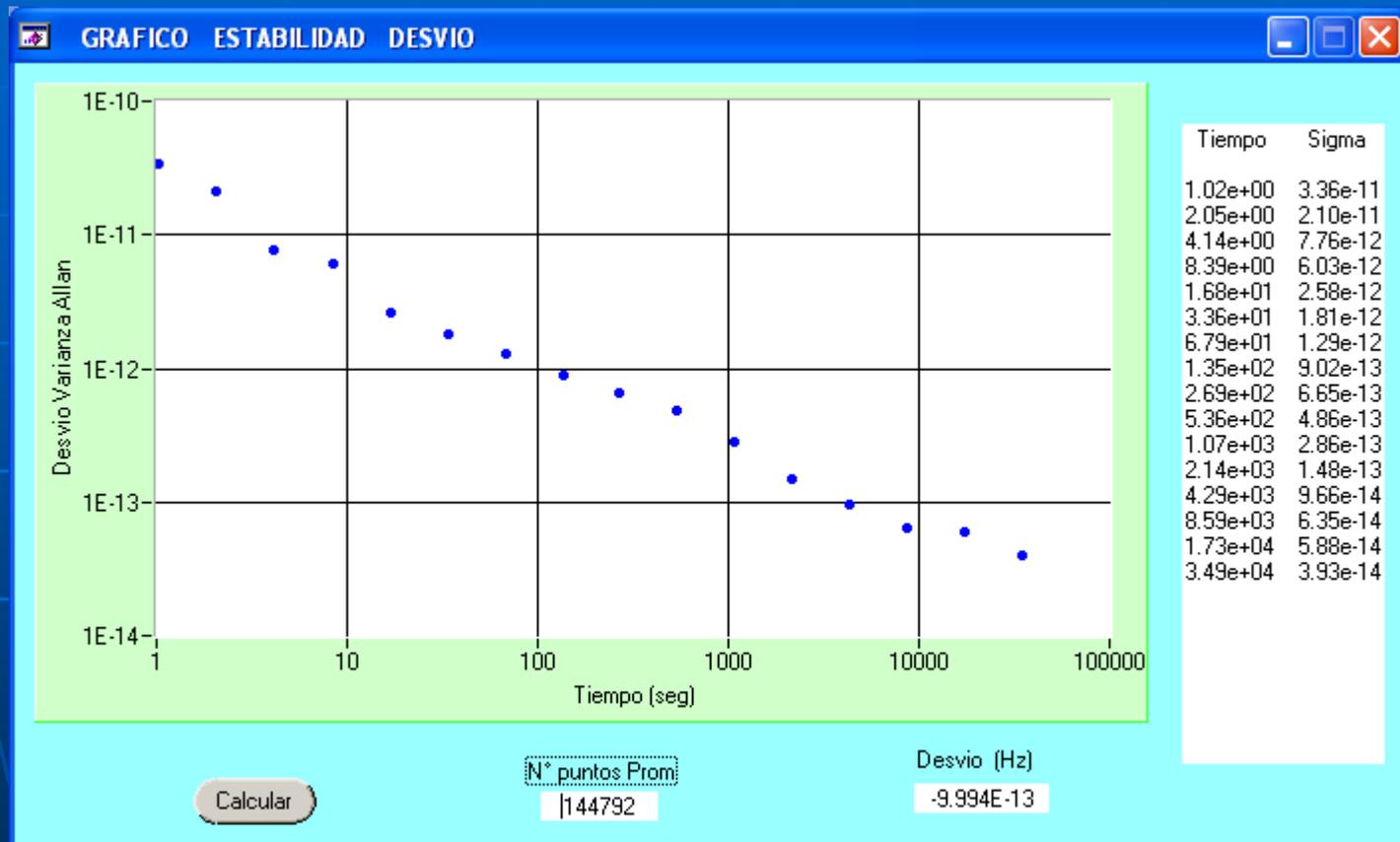
Tiempo y Frecuencia

■ Calibración

- Desvío = $-9.9 \times 10^{-13} \pm 1.2 \times 10^{-13}$ Hz/Hz
(k=2) @ 24 horas



Tiempo y Frecuencia



Tiempo y Frecuencia

- **Servicios de Calibración**
 - **Cronómetros**
 - **Tacómetros**
 - **Contadores / Frecuencímetros**
 - **Generadores de frecuencia**
 - **Referencia de frecuencia de precisión**

Tiempo y Frecuencia

■ Futuro inmediato

- Presentar y publicar CMCs en el KCDB, de la CIPM -MRA

■ Futuro

- Adquisición de Patrón Primario de Frecuencia
- Aportar para mantenimiento de UTC (Tiempo Universal Coordinado)
- Auditar el patrón de frecuencia de referencia del sistema de estampado la hora en Uruguay

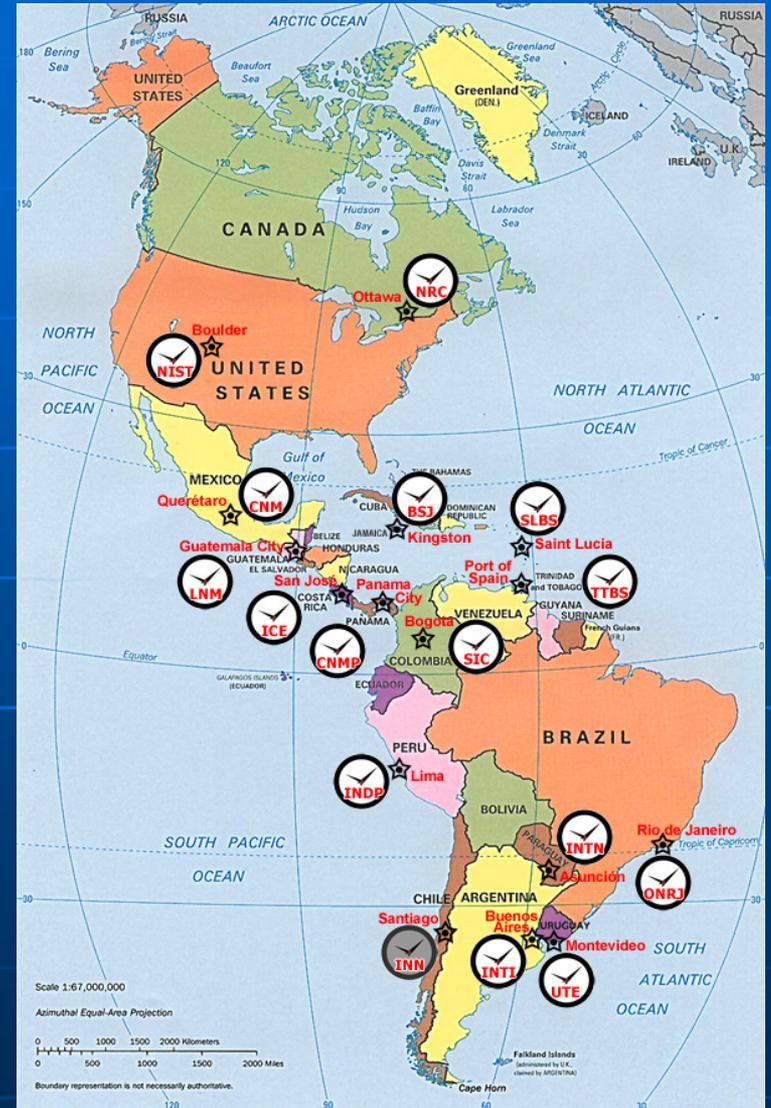
Trazabilidad Internacional

- Trazabilidad indirecta a UTC
 - SIM Network, no es necesario Patrón Primario
- Trazabilidad directa a UTC
 - Contribuir a la UTC, es necesario Patrón Primario

SIM Network

SIM Sistema Interamericano Metrología

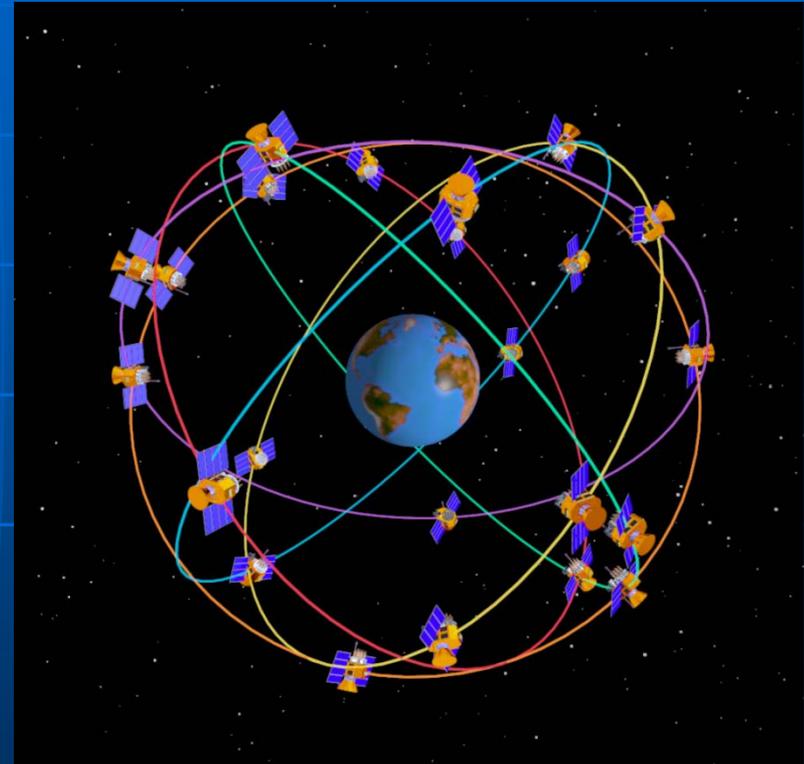
- **SIM Network**
 - 16 países



SIM Network

GPS Sistema Posicionamiento Global

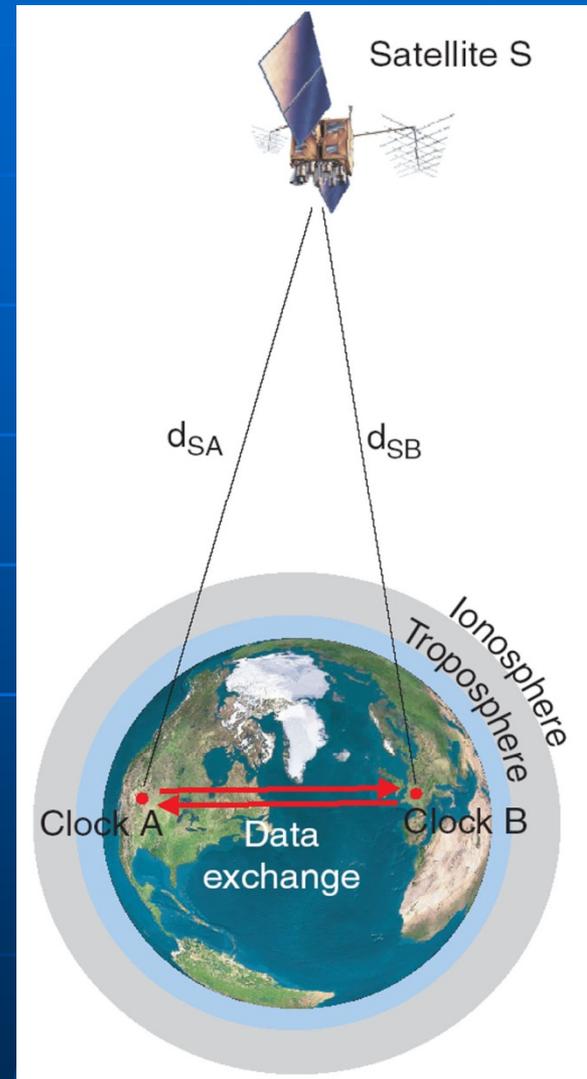
- Consta de 24 satélites
- Orbits circular, alrededor de 20.000km de altitud
- 6 orbitas, 55° de inclinación
- Periodo orbital 11 horas, 58 minutos
- Cada satélite tiene consta de osciladores de Cesio y/o Rubidio
- Los osciladores son controlados desde bases terrestres



SIM Network

El sistema se basa en la comparación de los MNI's en base a la vista común de cada satélite

$(\text{Clock A} - \text{Clock B}) + (d_{SA} - d_{SB})$



SIM Network

Sistema Medida SIM System

- Receptor GPS de 8 canales con antena tipo molinete
- Contador de tiempo interno de 30 ps de resolución
- PC con Windows XP y pantalla LDC
- Correcciones de radiodifusión de ionosfera
- Se promedian las medidas 10 minutos
- Los equipos se conectan a un servidor web cada 10 minutos
- Los equipos son construidos y calibrados por el NIST



SIM Network

SIM Time and Frequency Comparisons via Common-View GPS

Latitude	34° 53 min 10.411 s S	Date	2011-08-15
Longitude	56° 11 min 41.506 s W	Time	15:21:14
Altitude (m)	37.55	Filename	20110815.017
Samples	55199	Sawtooth	39
Last Reading	1.71	Visible Sats	10
Min Reading	-42.77	Sats In Use	7
Max Reading	102.24	Rx Temp.	29° C
Range	145.01	Rx Status	Position Sent
Mean Value	0.87	Rx Code	8
Midpoint	29.73	Pos. Hold	ON
Mean Diff	0.00		
STDEV Diff	3.13		

TIC Cal Time	2011-08-15/00:00:01
Start Range	1987 - 5756
Stop Range	2132 - 5886
Start Res (ps)	27
Stop Res (ps)	27
TIC Delay (ns)	-0.16
TIC Time Base	10 MHz

PRN	LO Phase	dBm
CH1 24	49589	-121
CH2 11	49588	-118
CH3 22	49595	-122
CH4 6	49621	-127
CH5 14	49591	-119
CH6 32	49590	-121
CH7 19	49589	-116
CH8 3	49613	-120

PRN	TD (ns)	Seconds Tracked	ELV Ang.	AZM Ang.	PRN	TD (ns)	Seconds Tracked	ELV Ang.	AZM Ang.
01					17	-74	18198	10	132
02	-15	17801	10	133	18	11	18759	10	121
03	-21	15645	32	345	19	5	11839	56	317
04	28	14556	10	139	20				
05	-212	18137	10	141	21	-11	18783	11	81
06	-27	18962	20	2	22	-1	14736	29	121
07	336	5662	11	87	23				
08	28	10497	10	72	24	5	2915	33	227
09	-33	21528	10	4	25	-25	22926	10	17
10	18	1790	10	126	26	731	13408	32	352
11	6	5072	47	230	27				
12	-22	24749	10	32	28	-2	13610	10	112
13	44	1194	10	52	29	-14	24792	11	51
14	3	16450	52	123	30				
15	-21	22120	10	138	31	-10	12709	10	307
16	504	13813	19	317	32	4	5044	39	269

Contact:
 Laboratory:
 Reference:

SIM ID: Ref Delay: Rx Delay: Mask: FTP:

MDIO Corr:

Go Stop Antenna Survey Coordinates TIC Calibration Quit



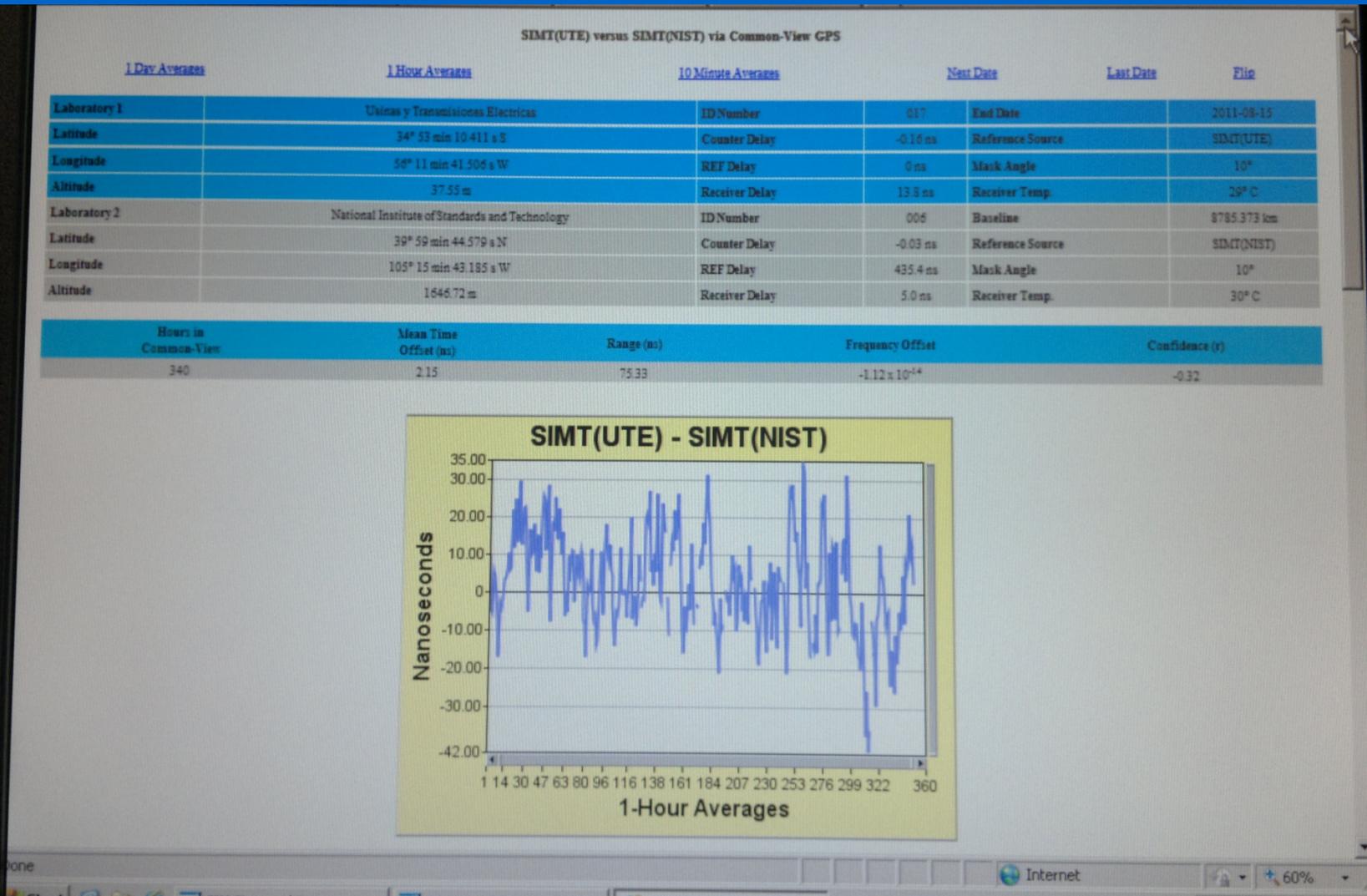
SIM Network

SIM Time Network

(real-time measurement results for the 10-minute period ending on 08-14-2011 at 1530 UTC)

																	
		United States SIMT(NIST)	Mexico SIMT(CNLA)	Canada SIMT(NRC)	Paraguay SIMT(CNME)	Brazil SIMT(OBRJ)	Costa Rica SIMT(ICE)	Colombia SIMT(SIC)	Argentina SIMT(INTI)	Guatemala SIMT(LNLA)	Jamaica SIMT(BSJ)	Uruguay SIMT(UTE)	Paraguay SIMT(INTN)	Peru SIMT(INDP)	Trinidad SIMT(TTBS)	St. Lucia SIMT(SLBS)	Chile SIMT(INN)
	United States SIMT(NIST)		-0.8	35.7	8.2	-4.0	489.9	-14.0	31.7	-12.7		-20.9	10963.5	4329.2	-292.1		59367.7
	Mexico SIMT(CNLA)	0.8		32.5	9.3	-4.2	489.9	-14.2	35.0	-12.3		-7.8	10965.1	4334.5	-293.8		59373.9
	Canada SIMT(NRC)	-35.7	-32.5		-23.9	-34.5	458.4	-44.5	4.5	-45.0		-37.9	10933.9	4301.5	-326.4		59343.2
	Paraguay SIMT(CNME)	-8.2	-9.3	23.9		-12.1	481.8	-22.1	27.1	-21.7		-15.8	10957.2	4325.0	-302.1		59366.0
	Brazil SIMT(OBRJ)	4.0	4.2	34.5	12.1		495.6	-9.8	41.9	-8.2		4.8	10965.9	4338.1	-291.6		59385.5
	Costa Rica SIMT(ICE)	-489.9	-489.9	-458.4	-481.8	-495.6		-506.0	-456.5	-501.6		-498.5	10472.1	3840.3	-783.5		58884.1
	Colombia SIMT(SIC)	14.0	14.2	44.5	22.1	9.8	506.0		49.7	1.1		12.5	10977.8	4346.5	-279.7		59392.2
	Argentina SIMT(INTI)	-31.7	-35.0	-4.5	-27.1	-41.9	456.5	-49.7		-48.9		-37.3	10923.8	4295.7	-330.4		59344.6
	Guatemala SIMT(LNLA)	12.7	12.3	45.0	21.7	8.2	501.6	-1.1	48.9			9.5	10978.6	4348.9	-280.7		59390.6
	Jamaica SIMT(BSJ)																
	Uruguay SIMT(UTE)	20.9	7.8	37.9	15.8	-4.8	498.5	-12.5	37.3	-9.5			10960.2	4331.9	-289.0		59382.9

SIM Network



SIM

Generación Escala de Tiempo

SIM Time Scale

(real-time comparisons of SIMT - SIMT(k) for the 1-hour period ending on 2011-08-14 at 15:20:00 UTC)

	United States SIMT(NIST)	Mexico SIMT(CNM)	Canada SIMT(NRC)	Panama SIMT(CNMP)	Brazil SIMT(ONRJ)	Costa Rica SIMT(ICE)	Colombia SIMT(SIC)	Argentina SIMT(INTI)	Jamaica SIMT(BSJ)
									
SIMT - SIMT(k), ns	1.71	-1.95	-31.00	-10.73	0.54	---	9.43	-39.88	---
Weighting Factor	22 %	14 %	19 %	8 %	19 %	0 %	14 %	3 %	0 %

Click on a number to view a graph for the current day. New values are added every hour at 30 minutes after the hour. This table was updated at 15:41:10 UTC and will refresh every 30 minutes.

Trazabilidad Directa

Contribución a la UTC

- El equipo tiene receptor GPS o GLONASS, que envía información en formato CGGTTS (Common GPS GLONASS Time Transfer Standard)
- PTB es el Laboratorio pivot del sistema
- Coordinado por el BIPM, cerca de París
- Alrededor de 60 países contribuyen a la UTC
- 7 países del SIM Network contribuyen a la UTC

Trazabilidad Directa

BIPM Circular T

- **Publicación mensual**
- **Contiene los resultados oficiales de las comparaciones**

CIRCULAR T 209
2005 JUNE 15, 08h UTC

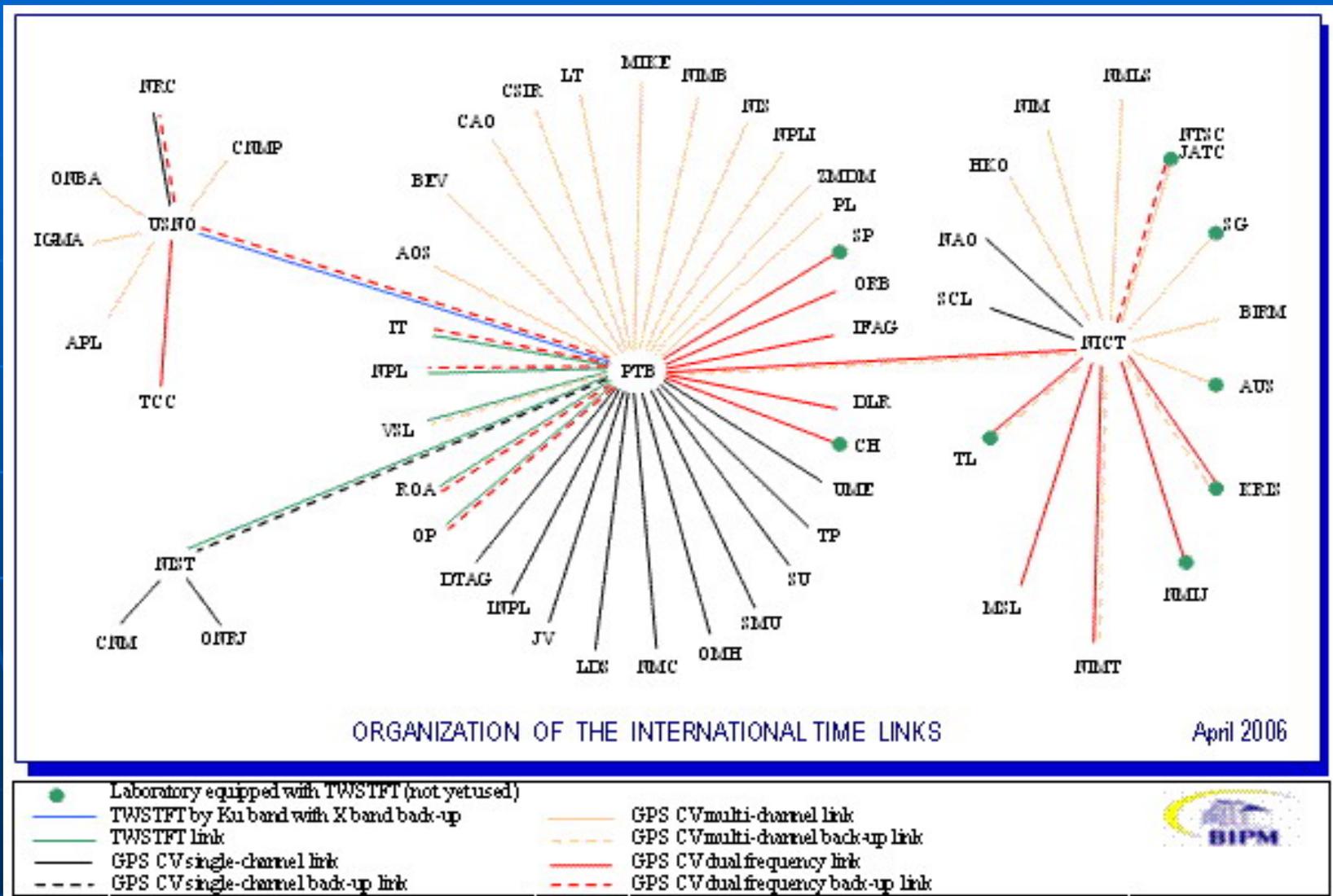
ISSN 1143-1393

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE DE LA CONVENTION DU METRE
PAVILLON DE BRETEUIL F-92312 SEVRES CEDEX TEL. +33 1 45 07 70 70 FAX. +33 1 45 34 20 21 tai@bipm.org

1 - Coordinated Universal Time UTC and its local realizations UTC(k). Computed values of [UTC-UTC(k)].
From 1999 January 1, 0h UTC, TAI-UTC = 32 s.

Date 2005	0h UTC	APR 29	MAY 4	MAY 9	MAY 14	MAY 19	MAY 24	MAY 29	Uncertainty/ns			Notes
MJD		53489	53494	53499	53504	53509	53514	53519	uA	uB	u	(1)
Laboratory k		[UTC-UTC(k)]/ns										
AOS (Borowiec)		16.8	9.2	9.5	-3.8	-10.2	-0.7	17.2	1.6	5.3	5.5	
APL (Laurel)		26.5	19.4	4.7	0.6	2.4	9.2	3.7	1.6	5.2	5.4	
AUS (Sydney)		-608.2	-600.1	-599.8	-598.2	-603.5	-607.9	-615.1	3.2	6.4	7.2	
BEV (Wien)		46.3	42.5	27.7	17.4	15.5	9.2	8.0	1.6	5.2	5.4	
BIRM (Beijing)		-288.4	-303.1	-322.5	-343.7	-365.0	-390.6	-420.0	2.8	20.4	20.6	
CAO (Cagliari)		-2794.1	-2798.9	-2769.1	-2741.9	-2690.9	-2662.8	-2645.3	1.6	7.2	7.4	
CH (Bern)		-0.7	6.9	13.4	18.5	21.5	18.4	17.7	0.8	5.2	5.3	
CMN (Queretaro)		78.3	73.8	71.1	70.2	64.3	72.4	70.5	4.9	20.2	20.8	
CMPP (Panama)		-2721.4	-2743.4	-2768.8	-2809.1	-2837.7	-2858.6	-2903.5	4.0	7.2	8.2	
CSIR (Pretoria)		-3891.4	-3985.9	-4073.8	-4151.7	-4232.6	-4341.4	-4425.3	3.0	20.1	20.3	
DLR (Oberpfaffenhofen)		-71.4	-69.9	-71.5	-80.2	-79.9	-77.1	-76.9	0.8	5.2	5.3	
DTAG (Darmstadt)		273.3	264.6	250.3	242.5	240.7	227.4	213.1	3.0	10.1	10.5	
HKO (Hong Kong)		51.0	53.4	46.9	50.6	43.0	37.4	38.7	3.2	6.4	7.2	
IEN (Torino)		-100.5	-92.6	-105.9	-106.5	-109.1	-117.8	-116.2	0.7	2.2	2.3	
IFAG (Wetzell)		-314.8	-310.6	-304.1	-304.6	-296.4	-297.2	-288.2	0.8	5.2	5.3	
IGMA (Buenos Aires)		367.4	372.7	382.2	377.1	371.4	373.1	375.9	5.0	19.9	20.5	
INPL (Jerusalem)		-523.6	-560.1	-601.6	-646.0	-687.3	-707.4	-726.8	4.0	10.1	10.9	
JATC (Lintong)		-10155.8	-10128.8	-10108.6	-10072.0	-10044.8	-10009.0	-9976.1	2.7	21.0	21.2	
JV (Kjeller)		-6177.2	-6193.5	-6179.0	-6155.6	-6152.5	-6154.0	-6147.4	5.0	20.0	20.6	
KRIS (Daejeon)		6.0	8.1	7.7	9.0	8.2	8.9	9.1	2.7	6.4	6.9	
LDS (Leeds)		2580.2	2608.5	2637.6	2668.8	2682.5	2700.4	2713.1	3.0	20.0	20.2	
LT (Vilnius)		801.7	808.9	820.4	63.6	76.9	96.8	119.6	1.6	5.2	5.4	(2)
MIKE (Espoo)		-6.2	4777.1	4737.1	4709.4	4674.0	4628.0	4577.2	5.0	20.1	20.7	(3)
MSL (Lower Hutt)		119.5	78.3	51.9	36.0	24.9	49.6	26.1	2.3	20.4	20.5	
NAO (Mizusawa)		-85.8	-74.7	-62.7	-52.4	-48.0	-38.0	-32.7	3.2	19.9	20.2	
NICT (Tokyo)		8.5	11.1	11.4	12.3	10.8	9.5	8.1	1.2	4.1	4.3	
NIM (Beijing)		-49.9	-53.7	-49.4	-43.4	-48.3	-40.7	-39.5	5.0	20.0	20.6	
NIMB (Bucharest)		-352.9	-331.2	-315.9	-336.6	-328.6	-321.4	-356.9	30.0	30.0	42.4	
NIMT (Bangkok)		-1544.3	-1595.4	-1648.9	-1708.6	-1747.8	-1786.7	-1840.9	1.6	20.4	20.5	
NIST (Boulder)		1.4	2.8	3.4	4.9	5.7	7.8	8.4	0.7	4.9	4.9	
NMC (Sofiya)		-3685.3	-3706.1	-3733.4	-3769.1	-3774.1	-3775.1	-3791.5	5.0	20.0	20.6	
NMIJ (Tsukuba)		16.9	13.6	12.0	7.0	8.4	0.1	-6.8	1.4	6.4	6.6	
NMIS (Shah Alam)		-124.0	-142.4	-155.1	-166.7	-180.4	-191.4	-204.5	3.2	20.4	20.6	

Trazabilidad Directa



Escalas de Tiempo

- GMT (Greenwich Meridian Time) tiempo promedio del Observatorio de Greenwich, en Londres, hasta 1972.
- UT Tiempo Universal
- UT0 es la media solar como se determina en el meridiano de Greenwich
- UT1: a UT0 se le añade una corrección por el movimiento polar, la cual puede ascender a varias decenas de mili segundos

$$UT1 = UT0 + \Delta\lambda$$

Escalas de Tiempo

- **UTC: Tiempo Universal Coordinado**, fue definido en 1972, y representa a las escalas de tiempo TAI (Tiempo Atómico Internacional) y UT1, y se define por el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\text{UTC}(t) - \text{TAI}(t) = n \text{ segundos}$$

$$|\text{UTC}(t) - \text{UT1}(t)| < 0,9$$

- **Por definición, UTC tiene las mismas propiedades metrológicas que TAI**
Además, sigue la rotación de la tierra en menos de 1s

Escalas de Tiempo

- **IERS (International Earth Rotation and System Service)** fue establecido en 1987 por la Unión Astronómica Internacional y Unión Internacional de Geodesia y Geofísica.
- **Leap Second:** es la adición o sustracción de 1 segundo en la escala UTC. Ejemplo de una corrección:

31 diciembre 2008 23h 59m 59s

31 diciembre 2008 23h 59m 60s

01 enero 2009 00h 00m 00s

Actualmente:

UTC – TAI = +34 segundos

Escalas de Tiempo

Definición del Segundo

- Definición tradicional usada por la astronomía:

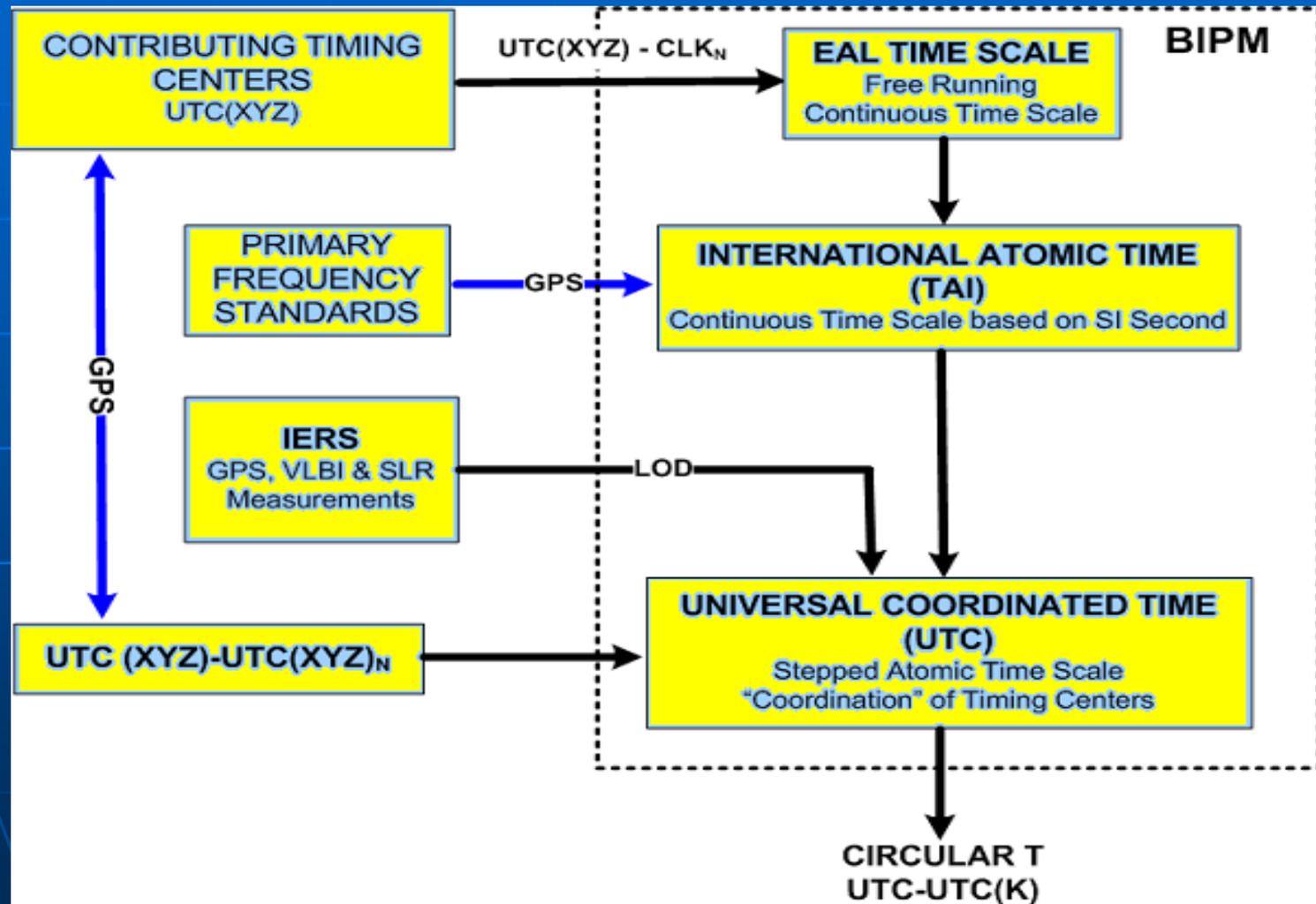
1 segundo = $1/86400$ x día promedio solar.

- Definición (a partir 1967):

Un segundo es la duración de 9 192 631 770 períodos de la radiación asociada a la transición hiperfina del estado base del átomo de Cesio-133

BIPM

Generación Escala de Tiempo



Hora Oficial

Estado Actual

- Pertenece a Meteorología
- El equipo es de muy baja performance, oscilador de cuarzo
- No tienen trazabilidad internacional
- No tienen posibilidad de difundir la hora
- El servicio de hora que brinda Antel NO ES HORA OFICIAL

Hora Oficial

Alternativas

- Potenciar a Meteorología
- Traspasar al Laboratorio Nacional la responsabilidad de la Hora Oficial
- Realizar un convenio tipo Laboratorio designado para la Hora Oficial

Hora Oficial

Potenciar Meteorología

- Crear un grupo de trabajo el cual se deberá especializar con cursos a nivel local e internacional
- Adquisición de todo el equipamiento necesario y acondicionamiento de las instalaciones (varios cientos de miles de dólares)
- Implantar sistema de calidad, conseguir certificaciones que lo acrediten a nivel internacional

Hora Oficial

Traspaso al Laboratorio Nacional

- **Meteorología cedería de forma permanente dicha responsabilidad**
- **Laboratorio Nacional debería estar de acuerdo en hacerse cargo de esta responsabilidad**
- **Modificación de leyes y/o decretos para crear el marco legal correspondiente**

Hora Oficial

Convenio del tipo "Laboratorio Designado"

- Meteorología cedería de forma temporal dicha responsabilidad
- Laboratorio Designado tendría esta responsabilidad de forma temporal
- Modificación de leyes y/o decretos para crear el marco legal correspondiente
- Está internacionalmente reconocido y aceptado el termino "Laboratorio Designado"

Estampa de la Hora

Sistemas de estampado de la hora

- Laboratorio de Referencia posee el sistema de auditoria sobre los equipos de estampado de la hora
- Existe una unidad que posee el sistema de auditoria sobre los equipos de estampado de la hora. Tiene un patrón primario o secundario que es auditado por el Laboratorio de Referencia
- Un sistema que combina ambos ítems anteriormente mencionados

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

ltrigo@ute.com.uy