

# ***Introducción a la Gestión del Espectro para Radioastronomía***

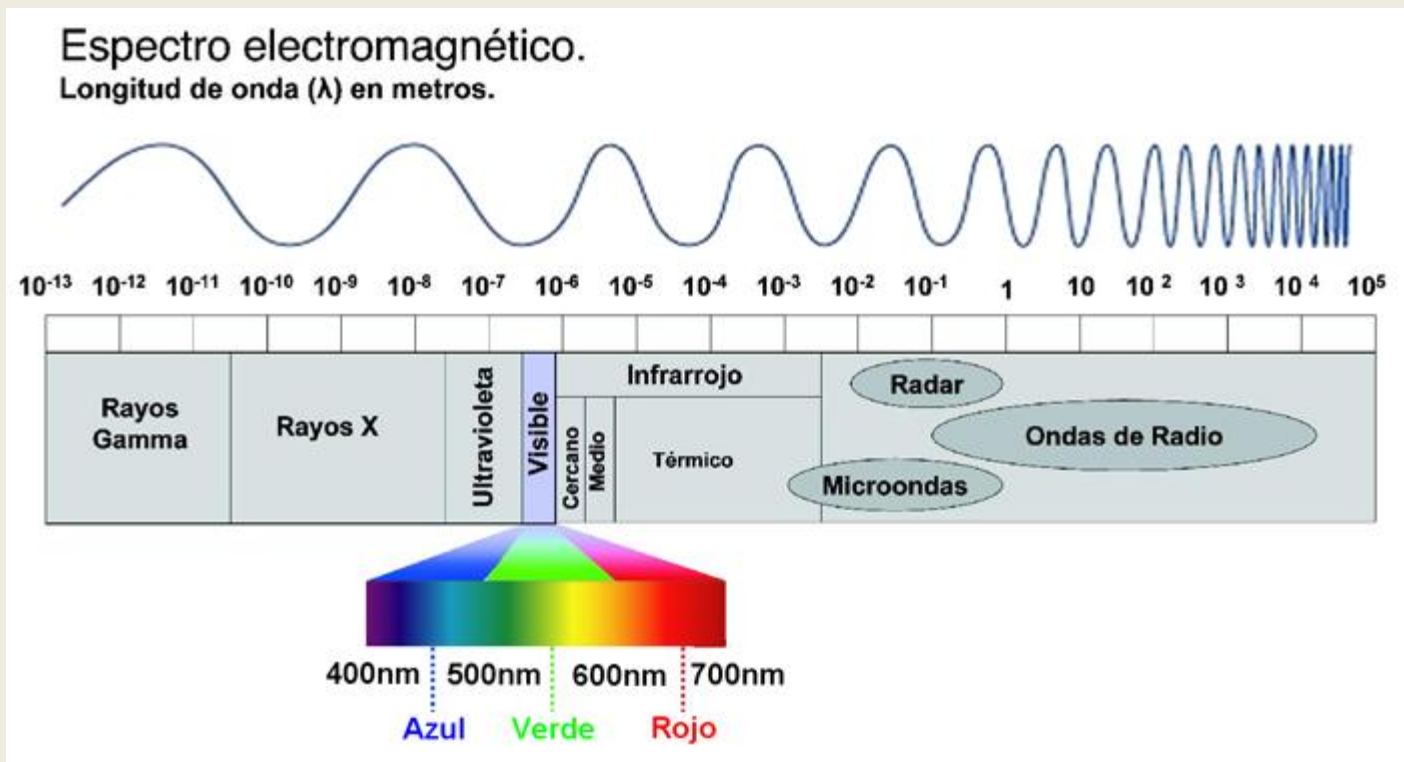


***Expositor: Guillermo Gancio CPA - CONICET***  
***Instituto Argentino de Radioastronomía - 26 de mayo 2014***

## ***Alcance...***

- ***Por que es necesaria una gestión del espectro***
- ***Modelo global de gestión del espectro***
- ***Regulación e implementación local.***





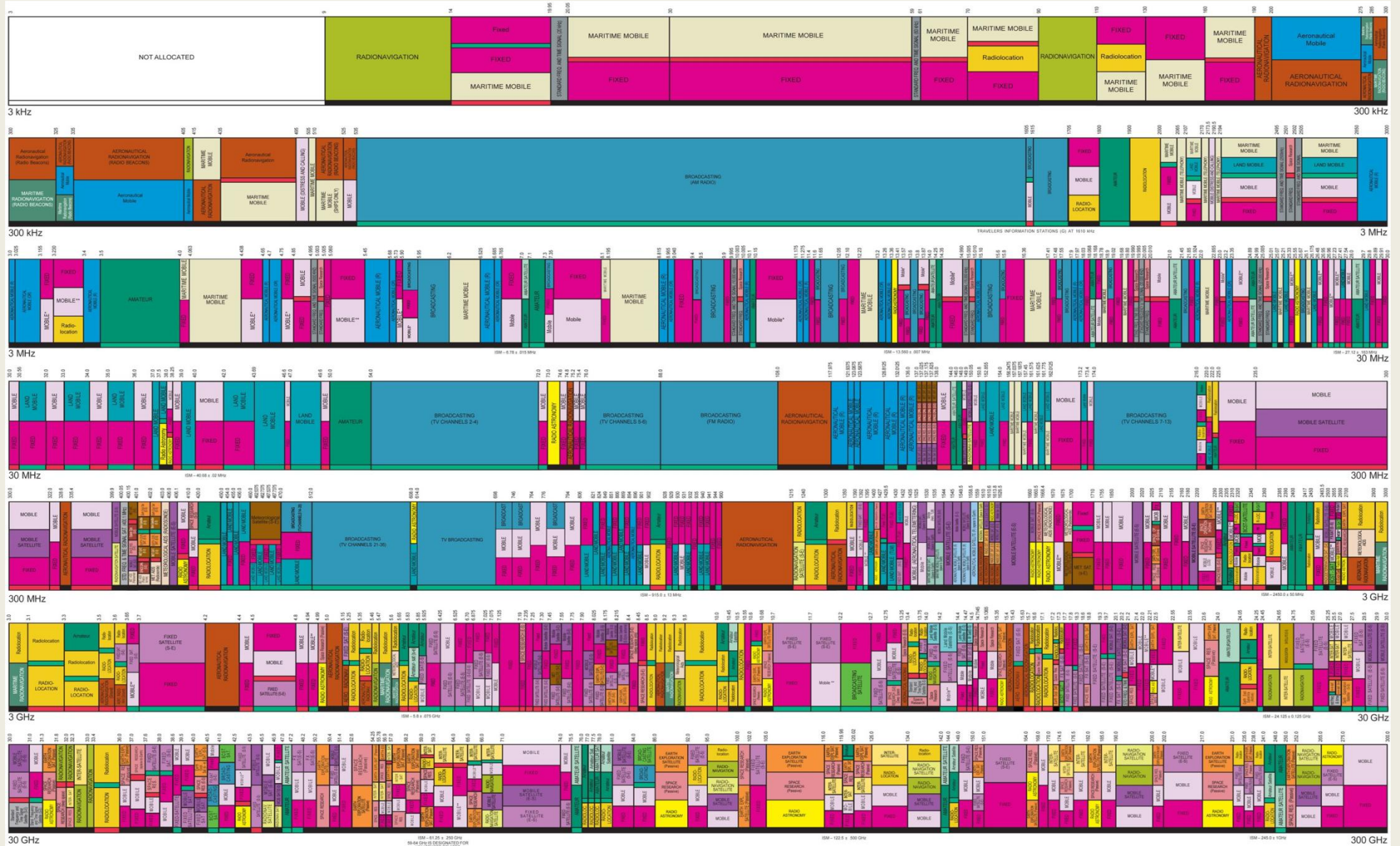
~1896, Marconi desarrolla y presenta el **telégrafo inalámbrico**, usado para comunicación de costera con barcos.

~1897, Primeras detecciones de RFI al aumentar el número de telégrafos en barcos.

Berlín 1903, Pre-Conferencia de Radio, con el fin de establecer regulaciones internacionales para comunicaciones radiotelegráficas.

**Berlín 1906 , Primer conferencia Internacional de Radiotelégrafo.**



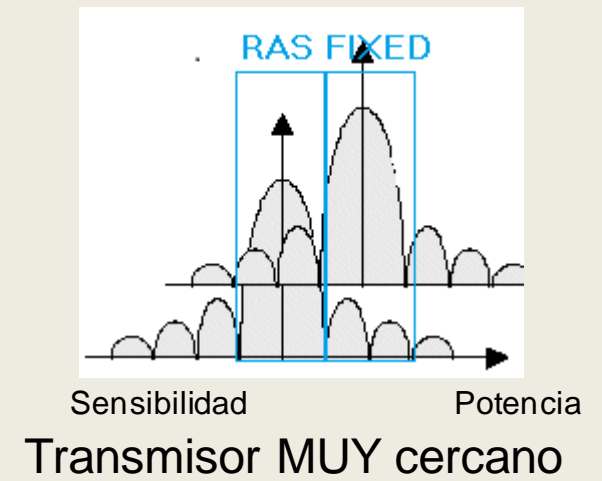
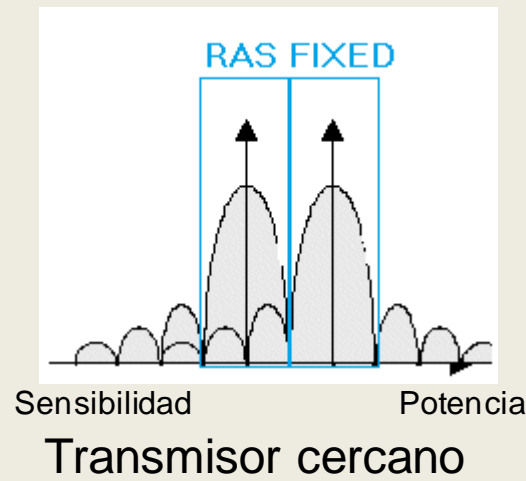
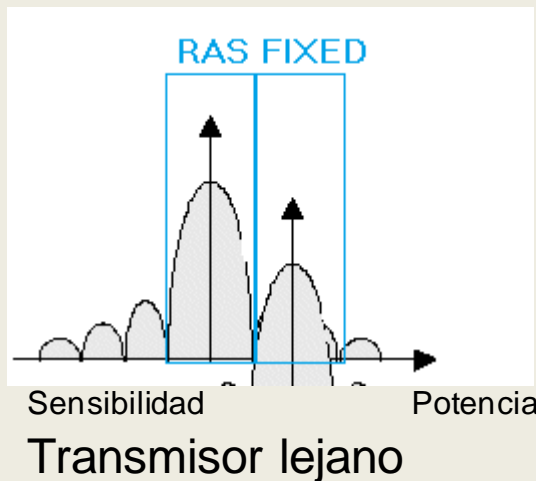
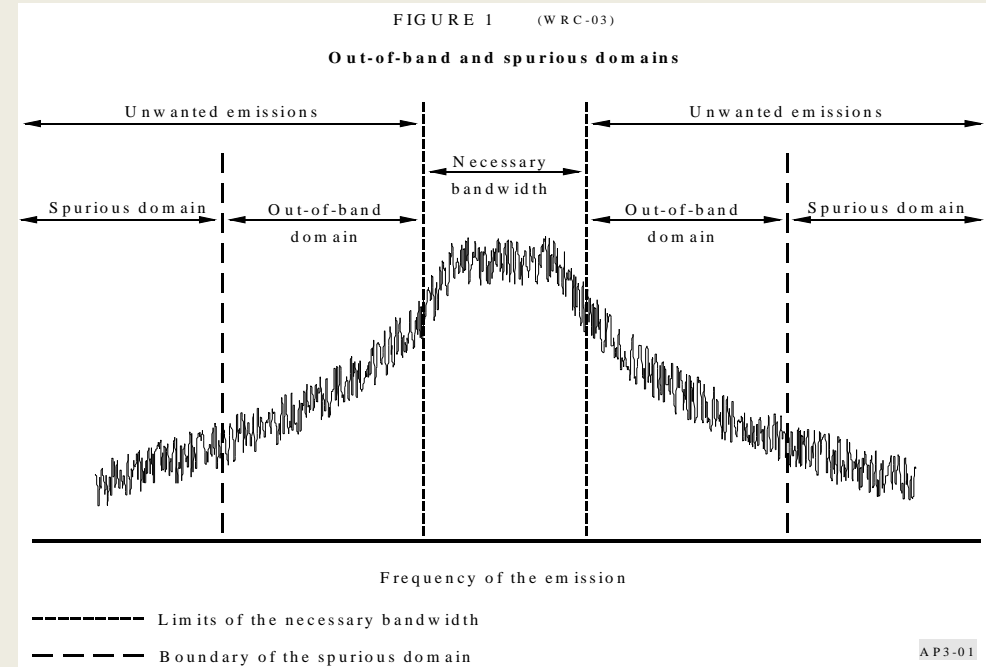
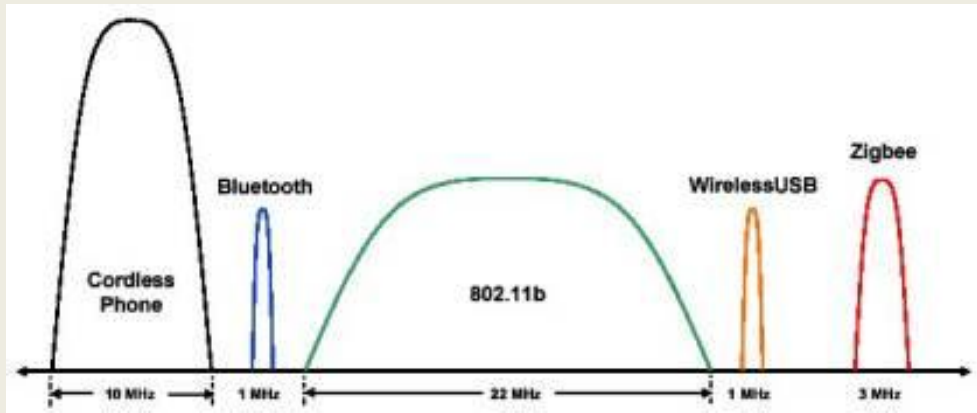


Banda	Categoría	Atribución	Notas de p
1,35 GHz - 1,4 GHz	Primario	RADIOLOCALIZACIÓN	<a href="#">5.149</a> <a href="#">5.334</a> <a href="#">5.339</a>
		EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE	<a href="#">5.340</a> <a href="#">5.341</a>
		RADIOASTRONOMÍA	<a href="#">5.340</a> <a href="#">5.341</a>
1,4 GHz - 1,427 GHz	Primario	INVESTIGACIÓN ESPACIAL	<a href="#">5.340</a> <a href="#">5.341</a>
		OPERACIONES ESPACIALES	<a href="#">5.341</a>
1,427 GHz - 1,429 GHz	Primario	FIJO	<a href="#">5.341</a>
		MÓVIL	<a href="#">5.341</a>

5.339 Las bandas 1 370-1 400 MHz, 2 640-2 655 MHz, 4 950-4 990 MHz y 15,20-15,35 GHz están también atribuidas, a título secundario, a los servicios de investigación espacial (pasivo) y de exploración de la Tierra por satélite (pasivo).

5.341 En las bandas 1 400-1 727 MHz, 101-120 GHz y 197-220 GHz, ciertos países realizan operaciones de investigación pasiva en el marco de un programa de búsqueda de emisiones intencionales de origen extraterrestre.

<i>Elemento</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Ancho de banda utilizado</i>
Hidrógeno (HI)	1420,406 MHz	1370 — 1427 MHz
Radical Oxidrilo (OH)	1612,231 MHz	1606 – 1614 MHz
Radical Oxidrilo (OH)	1665,402 MHz	1659 – 1667 MHz
Radical Oxidrilo (OH)	1667,359 MHz	1661 – 1669 MHz
Radical Oxidrilo (OH)	1720,530 MHz	1714 – 1722 MHz
Radical Metilidino (CH)	3335,481 MHz	3324 – 3338 MHz
Continuo	5500 MHz	5250 – 5750 Mhz





*Unidades de medida, un lenguaje “común”...*



***“Estamos recibiendo una interferencia de 10Jy...”***



***“Huh?”***

***“Que^#\$& es un ‘jansky’?”***

***“Estamos usando +43dBm en un panel con 15dBb y 2 grados de Downtilt”***

***“Huh?, Como sea, es mucho...”***



The jansky (Jy):

$$1 \text{ Jy} \equiv 10^{-26} \text{ W/m}^2/\text{Hz}$$

The jansky is a measure of *spectral power flux density*—the amount of RF energy per unit time per unit area per unit bandwidth

The jansky is not used outside of radio astronomy

It is not a practical unit for measuring communications signals

- The magnitude is much too small
- The jansky is a linear unit

Very few RF engineers outside of radio astronomy will know what a Jy is

The received signal strength of most communications signals is measured in power

The relevant bandwidth is fixed by the bandwidth of the desired signal

The relevant collecting area is fixed by the frequency of the desired signal and the gain of the receiving antenna

Because of the wide dynamic range encountered by most radio systems, the power is usually expressed in logarithmic units of watts (dBW) or milliwatts (dBm):

$$\text{dBW} \equiv 10 \log_{10}(\text{Power in watts})$$

$$\text{dBm} \equiv 10 \log_{10}(\text{Power in milliwatts})$$

*While not comprised of the same units, we can make some reasonable assumptions to compare a Jy to dBm.*

**LTE**, an acronym for **Long-Term Evolution**, commonly marketed as **4G LTE**, is a standard for wireless communication of high-speed data for mobile phones and data terminals

*Assumptions:*

- >LTE bandwidth (~10MHz)
- >1.8 GHz frequency ( $\lambda = 0.17 \text{ m}$ )
- >Isotropic receive antenna

$$\text{Antenna collecting area} = \lambda^2 / 4\pi = 0.0022 \text{ m}^2$$

*How much is a Jy worth in dBm?*

- > $P_{mW} = 10^{-26} \text{ W/m}^2/\text{Hz} \times 10\text{MHz} \times 0.0022 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ mW/W} = 2.2 \times 10^{-19} \text{ mW}$
- > $P_{dBm} = 10 \log (2.2 \times 10^{-19} \text{ mW}) = -187 \text{ dBm}$

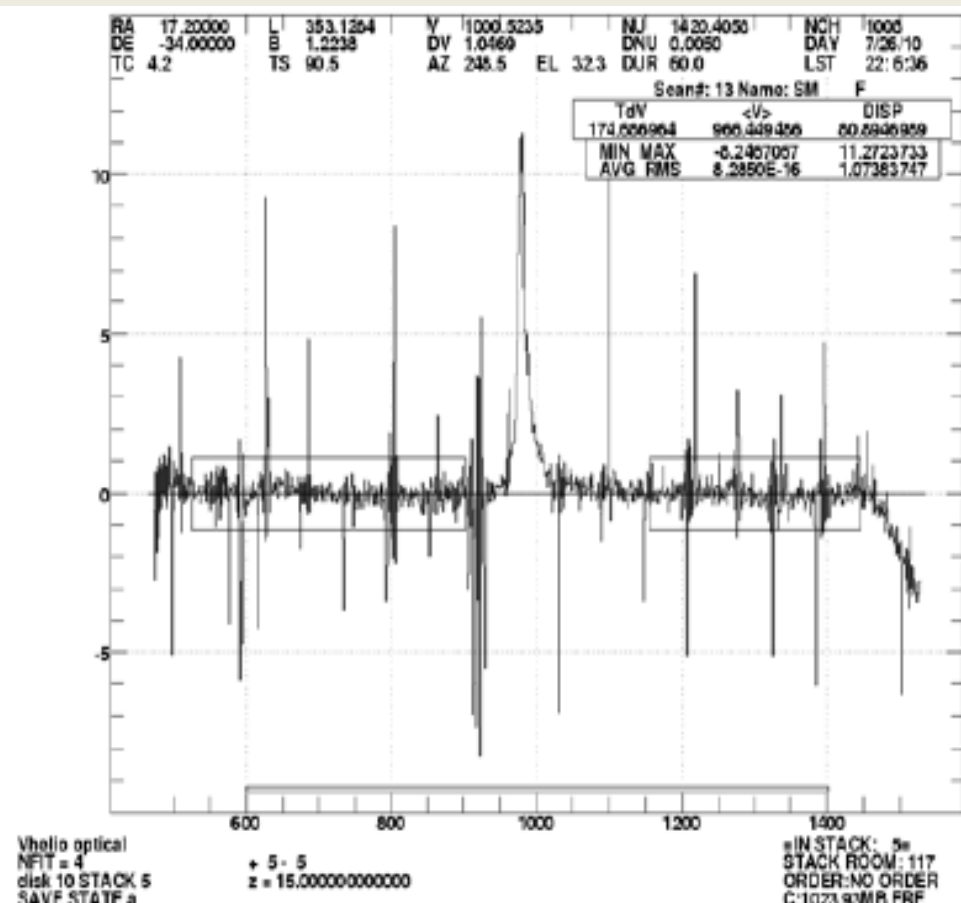
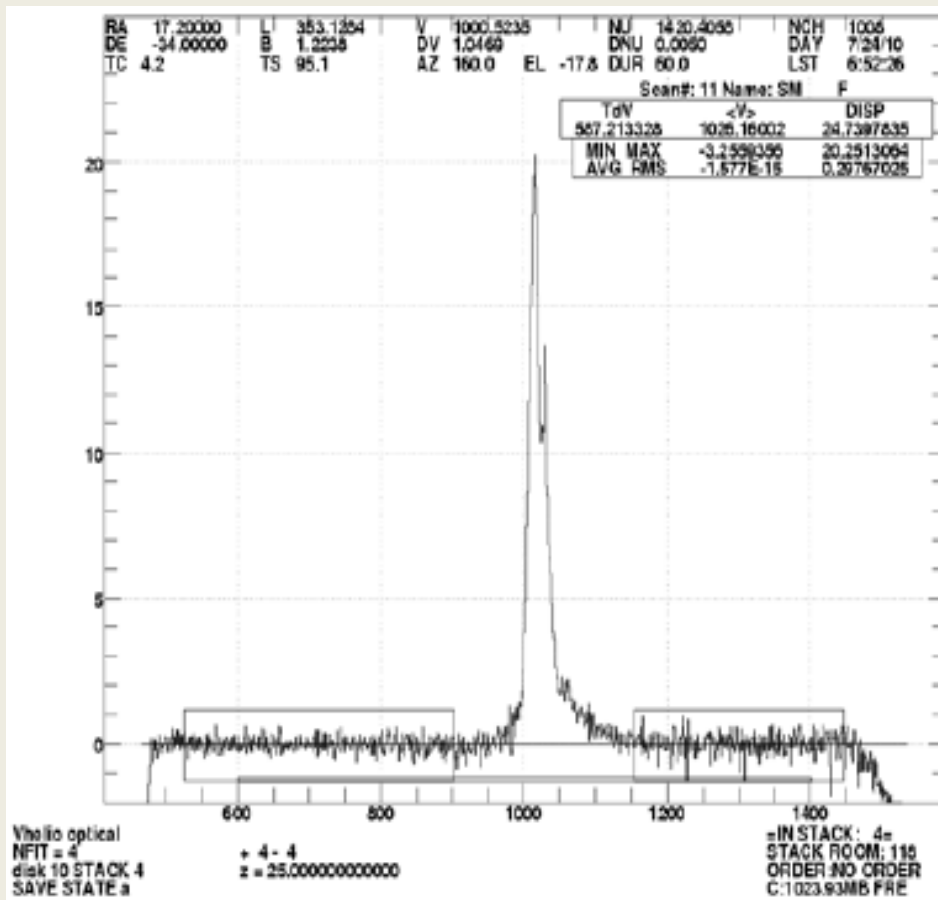
*Radio astronomy observations can achieve microjansky sensitivity, corresponding to signal levels (under the same assumptions) of  $-247 \text{ dBm}$*

*The reference LTE receiver sensitivity is  $-100$  dBm  
(minimum reported signal strength; service is not available at this power level)*

*A 1 Jy signal strength ( $\sim -187$  dBm) is therefore some 87 dB below the LTE reference receiver sensitivity*

*A  $\mu$ Jy is a whopping 147 dB below the LTE handset reference sensitivity*

*A radio telescope can be more than 14 orders of magnitude more sensitive than a LTE receiver*

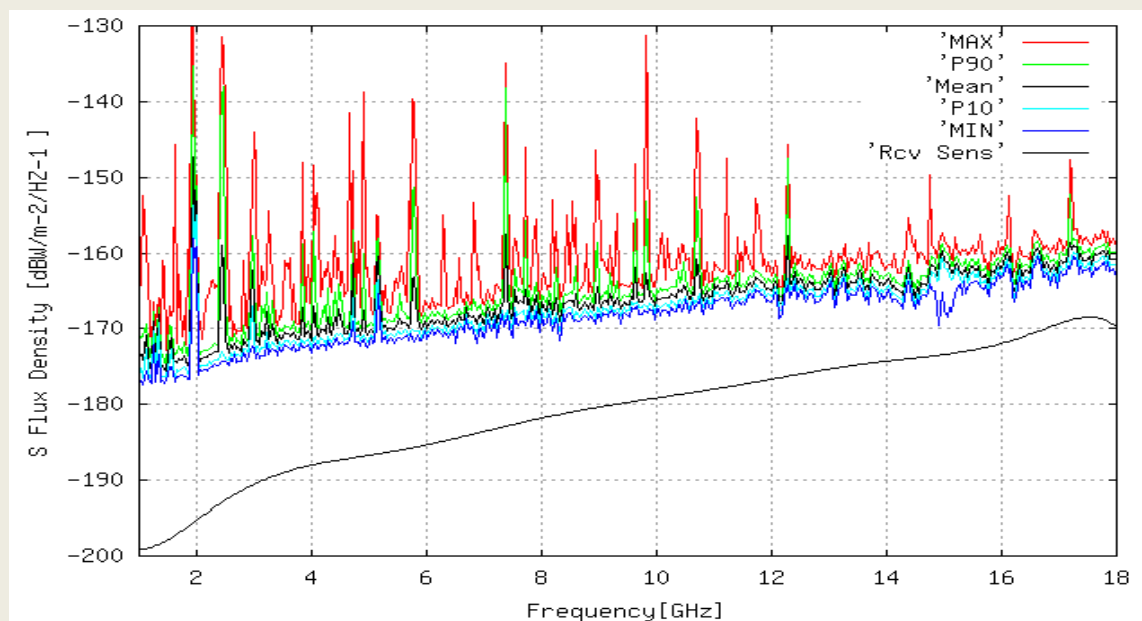
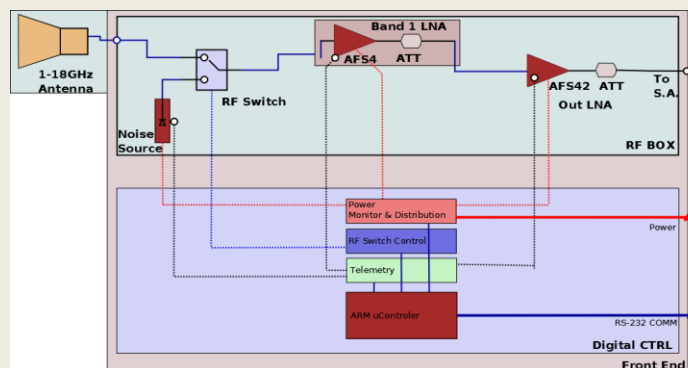


“Mediciones de contraste, Radiometro Antena I, M.Salibe, D.Perilli, J.J.Larrarte.”



Por Parte de los observatorios u organismos gubernamentales como la "C.N.C."

Equipo de monitoreo de Interferencia del I.A.R. de alta Sensibilidad

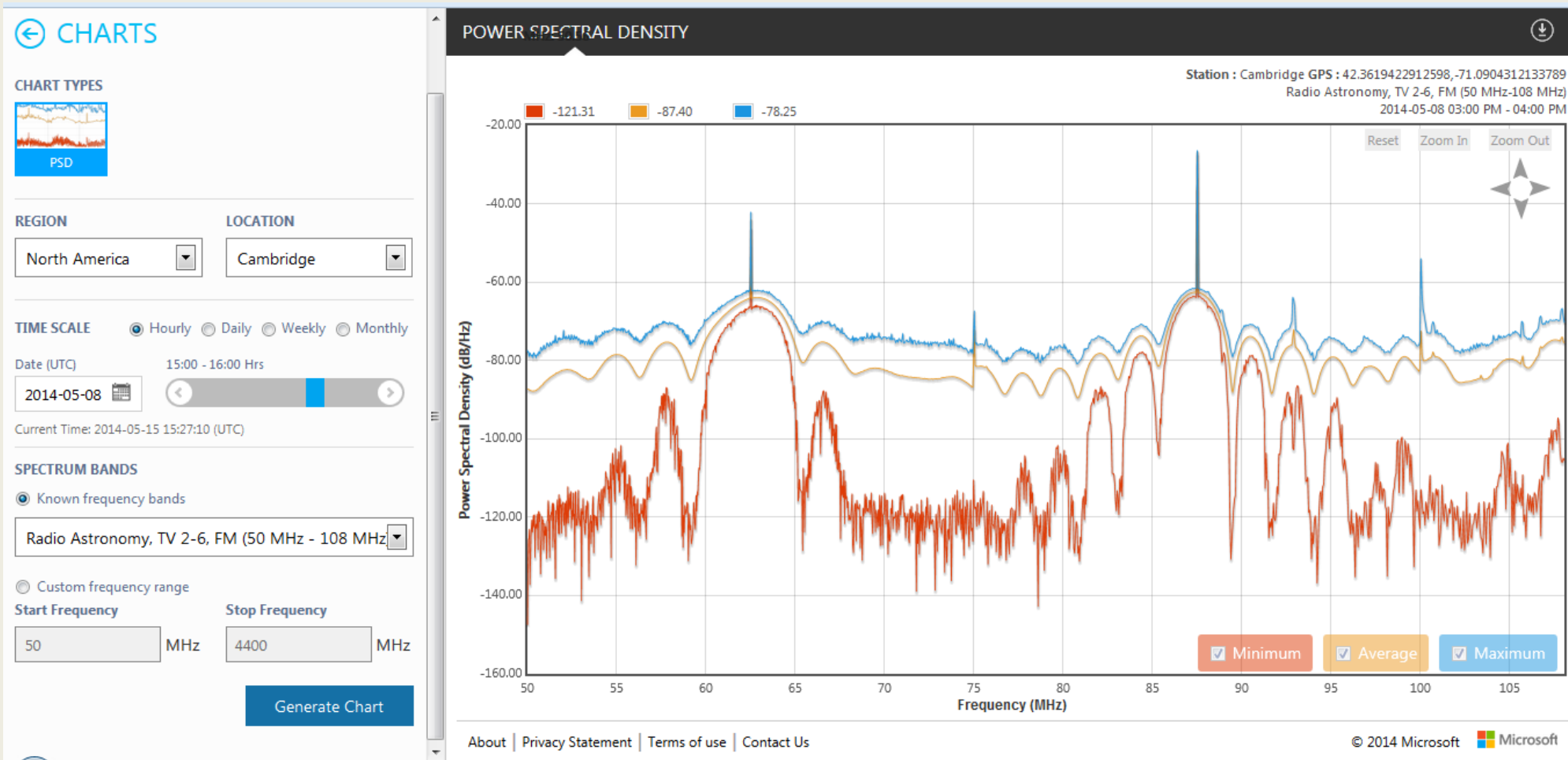


Densidad de flujo a la entrada de la antena

$G_{sys} \sim 70\text{dB}$   
 $MDS \sim -124\text{dBm}$   
 $T_{sys} \sim 400^\circ\text{K}$   
 Calibración periódica  
 Min Flux Density  $-170\text{dBW/m}^2/\text{Hz}$

## O Empresas internacionales

# Welcome to Microsoft Spectrum Observatory



Sensibilidad ??, Calibración???

<http://observatory.microsoftspectrum.com/>

- **ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones)**

Depende de las Naciones Unidas, formado por 193 países (Argentina) y 700 entidades del sector privado.

- **IUCAF International Council for Science**

**SCIENTIFIC COMMITTEE ON FREQUENCY ALLOCATIONS FOR RADIO ASTRONOMY AND SPACE SCIENCE (URSI, IAU, COSPAR)**

- **URSI, the International Union of Radio Science,**

**Commission E : Electromagnetic Environment and Interference**

- **COSPAR, the Committee on Space Research.**

- **CORF, the Committee on Radio Frequencies, USA, National Academy of sciences**

- **RAFCAP, the Radio Astronomy Frequency Committee, Asia-Pacific radio astronomy and related sciences.**

- **CITEL, Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, Dependiente de la Organización de los Estados Americanos, formada por 35 países**

- **CNC, Comisión Nacional de Comunicaciones, Argentina.**

- **SUBTEL, Sub-Secretaria de Comunicaciones, Chile.**

- **Ministério das Comunicações, Brazil.**

## •ITU-R

ITU-R – Sector de Radiocomunicaciones

Organizado en:

Servicios Espaciales

Servicios Terrenales

Grupos de Estudio:

Comisión de Estudio 1 (CE 1): Gestión del espectro

Comisión de Estudio 3 (CE 3) (SG 3): Propagación de las ondas radioeléctricas

Comisión de Estudio 4 (CE 4): Servicios por satélite

Comisión de Estudio 5 (CE 5): Servicios terrenales

Comisión de Estudio 6 (CE 6): Servicio de radiodifusión

**Comisión de Estudio 7 (CE 7): Servicios científicos**

**-7A (WP 7A) – Señales de tiempo y emisiones de frecuencias estándar**

**-7B (WP 7B) – Aplicaciones de radiocomunicación satelital**

**-7C (WP 7C) – Sistemas de sensado remoto.**

**-7D (WP 7D) - Radioastronomía.**

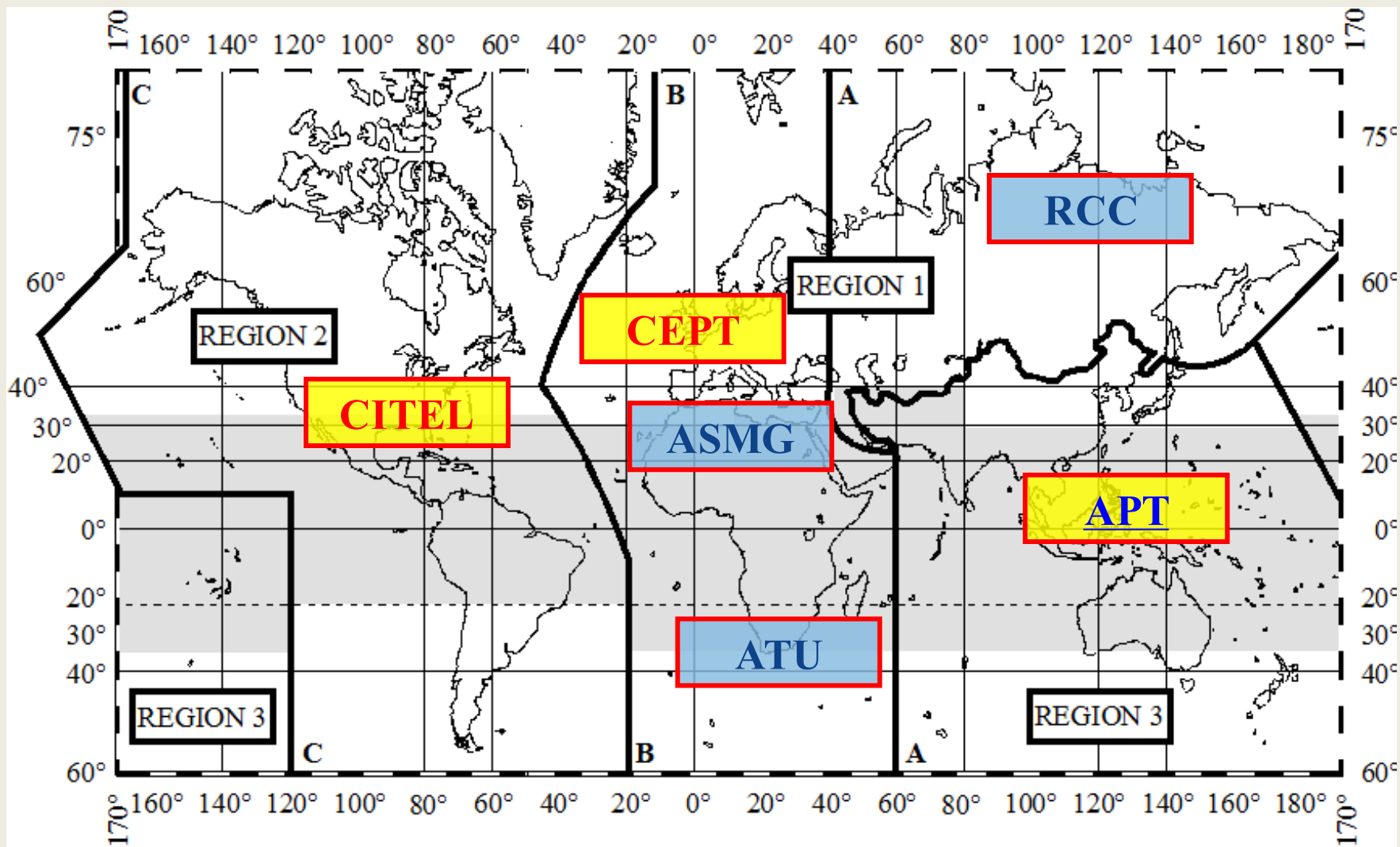
**-> Reglamento de Radiocomunicaciones: División del espectro y asignación de bandas.**

Los países integrantes aceptan las nuevas normativas mediante la firma de tratados....

***(cada país es soberano de su espectro...)***

*Múltiples documentos, Recomendaciones, Reportes, Manuales, etc...*





The shaded part represents the Tropical Zones as defined in Nos. 5.16 to 5.20 and 5.21.

ITU-R RA → 14 recomendaciones para Radioastronomía..

RA.314 Preferred frequency bands for radio astronomical measurements

RA.479 Protection of frequencies for radioastronomical measurements in the shielded zone of the Moon

RA.517 Protection of the radio astronomy service from transmitters operating in adjacent bands

RA.611 Protection of the radio astronomy service from spurious emissions

***RA.769 Protection criteria used for radio astronomical measurements***

RA.1031 Protection of the radio astronomy service in frequency bands shared with other services

RA.1237 Protection of the radio astronomy service from unwanted emissions resulting from applications of wideband digital modulation

RA.1272 Protection of radio astronomy measurements above 60 GHz from ground based interference

***RA.1417 A radio-quiet zone in the vicinity of the L2 Sun-Earth Lagrange point***

RA.1513 Levels of data loss to radio astronomy observations and percentage-of-time criteria resulting from degradation by interference for frequency bands allocated to the radio astronomy on a primary basis

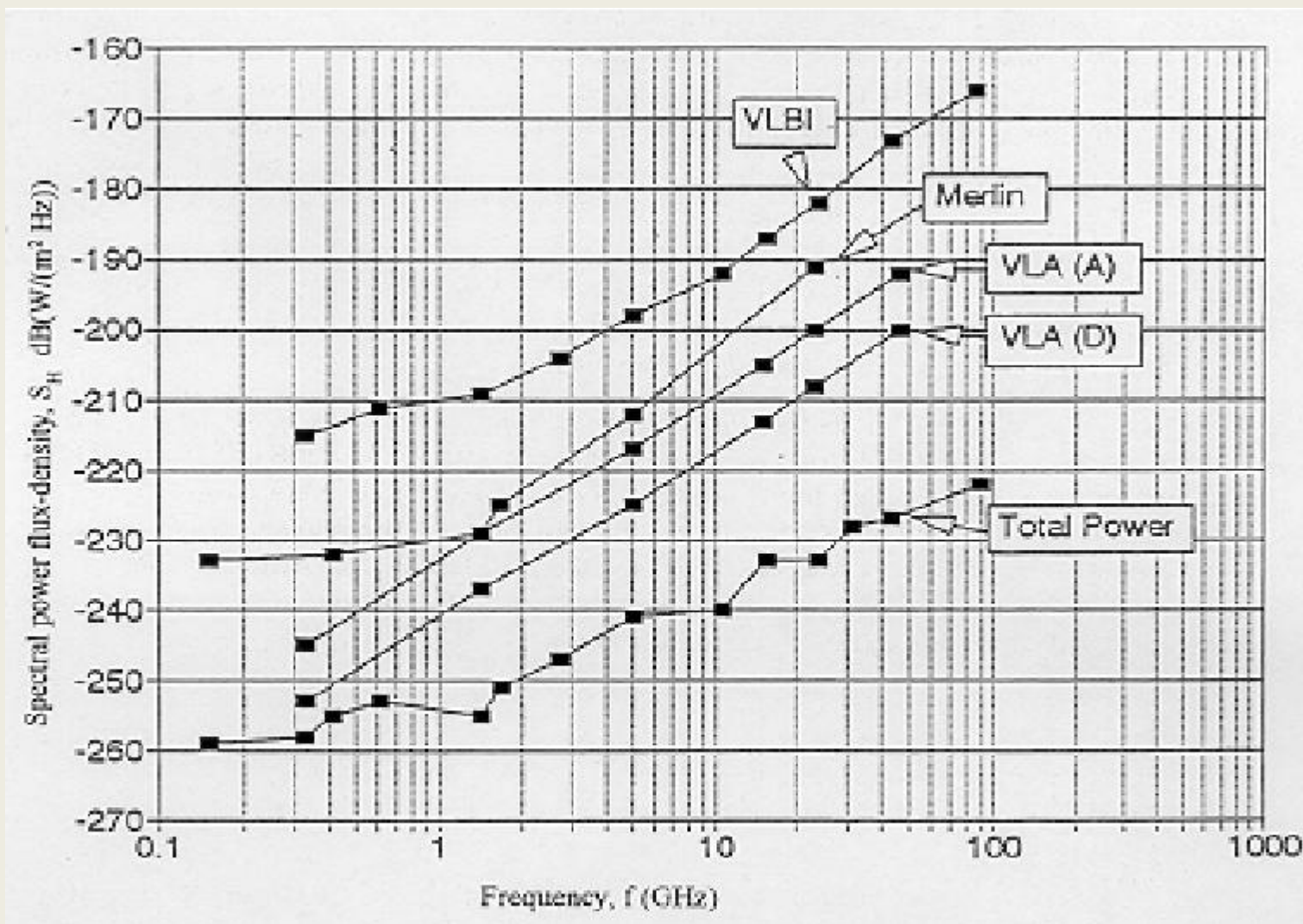
RA.1630 Technical and operational characteristics of ground-based astronomy systems for use in sharing studies with active services between 10 THz and 1 000 THz

RA.1631 Reference radio astronomy antenna pattern to be used for compatibility analyses between non-GSO systems and radio astronomy service stations based on the epfd concept

RA.1750 Mutual planning between the Earth exploration-satellite service (active) and the radio astronomy service in the 94 GHz and 130 GHz bands

RA.1860 Preferred frequency bands for radio astronomical measurements in the range 1-3 THz

RA.769 Protection criteria used for radio astronomical measurements



ITU-R RA → 8 reportes para Radioastronomía..

RA.2099 Radio observations of pulsars for precision timekeeping

***RA.2126 Techniques for mitigation of radio frequency interference in radio astronomy***

RA.2131 Supplementary information on the detrimental threshold levels of interference to radio astronomy observations in Recommendation ITU-R RA.769

Note - This Report has been published only in English

RA.2163 Astronomical use of frequency band 50-350 THz and coexistence with other applications

Note - This Report is published only in English

***RA.2188 Power flux-density and e.i.r.p. levels potentially damaging to radio astronomy receivers***

Note - This Report has been published only in English

RA.2189 Sharing between the radio astronomy service and active services in the frequency range 275-3 000 GHz

Note - This Report has been published only in English

RA.2195 The transition to digital television and its impact on the unprotected use by the radio astronomy service of bands used for terrestrial television broadcasting

Note - This Report has been published only in English

***RA.2259 Characteristics of radio quiet zones***

Note - This Report has been published only in English



## •IUCAF activities

Participate in meetings:

- ▣ - **ITU-R (as Sector Member – can send input, not vote):**
  - WP7D (Radio Astronomy)
  - World Radiocommunication Conferences (WRCs)
- ▣ - Space Frequency Coordination Group (as observer)

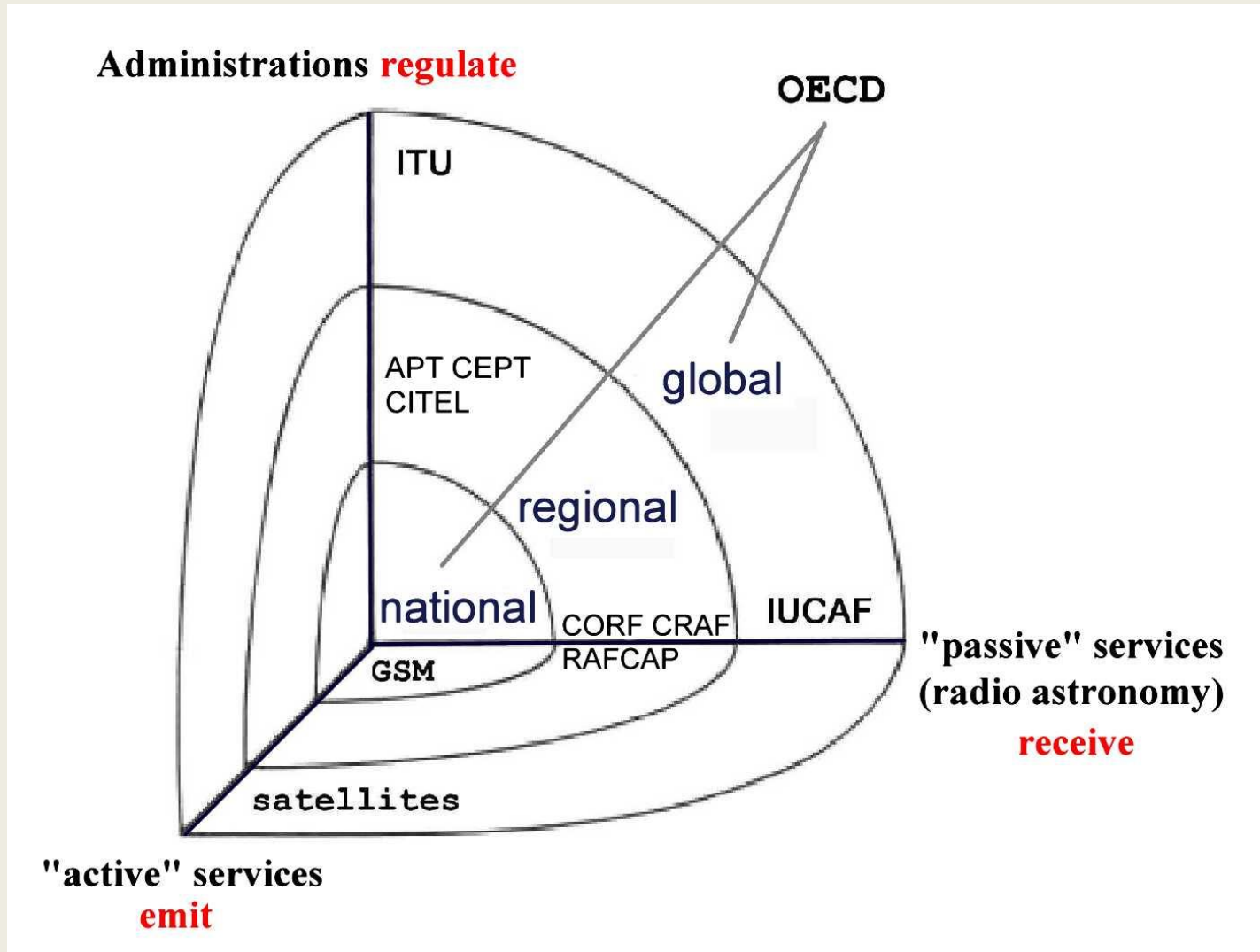
Organise three-yearly:

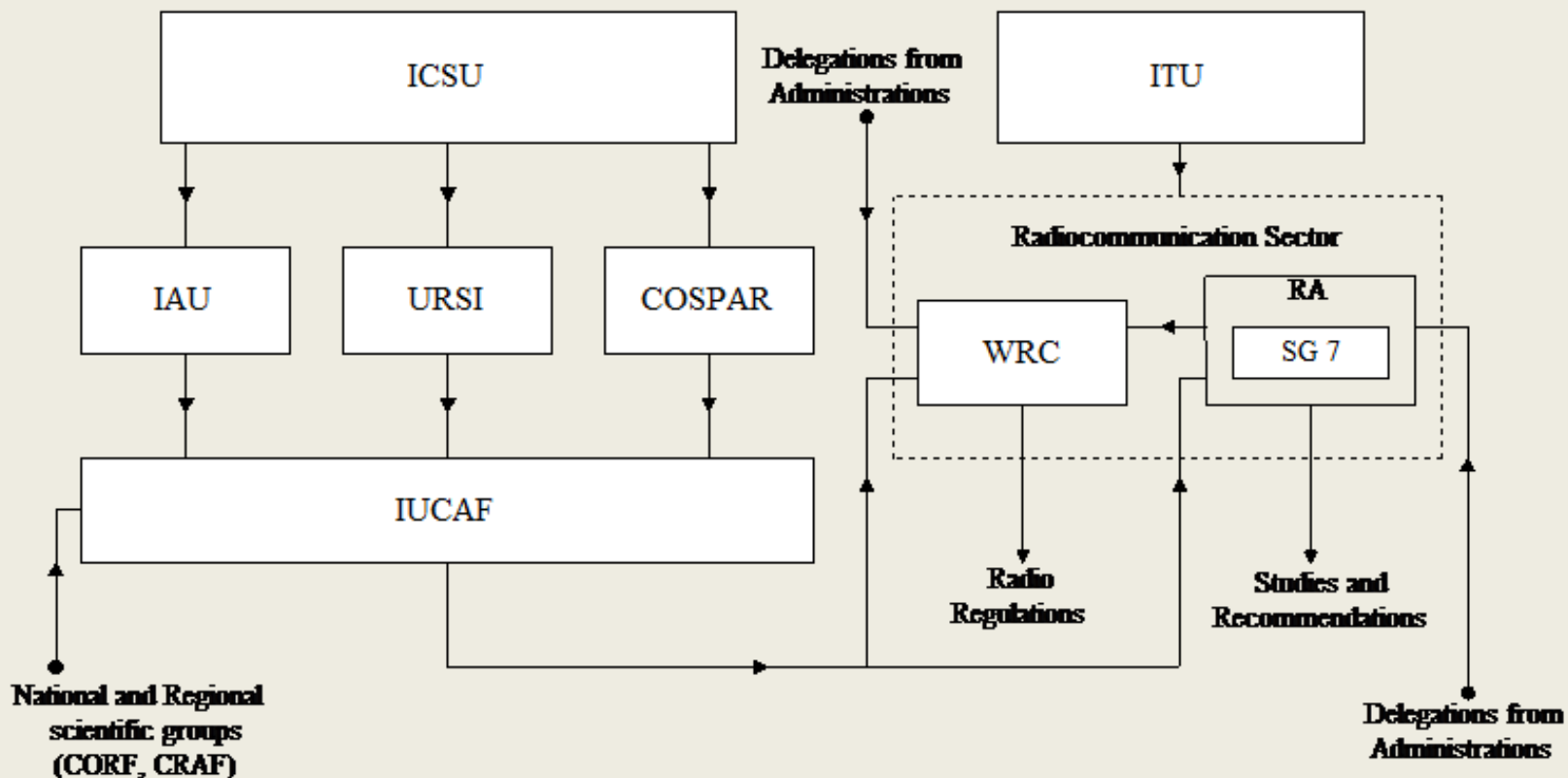
Workshop on RFI Mitigation (Germany 2001; Canada 2004; England 2007)

•Summer School on Spectrum Management (US 2002; Italy 2005; Korea 2008 ; Chile 2014)

- ▣ Presentations, Proceedings on [www.iucaf.org](http://www.iucaf.org)
- ▣ <http://www.iucaf.org/sms2014/>







- COSPAR** Committee on Space Research
- IAU** International Astronomical Union
- URSI** International Union of Radio Science
- CORF** Committee on Radio Frequencies (USA)
- CRAF** Committee on Radio Astronomical Frequencies (EUR)
- RAFCAP** Radio Astronomy Frequency Committee in the Asia-Pacific Region

- ICSU** International Council of Scientific Unions
- ITU** International Telecommunication Union
- RA** Radiocommunication Assembly
- SG 7** Radiocommunication Study Group 7
- WRC** World Radiocommunication Conference

*Spectrum Management for Astronomy - IUCAF and Commission 50 - Wim van Driel IUCAF / Paris Observatory, France*

## World Radio Conference

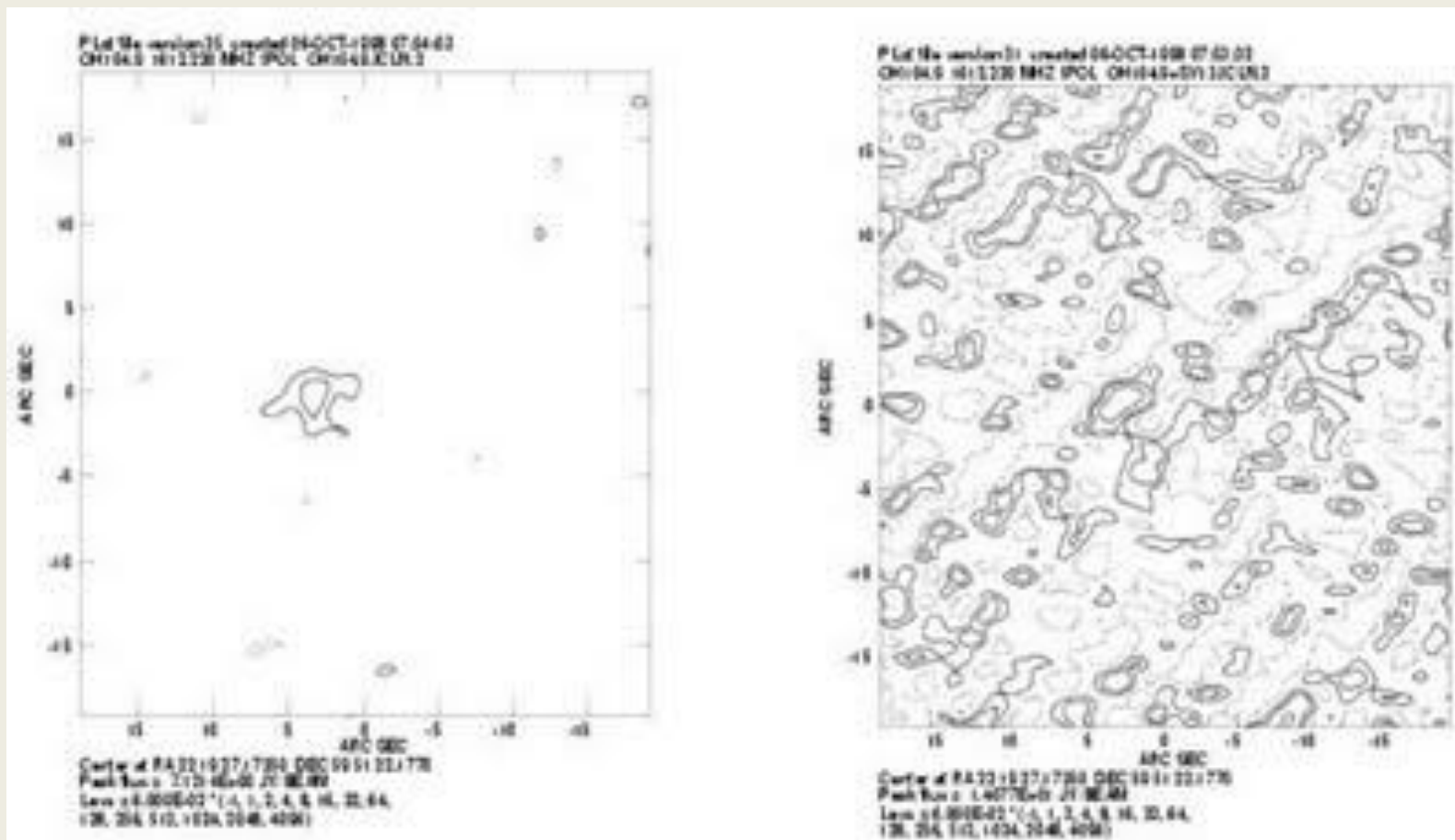
World radiocommunication conferences (WRC) are held every three to four years. It is the job of WRC to review, and, if necessary, revise the [Radio Regulations](#), the international treaty governing the use of the radio-frequency spectrum and the geostationary-satellite and non-geostationary-satellite orbits. Revisions are made on the basis of an agenda determined by the [ITU Council](#), which takes into account recommendations made by previous world radiocommunication conferences.



WRC-12



## Iridium. Banda L 1.6-2.1 GHz.



La imagen muestra el efecto de RFI en una imagen astronómica del VLA. A la izquierda la imagen de una estrella. A la derecha, el mismo campo de observación cuando un satélite [Iridium](#) estaba a 22 grados de la estrella. La imagen queda inservible por la RFI. Imagen cortesía de G.B. Taylor, NRAO.



**Republic of Chile**

**Ministry of Transport and Telecommunications**

**Sub-Secretariat of Telecommunications**

**Modifies permit for Limited Telecommunications Service**

Exempt Resolution N° 1055

Santiago, 17 August 2004

**ALMA - Radio Quiet Zone**



4.2 For the purpose of protecting the radio telescope's reception, the following zones have been defined:

- a) Protection Zone centered on  $23^{\circ}01' S$  by  $67^{\circ}45' W$  and with a radius of 30 km within national territory, inside which the installation of any other radio communications system will not be authorized to any third parties operating on the receiving frequency bands mentioned in point 4.1.
- b) Coordination Zone; coordination being understood as the process whereby the opinion of the petitioners, ESO and AUI will be sought regarding certain requests by third parties that this Sub-secretariat deems could interfere or affect the operation of the radio telescope. Likewise, in case such petitioners detect any emissions that affect the operation of the radio telescope, they will notify this Sub-secretariat for its coordination. The deadlines involved for each coordination process will depend on each case.  
The coordination zone will be centered at  $23^{\circ}01' S$  by  $67^{\circ}45' W$  with a radius of 120 km inside national territory. Within this zone, any emissions by other petitioners or licensees will be limited, bearing in mind the following cases:

## SKA Australia - Radio Quiet Zone

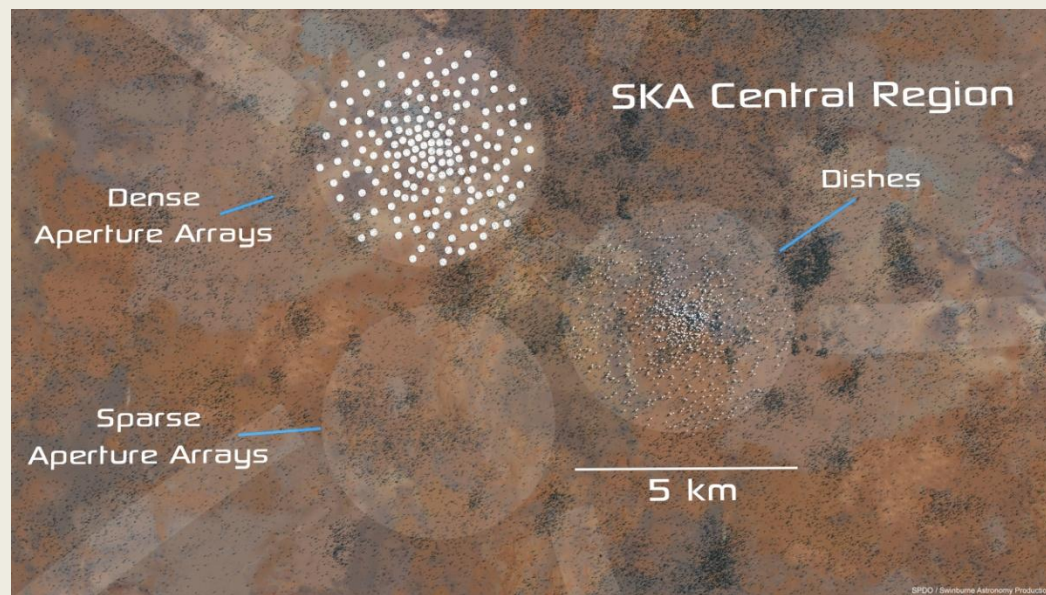
### The Murchison Radio-Astronomy Observatory (MRO)





## SKA South Africa - Radio Quiet Zone

- SKA-low array – a phased array of simple [dipole antennas](#) to cover the frequency range from 50 to 350 MHz. These will be grouped in 100 m diameter stations each containing about 90 elements.
- SKA-mid array – an array several thousand [dish antennas](#) to cover the frequency range 350 MHz to 14 GHz. It is expected that the antenna design will follow that of the [Allen Telescope Array](#) using an offset Gregorian design having a height of 15 metres and a width of 12 metres.

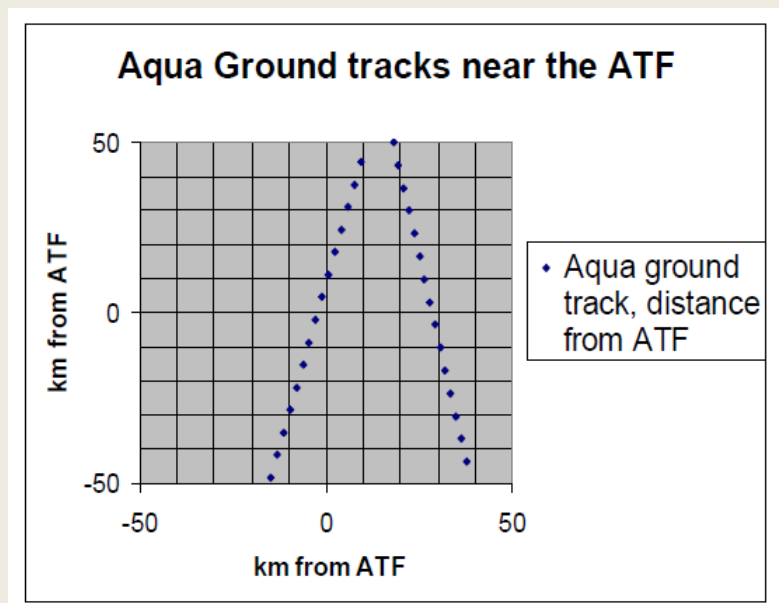


## ALMA Memo No. 504

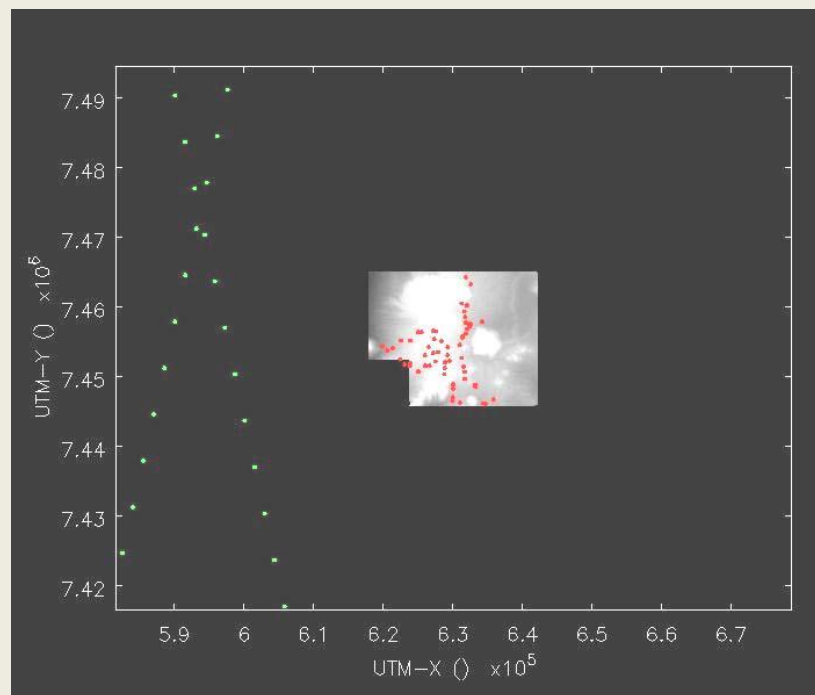
### The CloudSat Radar and Implications for ALMA

A report from the ALMA North American Technical Advisory Committee (ANATAC)

CloudSat is a downward-looking **94 GHz** satellite-borne radar, due for launch in April 2005. The peak EIRP of the radar beam is some **4.109 watts**, which is sufficient to damage ALMA receivers on the ground if ALMA antennas and the orbiting radar ever look directly at each other. Although the likelihood of this happening is very small, ALMA does need to take some operational precautions to avoid receiver damage, and to flag data that will be contaminated by radar interference.



ALMA Test Facility



Separation of 30Km from Alma core

- The ALMA antenna should never point within  $\pm 0.8$  degrees of the zenith. If this is ever necessary, say for maintenance or for transportation, then a protective shutter, or the solar attenuator, should be moved in place above the receiver feeds. If observations are needed within 0.8 degrees of the zenith, then the control software should check for the position of CloudSat before allowing tracking closer to the zenith.
- Whenever ALMA antennas are pointed within 10 degrees of the CloudSat satellite, any data taken at least in Band 3 should automatically be flagged as bad. Harmonic interference is possible if CloudSat passes within 0.02 degrees of the ALMA field of view.
- Observations within the frequency band 94.0 – 94.1 GHz should preferably be restricted to times when CloudSat is below the horizon.
- Today's estimate of the future CloudSat track has it passing essentially **directly over** the ATF, so for receiver protection there, precautions need to be taken as soon as CloudSat is launched in April 2005; however, the final CloudSat orbit may differ slightly from the current Aqua orbit, so the situation needs to be reassessed then.

## FCC 12-72

### ***Radar vehicular (77 GHz) – A ser implementado en sistemas de aviónica.***

“For field disturbance sensors operating in the 76–77 GHz band, the spectrum shall be investigated up to 231 GHz.”



## CNC

La Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC) es un organismo descentralizado que funciona en el ámbito de la *Secretaría de Comunicaciones del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios*, cuya misión y funciones son la regulación, contralor, fiscalización y verificación de los aspectos vinculados a la prestación de los servicios de telecomunicaciones, postales y de *uso del Espectro Radioeléctrico*.

### **MISIONES Y FUNCIONES DESTACADAS:**

#### **EN EL AMBITO NACIONAL:**

Aplicar, interpretar y hacer cumplir los decretos y demás normas reglamentarias en materia de telecomunicaciones y postal.

***Administrar el espectro radioeléctrico inclusive el de radiodifusión.***

Asistir a la Secretaría de Comunicaciones en el dictado de los Reglamentos Generales para los servicios de telecomunicaciones y para la actividad postal.

***Homologar equipos y materiales de uso específico en telecomunicaciones.***

Revisar los contratos de interconexión celebrados entre los prestadores de servicios de telecomunicaciones.

***Realizar la gestión de órbitas de los satélites.***

Disponer las medidas relativas a la provisión de servicios satelitales en el país.

***Autorizar el uso e instalación de los medios y sistemas satelitales para telecomunicaciones.***

#### **EN EL AMBITO INTERNACIONAL:**

Asistir a la Secretaría de Comunicaciones en el ejercicio de la representación nacional ante los organismos y entidades internacionales de telecomunicaciones y postales.

Recibir y revisar los acuerdos relativos al enrutamiento del tráfico internacional.

Colaborar con la Secretaría de Comunicaciones en la determinación de las normas para la selección de corresponsales en el exterior para la prestación de servicios internacionales.

## **CNC – Zona de Coordinación para estaciones terrenas.**

*El emplazamiento de una estación terrena conlleva alrededor de la misma un área denominada Zona de Coordinación. Dicha Zona de Coordinación no es una zona de exclusión sino que la misma se establece con el fin de evaluar las posibles interferencias, con estaciones terrenas que operan en la vecindad de la estación terrena y que comparten la misma banda de frecuencias, con la finalidad de establecer la compatibilidad técnica entre las estaciones terrenas y terrenales.*

*El método que se aplica para determinar la zona de coordinación se encuentra establecido en el Apéndice 7 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.*

***En estudio la implementación de una Zona de Coordinación para LLAMA.***



### ***Punto 0 / Tipper***

Longitud:  $66^{\circ} 28' 29''.4$  (Oeste)  
Latitud:  $-24^{\circ} 11' 31''.4$  (Sur)



Decreto N° 2426/2012.

Buenos Aires, 12 de Mayo de 2014

Boletín Oficial: 14-5-2014

Art. 2º.- Instrúyese a la Secretaría de Comunicaciones del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, a instrumentar las medidas pertinentes con el objeto de atribuir las bandas comprendidas entre **698-806 MHz, 1710-1770 MHz y 2110-2170 MHz** exclusivamente al Servicio Móvil Terrestre.

Art. 3º.- Instrúyese a la Secretaría de Comunicaciones del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, para que, en su carácter de Autoridad de Aplicación, proceda a concursar las frecuencias que se detallan en el Anexo, que forma parte del presente decreto, y las bandas comprendidas entre **698-806 MHz, 1710-1770 MHz y 2110-2170 MHz**.

## RECOMENDACIÓN UIT-R RA.314-9

Radical hidroxilo (OH) 1 720,530 MHz (1 714,8-1 722,2 MHz) (3), (4)

La actual atribución internacional no es primaria y/o no satisface las necesidades de anchura de banda.

Véase información más detallada en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR).

*El espectro de radio es un recurso natural finito y, dado el creciente número de aplicaciones que requiere acomodar, cada vez más escaso. Tiene la particularidad de ser instantáneamente renovable, ya que al cesar una transmisión queda otra vez intacto a disposición de la siguiente. Su uso ha adquirido una importancia económica comparable quizá solo al de las fuentes de energía, y se ha convertido en un ingrediente indispensable de la vida moderna, que ningún país puede ignorar. Para que funcione como el público demanda, es necesaria una gestión eficiente y actualizada, en el nivel nacional lo mismo que en el internacional.*

por [Tomás Gergely](#) para [Ciencia Hoy](#) el 01/04/2014. Publicado en [Número 137](#).





***-Muchas Gracias-***