

Determinación de Radiofrecuencia en la emisión de Júpiter en HF 15-30 MHz

¹ Antonino Galo

² Hugo Ramos

Resumen

La investigación denominada “**Determinación de Radiofrecuencia en la emisión de Júpiter en HF 15-30 MHz**”, es de primordial importancia en las etapas previas a la implementación de un Radiotelescopio.

Las bandas de frecuencias para investigaciones en Radioastronomía, han sido definidas conjuntamente por la Unión Internacional de Astronomía y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (IAU e ITU –siglas en inglés, respectivamente).

Los datos se recopilaron mediante metodologías y técnicas establecidas en el “**Handbook Spectrum Monitoring**”, publicado por ITU en el año 2011 y se utilizaron equipos certificados para estudios radioeléctricos -RFI.

Se determinaron las condiciones radioeléctricas que prevalecen en el Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa (OACS), o dicho de otra manera, el ambiente radioeléctrico al que estará expuesta cualquier señal de alguna fuente celeste, emitida en frecuencia 15 - 30 MHz.

La investigación demostró que en la ubicación del OACS, no hay Radio interferencia de origen humano y que señales de fuentes como Júpiter además del Sol y la Vía Láctea, son factibles de ser recibidas.

Palabras clave: Radioastronomía, 15-30MHz, RF, Piso de Rudio, Radio interferencia

Determination of Radio Frequency in the emission of Jupiter in HF 15-30 MHz

Abstract

The study called “**Determination of Radio Frequency in the Emission of Jupiter in HF 15-30 MHz**”, is of paramount importance in the stages prior to the implementation of a radio telescope.

The frequency bands for Radio Astronomy investigations were jointly defined by the International Astronomy Union and the International Telecommunications Union (IAU and ITU - acronym in English, respectively).

The data was collected using methodologies and techniques established in the “**Handbook Spectrum Monitoring**”, published by ITU in 2011 and certified equipment for radio-RFI studies was used.

¹ Departamento de Astronomía y Astrofísica, Facultad de Ciencias Espaciales de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras. <https://orcid.org/PENDIENTE> Correo electrónico: norman.galo@unah.edu.hn

¹ Departamento de Astronomía y Astrofísica, Facultad de Ciencias Espaciales de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras. <https://orcid.org/PENDIENTE> Correo electrónico: hugo.ramos@unah.edu.hn

The radio conditions prevailing at the Central American Astronomical Observatory of Suyapa (OACS) were determined, or in other words, the radio environment to which any signal from a celestial source will be exposed, emitted in frequency 15 - 30 MHz.

The study showed that in the location of the OACS, there is no Radio Interference of human origin and that signals from sources such as Jupiter and also the Sun and the Milky Way are feasible to be received.

Keywords: Radio astronomy, 15-30 MHz, RF, Noise Floor, RadioInterference

Introducción

Los radiotelescopios son utilizados para recibir la información proveniente de las llamadas fuentes de radio como planetas, el Sol, estrellas, galaxias, nubes moleculares, moléculas, emisión Sinrotón, supernovas (rayos Gamma), enanas blancas, pulsares, etc.

La emisión en radio del planeta Júpiter, ocurre alrededor de la frecuencia 22 MHz ($\lambda=6.6$ mts), por lo que la banda asignada para los estudios en radioastronomía es de 15-30 MHz.

Su importancia en astronomía, se debe a que estas emisiones permiten determinar la rotación de Júpiter de forma más precisa que el seguimiento de las nubes superficiales ya que la ocurrencia (*Rate*) de estas emisiones de radio no aumentan o decrecen, permanecen constantes, fue la primera molécula detectada mediante la radioastronomía.

Estas emisiones de radio provenientes de Júpiter están polarizadas, indicativo este de la existencia de un campo magnético.

Tales aspectos de la importancia de las emisiones de radio de Júpiter están descritos en los artículos de Belcher J.W. y Carr T.D.

Belcher, J. W., *The Jupiter-Io Connection: An Alfvén Engine in Space, Science, vol. 238, 1987.*

Carr, T. D., M. D. Desch, and J. K. Alexander, *Phenomenology of magnetospheric radio emissions, in Physics of the Jovian Magnetosphere, edited by A. J. Dessler, Cambridge University Press, New York, 1983.*

Ahora bien, todo radiotelescopio debe operar libre de emisiones interferentes y con niveles bajos de ruido radioeléctrico por lo que es necesario investigar el entorno radioeléctrico, las condiciones climáticas, entre otras, a fin de garantizar el correcto funcionamiento.

Es dentro de este marco de correcto funcionamiento, que existe la necesidad de determinar la presencia o no presencia de emisiones interferentes en las emisiones de radio de Júpiter, por lo que seguimos lo estipulado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones en la Recomendación:

International Telecommunications Union –ITU, Report ITU-R RA.2126-1, “Techniques for Mitigation of Radio Frequency Interference in Radio Astronomy” Ginebra, Suiza, September 2013.

Esto está íntimamente ligado con las formas y mecanismos de protección para un radiotelescopio, tal como lo estipula la:

International Telecommunications Union–ITU, en la publicación ITU-R RA.1031-2, “Protection of the Radio Astronomy Service in Frequency Bands shared with other services” Ginebra, Suiza, 1994-1995-2007.

Para lo anterior se siguieron las recomendaciones, metodologías y técnicas tal como lo especifica la International Telecommunications Union (ITU) institución que ha creado el grupo de trabajo SG7 dedicado a la radioastronomía, en forma conjunta con la International Astronomy Union (IAU) y que están descritas en:

- 1. International Telecommunications Union –ITU, “Handbook Spectrum Monitoring”, Ginebra, Suiza, Edición 2011, Caps. 3, 4 y 5.**
- 2. Tomas E. Gergely, “The SKA, RFI and ITU Regulations”, National Science Foundation, USA.**
- 3. Jill Tarter¹, Peter Backus¹, John Dreher¹, Gary Heiligman², Sam LaRoque³; ¹ Project Phoenix Team; ¹ SETI Institute CA; ² Sterling Federal Systems CA; ³ Cornell University NY;**

“Studies of Radio Frequency interference at Parkes Observatory” USA, August 2000.

Objetivos generales y específicos

Objetivo general

Determinar la radiofrecuencia en la emisión de Júpiter en banda de frecuencias 15-30 MHz, en la ciudad de Tegucigalpa y sus alrededores.

Objetivos específicos

1. Determinar de forma mensual durante el periodo de 2021-2022, la radiofrecuencia en frecuencia 15-30 MHz.
2. Determinar el valor anual de la radiofrecuencia en frecuencia de 15-30 MHz.

Metodología

1. Instrumentación

Este equipo está conformado de analizadores de espectros radioeléctricos, ubicados en estaciones fijas y móviles para la medición y recolección de datos. Entre los componentes de este equipo mencionar que cuenta con procesadores de espectros de frecuencias, su propia antena integrada de varios elementos, cableado, ordenadores y servidores de gestión de varios procesos relacionados con el espectro en radiofrecuencia -RF.

La figura 1, muestra los componentes de la estación fija, se observa un procesador de espectros, una antena y un ordenador (*Personal Computer* -PC).

Figura No. 1. Equipo: Procesador de Espectros, Antena TCI-641; PC



Imagen del Sistema integrado de Medición, Crédito: TCI.

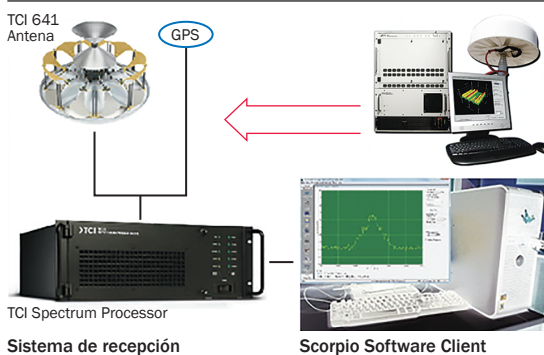
En la tabla 1, se listan las características radioeléctricas de este sistema.

Tabla No. 1. Características técnicas Equipo #2, Sistema integrado de Medición

Marca	TCI
Modelo antena	TCI-641
Rango de operación Frec.	20MHz a 3000 MHz
Impedancia de entrada	50 Ω
Sensibilidad Procesador Espectros	@1 GHz: -18dB μ V/m; @2 GHz: -11dB μ V/m
Ganancia de Antena	2 a 9 dBi
Tipo de patrón de radiación	Omni-direccional (monitoreo y DirectionFinding)
Tipo de elementos	9 tipo Horn - un tipo OmniBiconico UHF - un tipo Biconico para monitoreo y referencia

La figura 2, muestra la configuración general del sistema de recepción fijo.

Figura No. 2. Configuración general del equipo fijo



A continuación, se detalla el equipo móvil, el cual es un equipo conformado por distintos instrumentos como ser tres tipos de antenas, cableados y analizadores de espectro independientes.

En la tabla 2 se muestran algunas de las características técnicas del receptor móvil (Analizador de Espectros Radioeléctricos) que fue utilizado para esta investigación.

Tabla No. 2. Características técnicas Analizador de Espectros

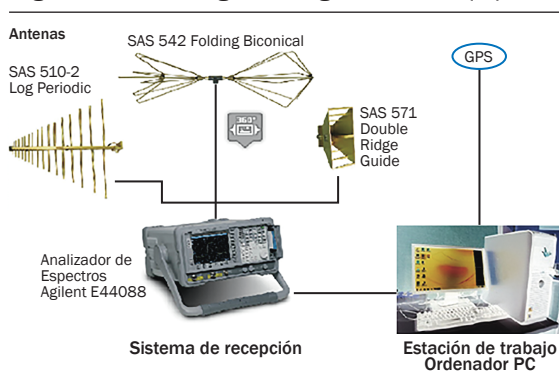
Marca	AGILENT
-------	---------

Tabla No. 2. Características técnicas Analizador de Espectros

Modelo	E4408B
Rango de operación Frec.	9KHz a 26 GHz
Impedancia de entrada	50 Ω
Temperatura de operación	0° a 55° C
Nivel de Ruido promedio en pantalla, @ 1 - 1.5 GHz	"-123, -130*dBm; *Típico (0 dB atenuación)"
Nivel de Ruido promedio en pantalla, @ 2 - 3 GHz	"-120, -128*dBm; *Típico (0 dB atenuación)"
Rango de Video Bandwidth	30 Hz a 3 MHz
Rango de Resolution Bandwidth	1kHz a 5 MHz @ -3 dB
Rango Span	0, 100Hz hasta 26.0GHz
Tiempo de barrido (Sweep time)	4 mS hasta 4000 Seg.
Precisión (Overall Accuracy)	+/- 1.1 dB

La figura 3, muestra la configuración general del sistema de recepción móvil.

Figura No. 3. Configuración general del equipo #1



2. Técnicas

Las técnicas utilizadas están descritas contenidas en las reglamentaciones emitidas y publicadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones –UIT, descritas a continuación:

1. Unión International Telecommunications Union –ITU, **“Handbook Spectrum Monitoring”**, Ginebra, Suiza, Edición 2011, Caps. 3, 4 y 5.
2. Seguiremos lo estipulado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones en la Recomendación UIT, **Cuestión ITU-R 214-2/3, “Ruido Radioeléctrico”** Ginebra, Suiza, **1978-1982-1990-1993-2000-2007**.

En primer lugar, estas especifican claramente que se debe utilizar equipo certificado, tal como el

utilizado en esta investigación, dicho equipo está reconocido por la UIT en cuanto a cumplimiento de parámetros técnicos.

En segundo lugar especifican las técnicas a utilizar, como la denominada “Muestreo de Ocupación de Banda”, esta procura identificar las emisiones presentes en una banda o rango de frecuencias, realizando toma de datos en ciertos anchos de banda en KHz a fin de detectar posible emisiones radioeléctricas.

En segunda instancia la denominada “Muestreo de Ocupación de Canal”, esta procura identificar las emisiones presentes en una frecuencia específica a fin de determinar sus parámetros radioeléctricos, así como porcentajes de ocupación

Cada técnica tiene procedimientos específicos, basados en las propiedades de propagación de las radiofrecuencias y sus tipos de modulación.

3. Plan de Análisis

En vista que esta es una investigación previa a la implementación de un radiotelescopio y siendo que uno de sus componentes principales es la antena de recepción de señales, la que está a la intemperie, sujeta a las condiciones climáticas, surge la primera consideración que es determinar la temperatura ambiente a la que estará sometida la antena.

La temperatura ambiente proporciona el primer dato para calcular el llamado “Ruido Térmico”, en este caso producido por la temperatura ambiente, también conocido como “Ruido de Antena” o “Ruido Nyquist-Johnson”.

El ruido térmico se describe físicamente de la siguiente forma para un ancho de banda de 1Hz.

$$P_{watt} = kT \left(\frac{Watts}{Hz} \right)$$

Y para un ancho de banda determinado

$$P_{watt} = kTB \text{ (watts)}$$

Donde:

P: Densidad de potencia del ruido en watts
 K: Constante de Boltzmann = 1.3803×10^{-23} J/°K

T: Temperatura absoluta en grados Kelvin; donde: $t(^{\circ}C) = T(^{\circ}K) - 273.15$

B: Ancho de banda en Hertzios. Para calcular el Ruido de Antena utilizamos la siguiente relación:

En telecomunicaciones, la potencia suele expresarse en decibelios relativos a 1 milivatio (dBm), suponiendo una carga de 50 ohmios. Bajo estas condiciones, a temperatura ambiente estándar (300°K) el ruido vale:

$$P_{dBm} = -174 + 10 \log(\Delta f)$$

Donde:

Δf : = f2-f1=Ancho de banda -AB

En la siguiente sección se presentan los resultados del análisis de los datos obtenidos para determinar el Ruido térmico o Ruido de Antena, así como también los análisis de ocupación de Banda y de Canal.

Análisis de datos (Resultados)

Ruido Térmico o Ruido de Antena

A continuación, se presentan gráficos estadísticos anuales, obtenidos del procesamiento de datos,

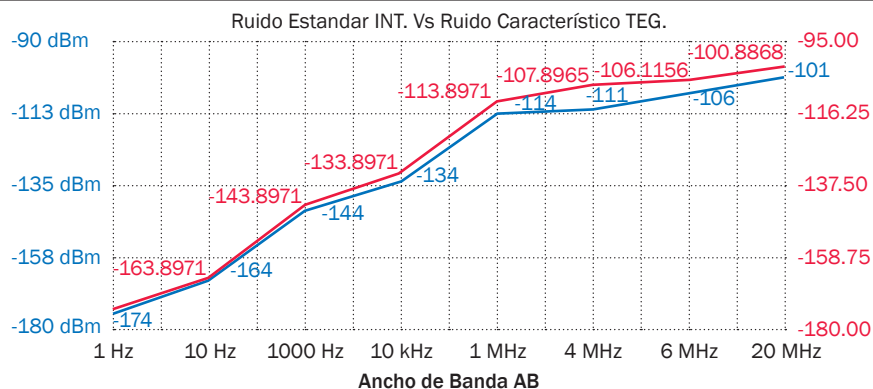
en primera instancia se muestra un gráfico comparativo de niveles de ruido Radioeléctrico en varios Anchos de Banda (AB) y luego los gráficos anuales individuales.

Estos datos corresponden a valores de ruido radioeléctrico a nivel local comparados a nivel internacional.

La figura número 4 muestra la gráfica correspondiente a Intensidad de Campo (FI -en inglés) del Ruido Térmico Standard Vs. El Ruido Térmico en Tegucigalpa, a distintos valores de Ancho de Banda AB.

La línea roja corresponde a la intensidad de campo del Ruido Térmico local, que claramente se observa es superior al Ruido Térmico Estandarizado Internacional el cual está calculado a 16° Celsius de temperatura.

Figura No. 4. Intensidad de Campo del Ruido Radioeléctrico Internacional Vs. Local en el OACS, (centrado en frecuencia 22.5MHz)



La figura 4, presenta una gráfica comparativa de la intensidad de campo del Ruido en nuestra

locación, centrado en la frecuencia 22.5 MHz, a distintos anchos de banda.

Figura No. 5. Ruido Térmico Mensual a distintos Anchos de Banda (AB)

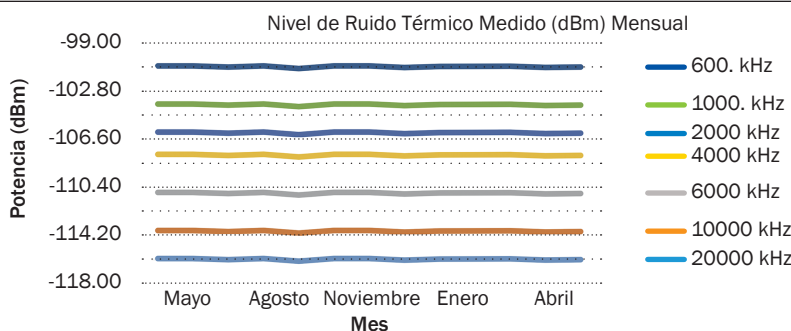


Figura No. 6. Gráfica Sensibilidad del Sistema versus el nivel de Ruido Térmico en 22.5MHz a distintos AB

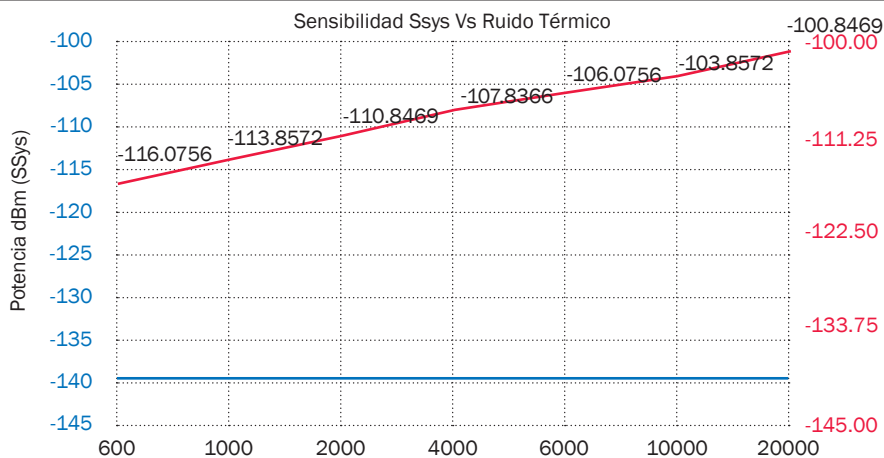
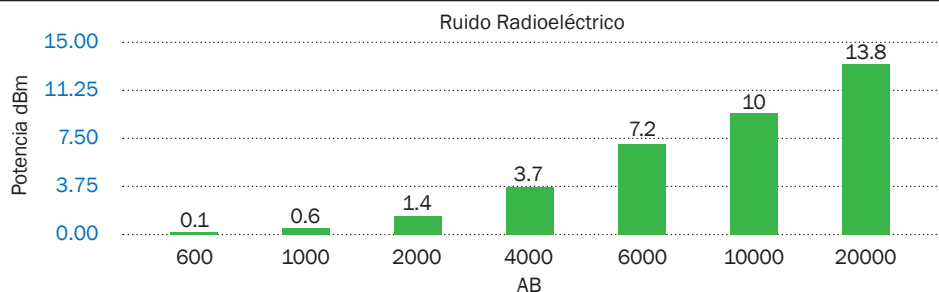


Figura No. 7. Ruido Radioeléctrico por sobre el Ruido Térmico, en frecuencia 22.5MHz

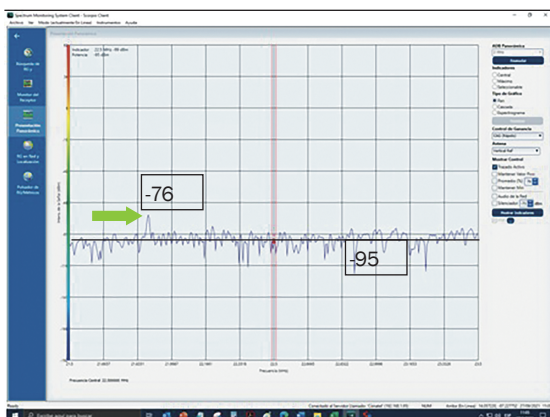


Relación señal a ruido en la emision frecuencia 22.5 MHz

La relación Señal a Ruido -S/N, nos permite conocer el porcentaje de confiabilidad de una señal.

Para obtener esta relación a la izquierda se presenta la figura 8 correspondiente al espectro de señal en banda de frecuencias de 15 a 30MHz, centrada en frecuencia 22.5 MHz.

Figura No. 8. Relación S/N.



En la grafica izquierda, tenemos un promedio de piso de ruido de -95 dBm (línea negra) y una señal indicada por la flecha verde de -76 dBm con lo que obtenemos una S/N de 19 dB, que representa un nivel adecuado de intensidad.

Conclusiones generales

En cuanto al valor Radioeléctrico, los resultados de la investigación demuestran que se encuentran en un rango de -85 a -116 dBm, siendo actual este valor mensual y anual, una condición favorable para un futuro radiotelescopio para señales bajo 30 MHz de emisiones de distintas fuentes astronómicas y astrofísicas.

Además no se detectó ninguna señal interferente, lo que constituye un excelente ambiente radioeléctrico.

En cuanto al valor anual, se determinaron, para Anchos de Banda de 600kHz a 1 MHz, hasta 2 MHz lo que indica un buen nivel de piso radioeléctrico.

El valor radioeléctrico (Radio frecuencia) anual dependerá directamente de las intensidades de Campo y la posición de la Tierra con respecto a la señal fuente, si la intensidad de la señal es baja, entonces el valor radioeléctrico actualmente encontrado será más preponderante y viceversa.

Se detectaron señales que muestran las características típicas de emisiones provenientes de Júpiter.

Recomendaciones

Sobre las condiciones de la ubicación

La selección de la ubicación de un futuro radiotelescopio es primordial, siendo uno de los aspectos más importantes las características radioeléctricas del lugar, en nuestro caso, en el ámbito de la gestión del espectro radioeléctrico son muy conocidas las acciones necesarias para implementar un sistema o en este caso un radiotelescopio, el OACS presenta una ubicación segura, que puede ser utilizado, con las debidas prevenciones ingenieriles-técnicas adecuadas.

Sobre otras ubicaciones más favorables

Es recomendable sin embargo que en nuestro país se adopte alguna resolución para la creación de Zonas Blancas de Radio (Quiet Radio Zones-en inglés) donde no se permiten emisiones radioeléctricas humanas por muchos kilómetros a la redonda, como en muchos países que realizan investigaciones de los fenómenos del universo mediante la radioastronomía, un ejemplo de esto es el observatorio de la NRAO.

Referencias bibliográficas

Carla M. Beaudet, Galen Watts, Jeff Acree, Simon J. E. Radford (July 2003), "*RFI Survey at the ALMA Site at Chajnantor*", ALMA Memo 470, National Radio Astronomy Observatory.

European Science Foundation (3rd edition May 2005), Committee on Radio Astronomy Frequencies -CRAF, "*Handbook for Radio Astronomy*", Strasbourg France.

International Telecommunications Union -ITU (Edición 2011), "*Handbook Spectrum Monitoring*", Caps. 3, 4 y 5, Ginebra, Suiza.

International Telecommunications Union -ITU (1978-1982-1990-1993-2000-2007), Recommendation, *Cuestión ITU-R 214-2/3, "Ruido Radioeléctrico"* Ginebra, Suiza.

International Telecommunications Union -ITU (1992-1995-2003), Recommendation ITU-R RA.769-2, "*Protection Criteria used for Radio Astronomical measurements*" Ginebra, Suiza.

International Telecommunications Union -ITU (1994-1995-2007), Recommendation ITU-R RA.1031-2, "*Protection of the Radio Astronomy Service in Frequency Bands shared with other services*" Ginebra, Suiza.

International Telecommunications Union -ITU (September 2013), Report ITU-R RA.2126-1, "*Techniques for Mitigation of Radio Frequency Interference in Radio Astronomy*" Ginebra, Suiza.