



POLITÉCNICA



Laboratorio de Ensayo y Homologación de Antenas

Retos en la Medida de Parámetros Eléctricos de Antenas: el caso del LEHA-UPM

M. Sierra Castañer, P. Caballero Almena, C. Martínez Portas, X. Sun, F. Rodríguez Varela y B. Galocha Iragüen

**Grupo Radiación. Information Processing and Telecommunications Center.*

ETSI Telecomunicación. UPM – Madrid.

Ávila, 26 al 28 de septiembre 2022



- **Presentación del LEHA-UPM.**
- **Retos en la medida de antenas de espacio.**
- **Retos en la medida de antenas de estación base de telefonía móvil.**
- **Retos en medida de antenas RADAR.**
- **El cálculo de incertidumbres en medida de antenas.**
- **Participación en programas de intercomparación.**
- **Conclusiones.**

Medida de antenas de satélite:

- ✓ Hispasat A, Hispasat Amazonas, 1E
- ✓ ASAR panels for Envisat, ASTRA 3B
- ✓ Antennas for Venus and Mars Express, Solar Orbiter, Bepi Colombo, Juice ...



Medida antenas de móvil:

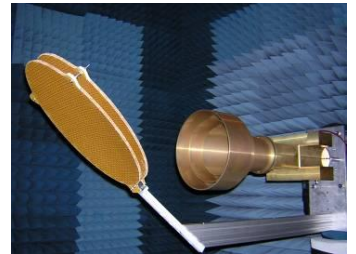
- ✓ Medida de antenas y radomos para operadores y fabricantes.

- ✓ Medida de estaciones terrenas.
- ✓ Medida de antenas para radiotelescopios
- ✓ Medida de sección radar.

Laboratorio de Ensayo y Homologación de Antenas



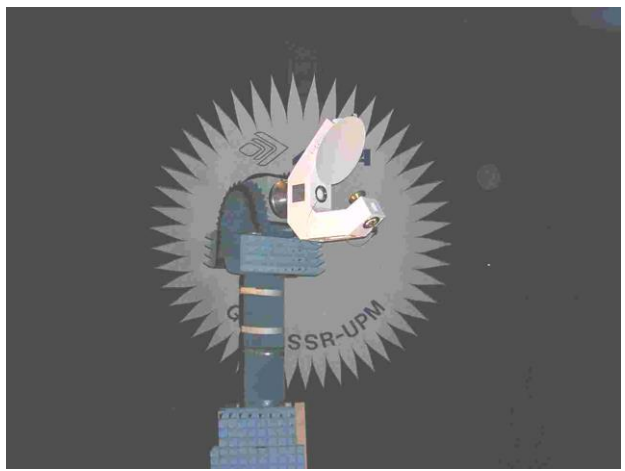
- Trabajamos en medida de antenas desde 1980.
- Acreditación ISO 17025 desde 2010.



3 sistemas anecoicos en la UPM, y un cuarto en construcción, con capacidad de medida de 660 MHz hasta 110 GHz (en un futuro próximo hasta 220 GHz).



Sistema esférico



Rango compacto



Sistema plano-cilíndrico

¡Nuevos retos en la medida de antenas!

Antenas muy grandes



Sistemas externos: ecos

Antenas de móviles



Reducción de tiempos de medida

Antenas bandas submilimétricas



Margen dinámico reducido

Antenas de satélite



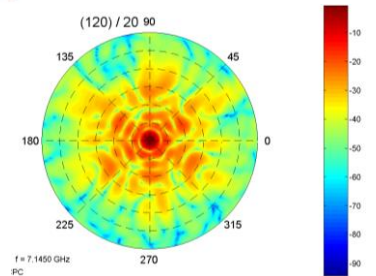
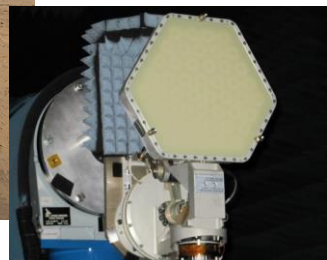
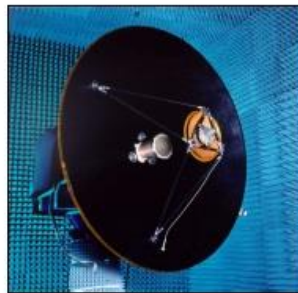
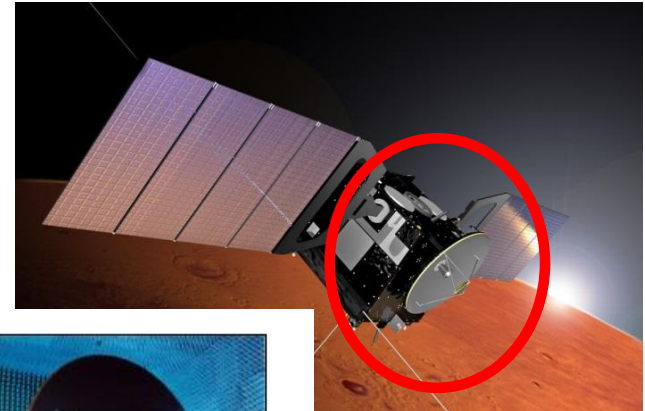
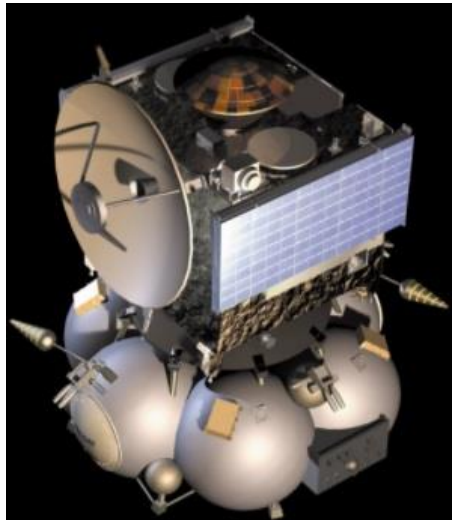
Precisión al límite

+ Calidad en la medida: ISO17025

- **Presentación del LEHA-UPM.**
- **Retos en la medida de antenas de espacio.**
- **Retos en la medida de antenas de estación base de telefonía móvil.**
- **Retos en medida de antenas RADAR.**
- **El cálculo de incertidumbres en medida de antenas.**
- **Participación en programas de intercomparación.**
- **Conclusiones.**

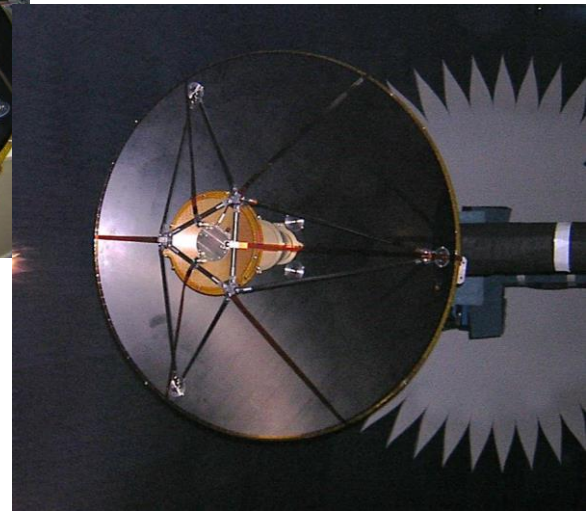
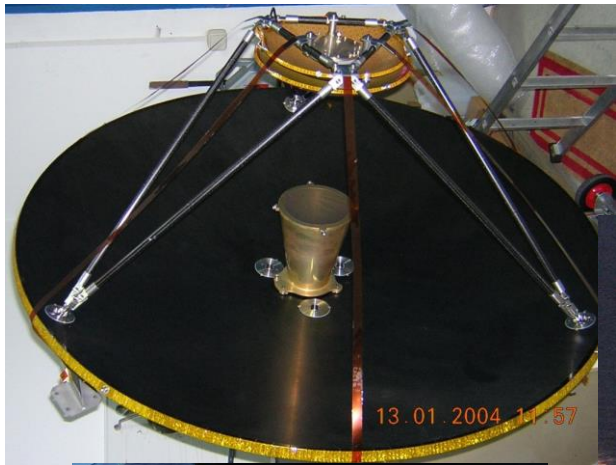
Mars Express

- Proyecto de la ESA para exploración de Marte
- ¿Por qué no hay agua en Marte?
- Lanzada el 2 de junio de 2003
- Llega a Marte el 25 de diciembre de 2003 después de recorrer 400 millones de km



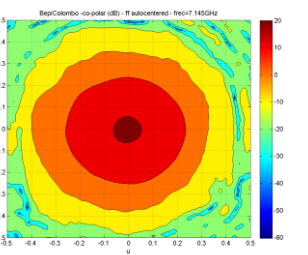
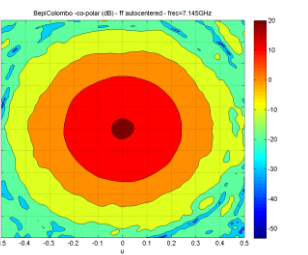
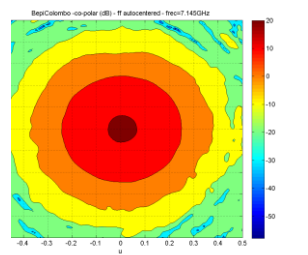
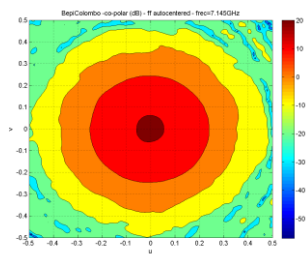
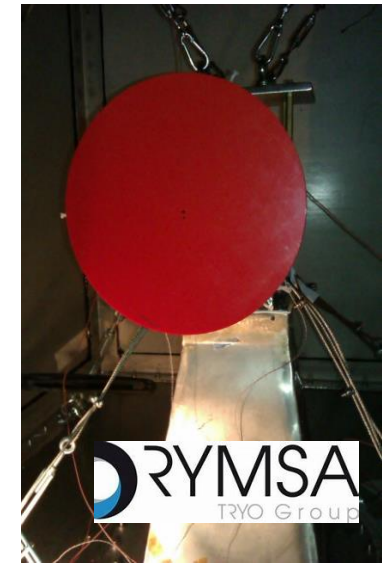
Venus Express

- Proyecto de la ESA para exploración de Venus
- Estudiar la atmósfera, el medio de plasma, la superficie de Venus y las interacciones superficie-atmósfera
- Lanzada en noviembre de 2005
- Llegó a Venus en mayo de 2006



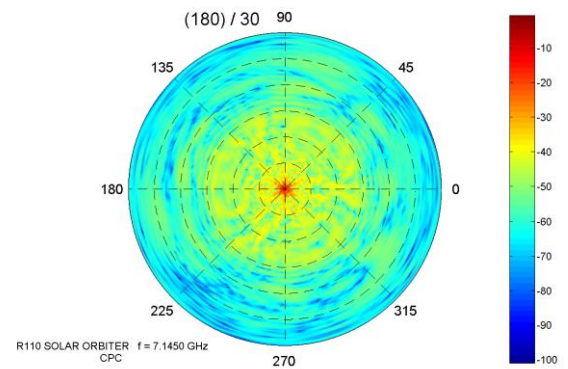
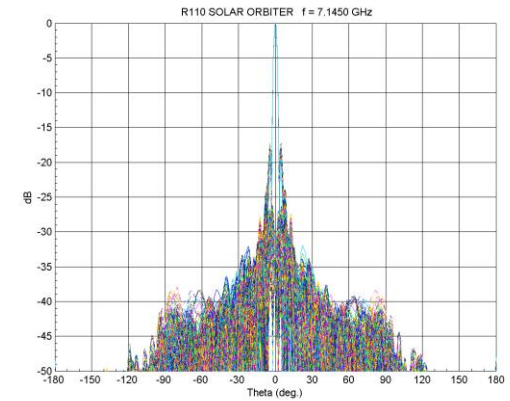
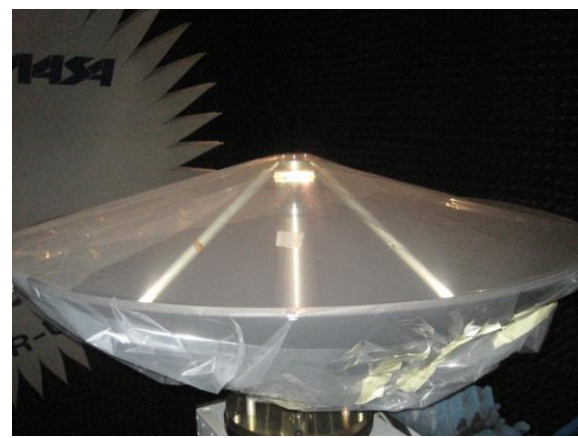
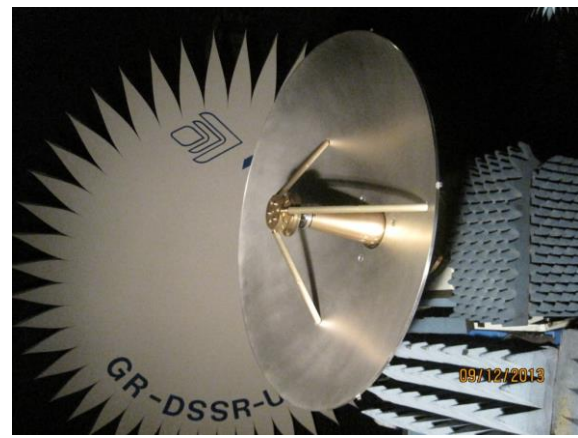
BepiColombo

- Proyecto de la ESA para exploración de Mercurio
- Su objetivo es estudiar la estructura interna, su superficie, su magnetosfera y su campo magnético
- Lanzada el 20 de octubre de 2018
- Llegará a Mercurio en diciembre de 2025
- Temperaturas de hasta 350°C



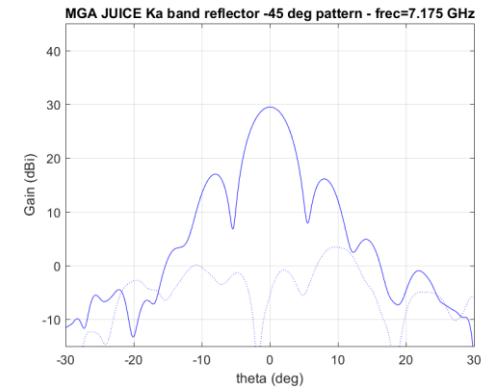
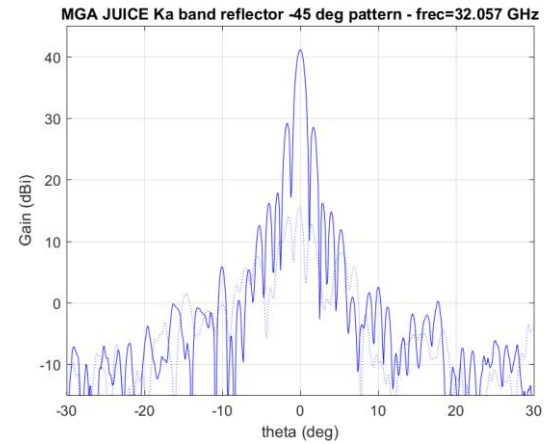
Solar Orbiter

- Proyecto de la ESA para exploración del sol
- Su objetivo es averiguar a qué se debe el comportamiento del Sol (erupciones solares, viento solar, plasma, campo magnético,...)
- Lanzada el 10 de febrero de 2020 y duración hasta septiembre de 2030.



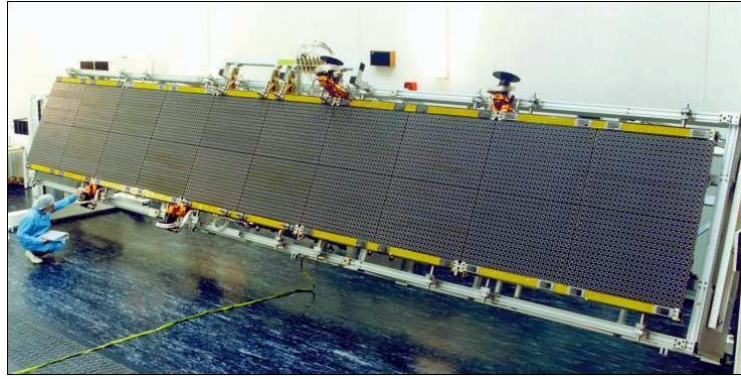
JUICE

- Misión de la ESA para estudiar Júpiter y sus satélites (Ganímedes, Europa y Calisto) (excluyendo Ío por ser volcánicamente demasiado activo).
- Lanzamiento previsto para abril 2023



- ENVISAT: Satélite de observación terrestre de la ESA
- Misión: observación de la atmósfera y superficie terrestre, los océanos y la atmósfera.

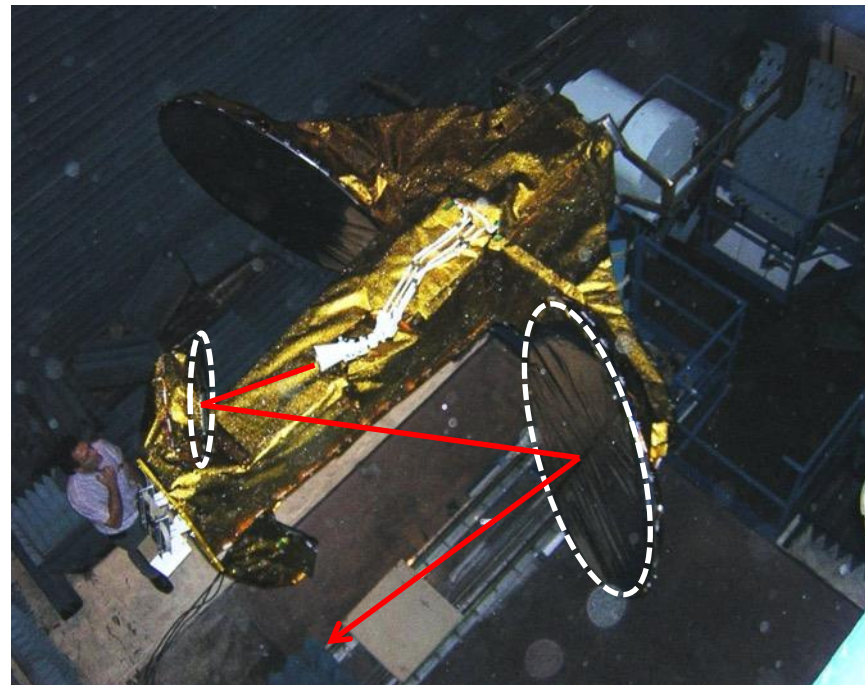
SATÉLITE ENVISAT. ANTENA ASAR



Antena ASAR: Estudio del océano: olas, extensión de hielo en el océano y movimiento del mismo. Estudio de la superficie de la tierra: deforestación, movimiento de placas.

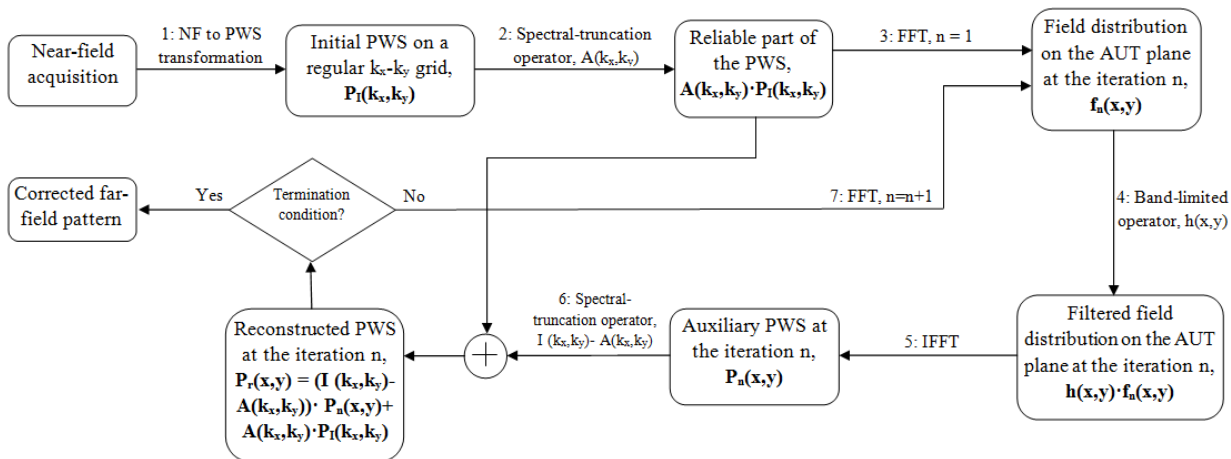
SATÉLITE ASTRA 3B

- Antena Reflectora ($r = 55\text{cm}$) para Comunicaciones por satélite.
- Primera medida en banda Ka en el Sistema plano.
- Frecuencia central = $27,9\text{ GHz}$.

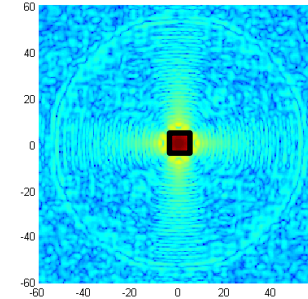
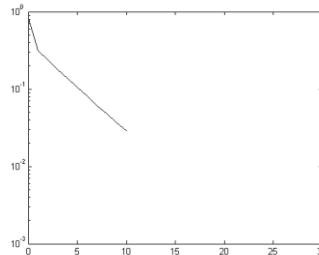
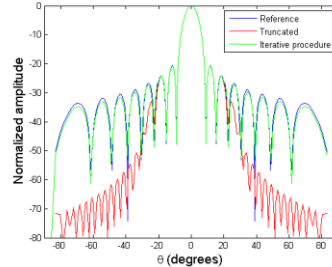
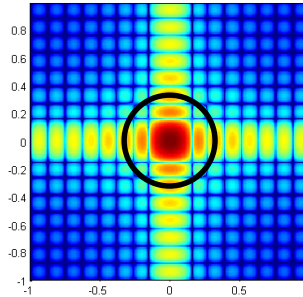


Extrapolación del diagrama de radiación

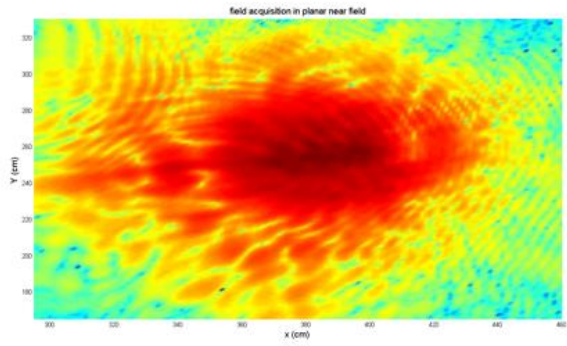
- Basado el algoritmo **Gerchberg-Papoulis** usado para extrapolar funciones.



- Basado el algoritmo **Gerchberg-Papoulis** usado para extrapolar funciones.



- Tamaño del plano de adquisición = 1,65m x 1,65m.



Campo adquirido

Transformación a campo lejano



Margen angular de validez = 6°

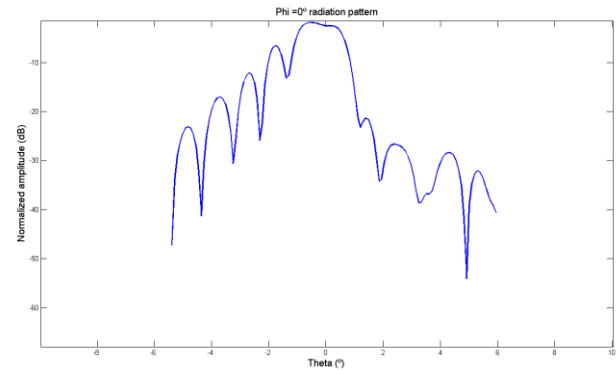
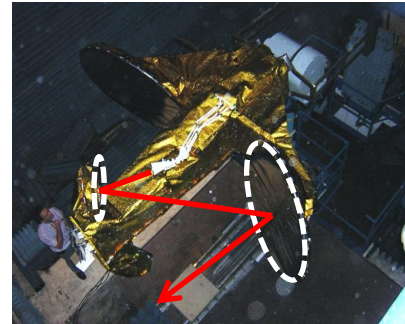
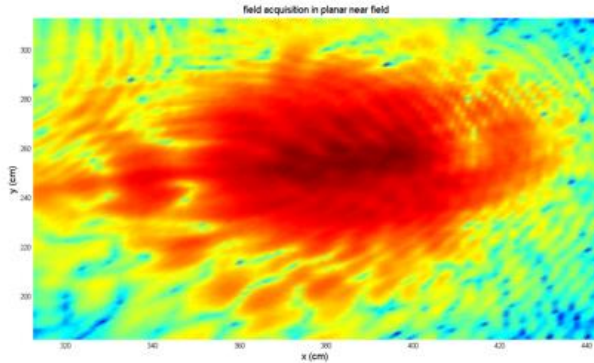


Diagrama de radiación

- Tamaño del plano de adquisición = 1,30m x 1,30m



Campo adquirido

Transformación a campo lejano



Margen angular de validez = 1.75°

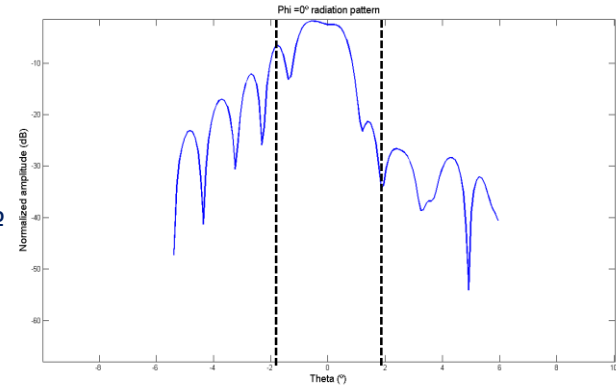


Diagrama de radiación

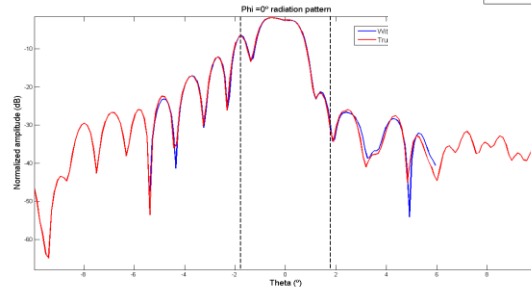


Diagrama de radiación extrapolado

Post-processing Techniques in Antenna Measurement

This book summarises recent developments and enhancements in post-processing techniques that increase the quality and effectiveness of modern antenna measurements. Recent advances in near to far field transformation algorithms for enhancing measurement accuracy in the presence of different common error sources are explained in detail. Developments in techniques for reducing the effect of echoes, noise, and leakage, and to reduce acquisition time, are also explored.

The book is written by a range of experts from academia and industry. It explains and illustrates by practical examples several very efficient source reconstruction techniques, and the use of modal and spatial filtering techniques to understand intimate features of measured antennas. It explains phase recovery techniques and demonstrates how combining simulations and measurements can allow for more accurate and faster antenna designs. The book is a useful resource for academics and industry professionals interested in both antenna measurement and design.

About the Editors

Manuel Sierra Castañer is a Professor at Universidad Politécnica de Madrid. He is a Senior Member of the IEEE and the Antenna Measurement Techniques Association (AMTA). He is currently vice-chair of the European Association of Antennas and Propagation (EurAAP). In 2007, he was awarded the IEEE-APS Schelkunoff Prize Paper Award for "Dual-Polarization Dual Coverage Reflectarray for Space Applications"

Lars Jacob Foged is the Scientific Director of Microwave Vision Group and Associate Director of Microwave Vision Italy. He is a Senior Member of IEEE and has been Secretary of the IEEE Antenna Standards Committee since 2004. He is a Fellow of the Antenna Measurements Techniques Association (AMTA) and recipient of its Distinguished Achievement Award.

ISBN 978-1-78561-537-5



- Electromagnetic Waves
- Radar, Sonar & Navigation
- Telecommunications

SciTech Publishing an imprint of the IET/The Institution of Engineering and Technology • www.iet.org
978-1-78561-537-5



Post-processing Techniques in Antenna Measurement



Post-processing Techniques in Antenna Measurement

Edited by
Manuel Sierra Castañer and Lars J. Foged



Edited by Sierra and Foged

- **Presentación del LEHA-UPM.**
- **Retos en la medida de antenas de espacio.**
- **Retos en la medida de antenas de estación base de telefonía móvil.**
- **Retos en medida de antenas RADAR.**
- **El cálculo de incertidumbres en medida de antenas.**
- **Participación en programas de intercomparación.**
- **Conclusiones.**

En esta tabla se muestran las distancias de campo lejano y el número necesario de cortes cuando se miden antenas de telefonía móvil en distintas bandas, para cada frecuencia, Puerto y tilt:

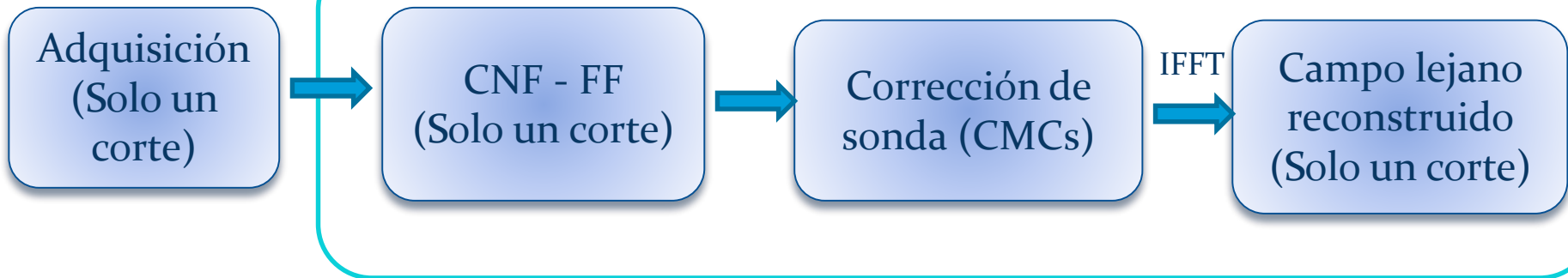
Antena		Campo lejano		Campo próximo	
		<i>Dist (m)</i>	<i>Cortes</i>	<i>Dist (m)</i>	<i>Cortes</i>
GSM900	L=1.5 m	14,4	2	1,9	26
GSM900	L=2.2 m	31,0	2	1,9	33
UMTS2100	L=1.5 m	32,6	2	0,8	45
UMTS2100	L=2.2 m	70,0	2	0,8	60
LTE2600	L=1.5 m	39,0	2	0,7	51

Nuestro objetivo es mantener distancias cortas y solo dos cortes, aunque se pierda un poco de precisión.

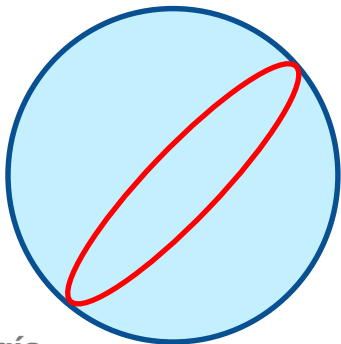


Algoritmo ANIFT

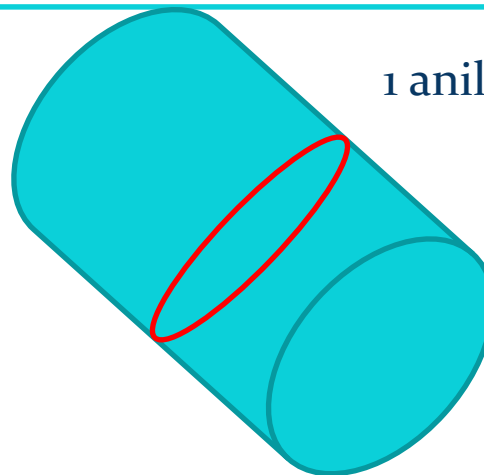
Transformación NF-FF con 1 corte



Cada corte de una esfera = 1 anillo

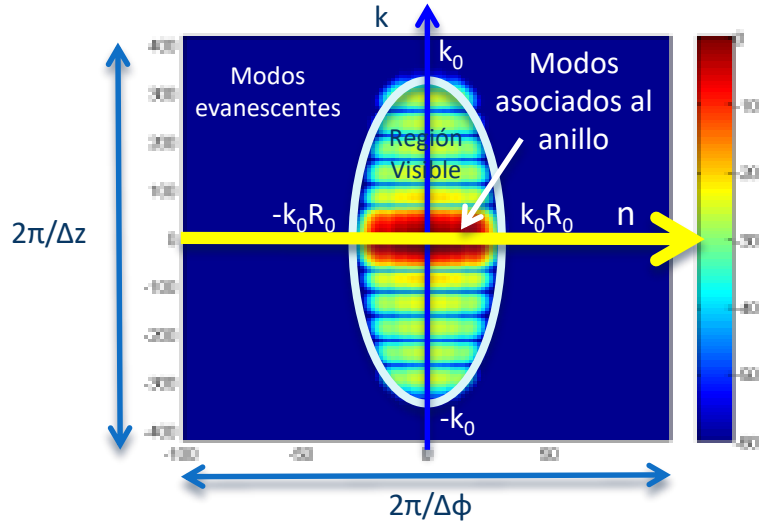


1 anillo = 1 cilindro de altura cero



La ecuación de modos cilíndricos para un anillo es:

$$a_n \underset{m=-\infty}{\overset{\infty}{\int}} c_m \times H_{n+m}^{(2)}(k_o R_o) + b_n \underset{m=-\infty}{\overset{\infty}{\int}} d_m \times H_{n+m}^{(2)}(k_o R_o) = \int_{-\rho}^{\rho} v(R_o, j) e^{-jn\phi} dj$$



a_n, b_n : modos del anillo asociados a la antenna ring. Son los modos CNF proyectados en $k_z=0$

c_m, d_m : modos del anillo asociados a la sonda. Son los modos CNF proyectados en $k_z=0$

$v(R_o, \phi)$: campo adquirido para cada polarización.

Los modos del anillo están

limitados en banda: $n^2 < (k_o R_o)^2$

$$N_{\max} = kR_o + n_1$$

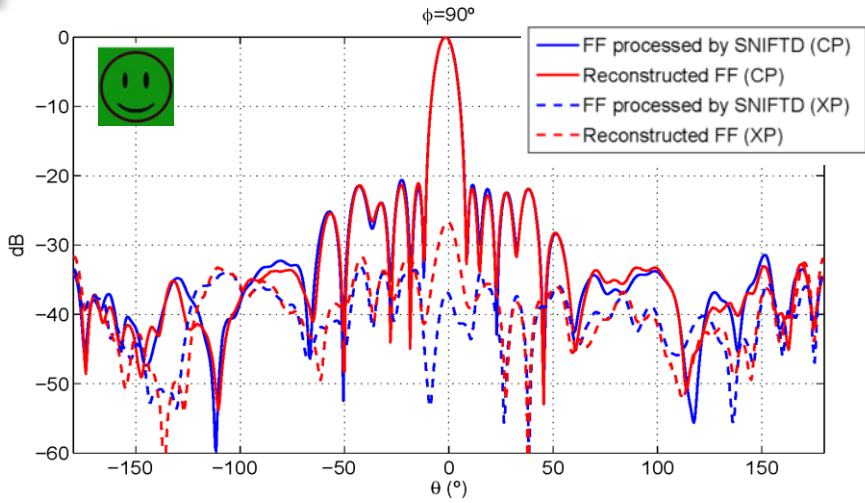
$$\vec{E}_{far}(r, \theta = 90^\circ, \phi) = -2k_o \frac{e^{-jk_o r}}{r} \sum_{n=-\infty}^{\infty} j^n (a_n \hat{\phi} + jb_n \hat{\theta}) e^{jn\phi}$$

Campo lejano = FFT de los modos cilíndricos

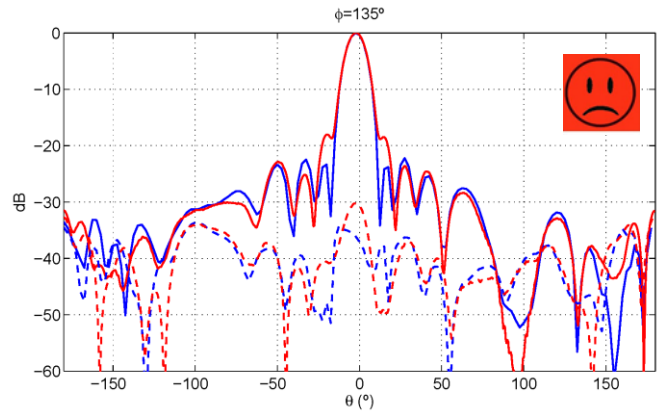
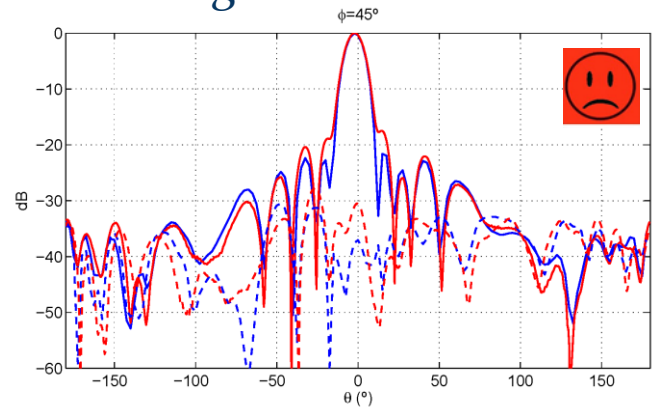


- Polarización lineal
- $f=1880$ MHz
- Distancia de medida (UPM)= $5.22 \text{ m}=32.7\lambda$
- Distancia campo lejano = $28.2 \text{ m}=176.72\lambda$

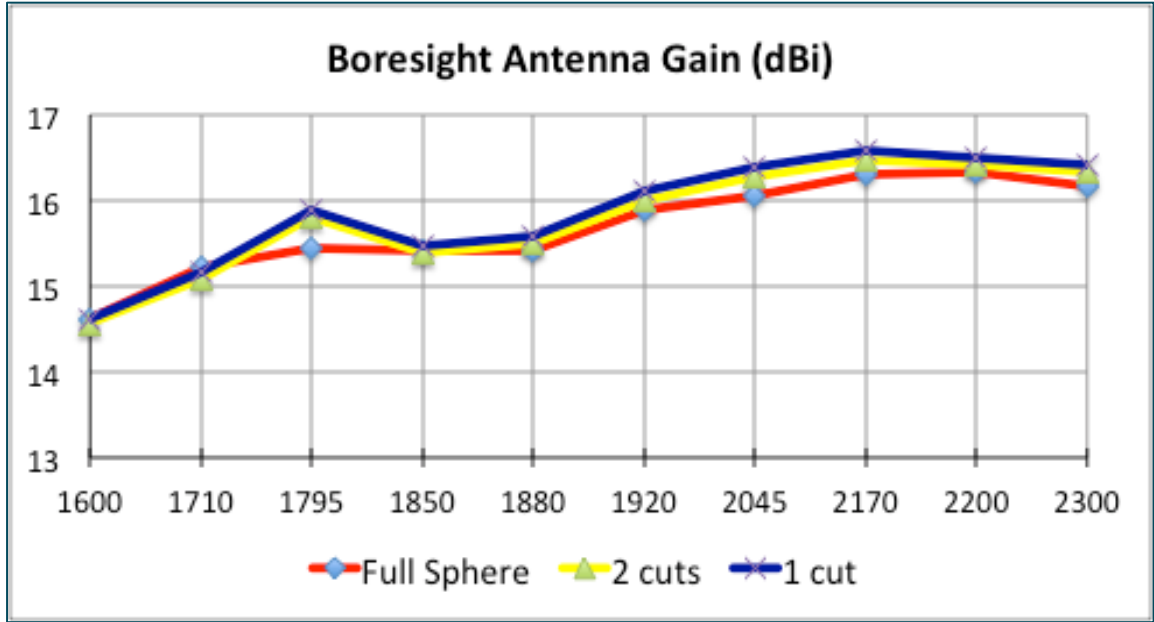
Corte vertical



Cortes diagonales

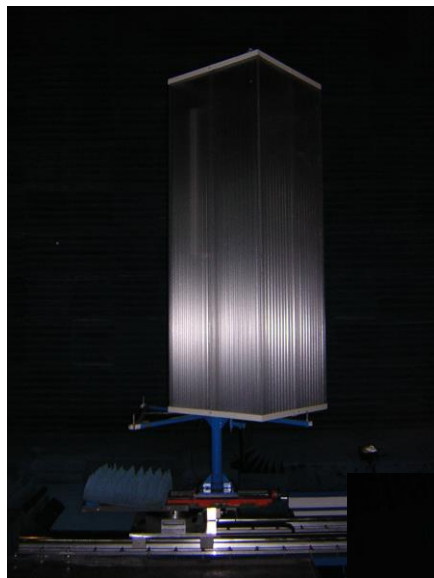


Antena BTS1940



- Polarización lineal
- $f = 1600 - 2300$ MHz
- Distancia de medida (UPM) = 5.35 m
- Distancia de campo.
- Diferencia acotada a 0.5 dB (1 corte) and 0.4 dB (2 cortes)

Medida de radomos para BTS



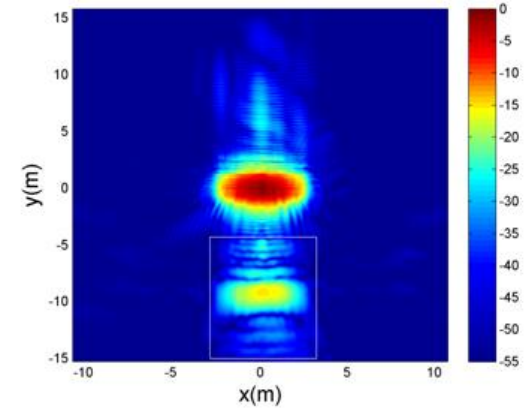
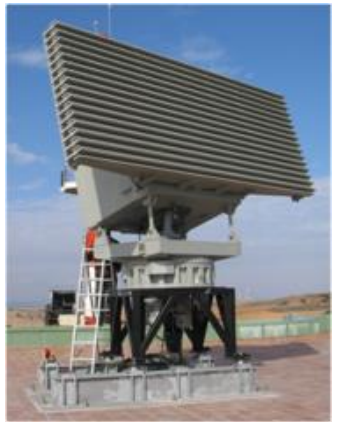
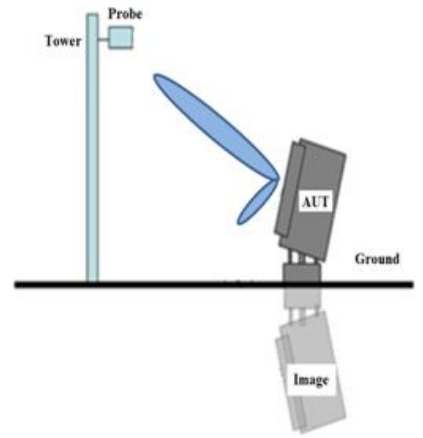
- **Presentación del LEHA-UPM.**
- Retos en la medida de antenas de espacio.
- Retos en la medida de antenas de estación base de telefonía móvil.
- **Retos en medida de antenas RADAR.**
- El cálculo de incertidumbres en medida de antenas.
- Participación en programas de intercomparación.
- Conclusiones.

Desarrollo de sistema de medida cilíndrico para medida de RADAR banda L



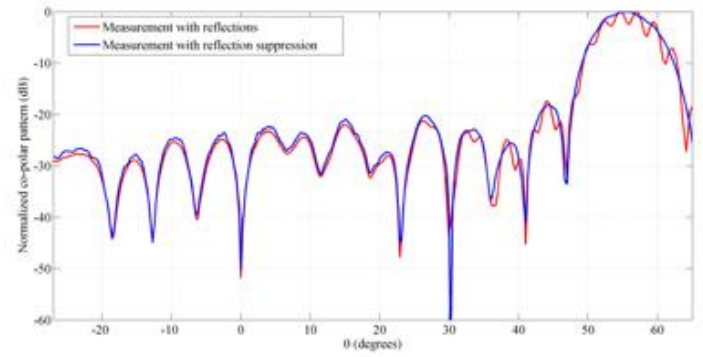
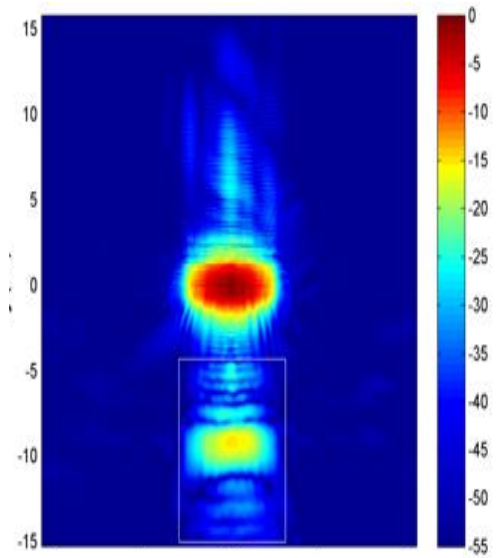
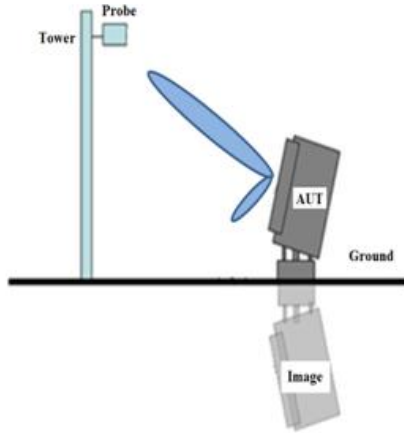
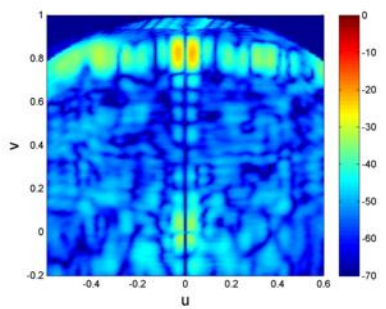
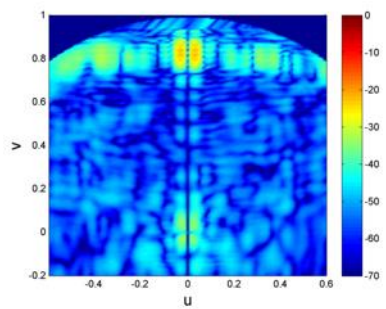
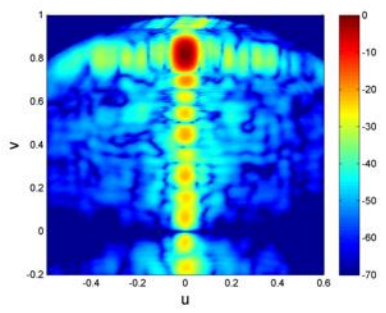
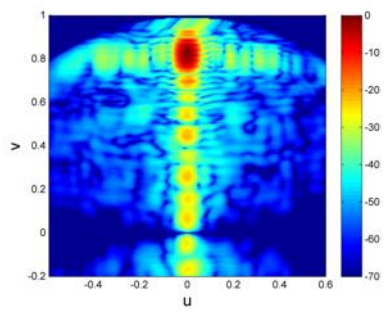
Medida antenna RADAR

- Antena de banda L formada por una array de dipolos.
- La antena rota en acimut y la exploración en elevación es electrónica.
- Antenas de varias dimensiones, en este caso: 5.5 m x 2 m ⇒
- **Medida en el Sistema cilíndrico externo del CEAR**



Con eco

Filtrado



Arrays de antenas RADAR en banda L y banda X de última generación



- **Presentación del LEHA-UPM.**
- **Retos en la medida de antenas de espacio.**
- **Retos en la medida de antenas de estación base de telefonía móvil.**
- **Retos en medida de antenas RADAR.**
- **El cálculo de incertidumbres en medida de antenas.**
- **Participación en programas de intercomparación.**
- **Conclusiones.**

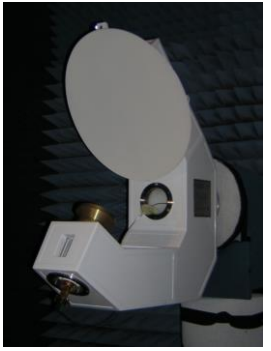


Category		Uncertainty		Evaluation / Practical estimation			
System Error type	Term	Estimation / Error measurement	Spherical system I	Spherical system II	Planar system	Compact Range	
			(σ)	(σ)	(σ)	(σ)	
Mechanical	Axis intersection	<0.5 mm	0.03 dB (Calculated by measurement comparison and average)	0.03 dB (Calculated by measurement comparison and average)	0.02 dB (Characterization of the system by the company EADS-CASA)	0.02 dB (Estimation)	
	Axis ortogonality	<0.5 mm					
	Horizontal pointing	<0.05°					
	Probe vertical position (in the z-plane)	<0.5 mm					
	Probe horiz. & vert. pointing (in plane position xy)	< 0.5 mm					
	Measurement distance	< 1 cm	Determined by simulation for each AUT	Determined by simulation for each AUT	Determined by simulation for each AUT	Do not apply	
Electrical	Amplitude and phase drift	Measured	Determined by simulation for each AUT	Determined by simulation for each AUT	Determined by simulation for each AUT	Determined by simulation for each AUT	
	Amplitude and phase noise	Measured	Determined by simulation for each AUT	Determined by simulation for each AUT	Determined by simulation for each AUT	Determined by simulation for each AUT	
	Leakage and crosstalk	Measured	Determined by simulation for each AUT	Determined by simulation for each AUT	Determined by simulation for each AUT	Determined by simulation for each AUT	
	Receiver amplitude non-linearity	Manufacturer data	0.01 dB (Calculated by measurement comparison & average and corroborated with the SW provided by Agilent)	0.01 dB (Calculated by measurement comparison & average and corroborated with the SW provided by Agilent)	0.01 dB (Calculated by measurement comparison & average and corroborated with the SW provided by Agilent)	0.01 dB (Calculated by measurement comparison & average and corroborated with the SW provided by Agilent)	

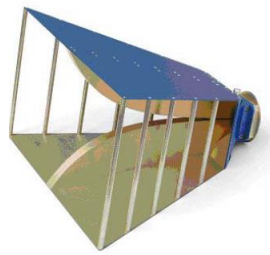


Category	Uncertainty		Evaluation / Practical estimation				
	System Error type	Term	Estimation / Error measurement	Spherical system I (σ)	Spherical system II (σ)	Planar system (σ)	Compact Range (σ)
Electrical		Amplitude and phase shift in rotary joints	0.1 dB / 0.8°	Determined by simulation for each AUT	Determined by simulation for each AUT	Determined by simulation for each AUT	Determined by simulation for each AUT
Probe-related		Channel balance amplitude and phase	Single polarized probe	Do not apply	Do not apply	Do not apply	Do not apply
		Polarization amplitude and phase	Probes with 49dB in axis Compact Range of 38dB	Calculated for each cross-polar value for a noise level of -49 dB	Calculated for each cross-polar value for a noise level of -49 dB	Calculated for each cross-polar value for a noise level of -49 dB	Calculated for each cross-polar value for noise level of -38 dB
		Pattern knowledge	Conical corrugated probes	Negligible	Negligible	Negligible	Negligible
Stray signals		Multiple reflections		0.01 dB	0.01 dB	0.01 dB	0.01 dB
		Room scattering	Material 30-45 cm	f>5 GHz 0.03 dB f<5GHz 0.04 dB	f>5 GHz 0.01dB f<5 GHz 0.03 dB	f>5 GHz 0.01dB f<5 GHz 0.03 dB	0.01 dB
		AUT support scattering		0.01 dB (Calculated by measurement comparison&average)	0.01 dB (Calculated by measurement comparison&average)	0.01 dB (Calculated by measurement comparison&average)	0.01 dB (Calculated by measurement comparison&average)
Acquisition		Scan area truncation	Depending on the acquisition	Do not apply for a small acquisition	Do not apply for a complete acquisition	0.05 dB	Do not apply
		Sampling point offset	Depending on the acquisition	Negligible	Negligible. Multifreq. 0.01dB	Negligible	Negligible
Transformation		Mode truncation		With SFIFT: 0.2 dB With SNIFTD: negligible Far-field: do not apply	With SFIFT: 0.2 dB With SNIFTD: negligible Far-field: do not apply	PNIFT 0.01 dB	Do not apply
		Total radiated power	Depending of the type of transformation				

a|e antenna center of excellence



VAST 12
antena. 2004



MVG
SH800.
2005



EurAAP



MVI
BTS1940:
UMTS band



MVI SH800
with absorbers
plate:
L/S & C band

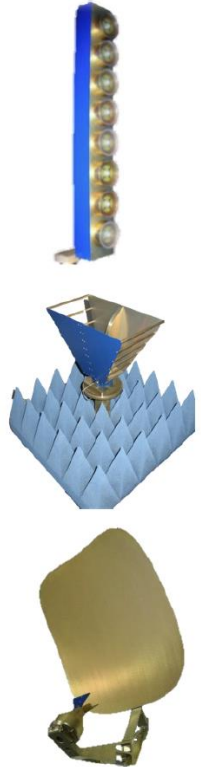


MVI
SR40+SH4000:
Ku & Ka band





- Las campañas de intercomparación requieren mucho tiempo y dinero.
- Una vez tenemos patrones de referencia, los ofrecemos para comparar cada sistema de medida con esos patrones: disponibles BTS1940, SH800, SR40.
- De momento, AGC (Bélgica), UPM (España) y MVI (Italia) han participado.
- Coste: transporte, seguro, procesado. Financiado por EurAAP y por el laboratorio interesado.



- **Presentación del LEHA-UPM.**
- **Retos en la medida de antenas de espacio.**
- **Retos en la medida de antenas de estación base de telefonía móvil.**
- **Retos en medida de antenas RADAR.**
- **El cálculo de incertidumbres en medida de antenas.**
- **Participación en programas de intercomparación.**
- **Conclusiones.**

Conclusiones

- En esta presentación hemos mostrado algunos de los retos a los que nos enfrentamos en la medida de antenas para distintas aplicaciones.
- Es un mundo complejo, y casi cada proyecto de medida, sobre todo de espacio y defensa, te obliga a innovar y a probar nuevas técnicas.
- Tenemos un campo de investigación en nuevos procedimientos y técnicas de medida, con resultado científico destacado.
- La apuesta por la acreditación ISO17025 supuso un antes y un después en la consolidación de procedimientos y en la profesionalización del LEHA-UPM. Para un laboratorio universitario fue un reto, pero nos ha permitido posicionarnos como referencia a nivel europeo.
- La participación en ACE y la creación posterior de EurAAP nos ha permitido avanzar en dos aspectos fundamentales: cálculo de incertidumbre y campañas de intercomparación, y ha hecho que los investigadores europeos lideremos los estándares del IEEE de medida de antenas.

Manuel Sierra Castañer
Laboratorio de Ensayos y Homologación de Antenas
Universidad Politécnica de Madrid
manuel.sierra@upm.es

<https://www.gr.ssr.upm.es/index.php/es/leha/sobre-nosotros>

Despacho C-410. E.T.S.I. Telecomunicación
Universidad Politécnica de Madrid
Av. Complutense 30, 28040 Madrid, Spain
Tel: +34 91 549 57 00 Ext. 4053