

# *Caracterización de piso de ruido y radiointerferencia en frecuencia 1420 mhz*

Norman Antonino Galo Meza

## **Resumen**

Este documento presenta los resultados del estudio denominado “*Caracterización de Piso de Ruido y Radiointerferencia en Frecuencia 1420 MHz*”, siendo este estudio, de primordial importancia en las etapas previas a la implementación de un Radiotelescopio.

En nuestro país no se ha realizado ningún estudio de este tipo, en ninguna frecuencia o rango de frecuencias destinadas para el Servicio de Radioastronomía, servicio que fue definido conjuntamente por la Unión Internacional de Astronomía y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (IAU e ITU –siglas en inglés, respectivamente).

Como objetivo principal del estudio, se determinaron las condiciones radioeléctricas que prevalecen en la ciudad de Tegucigalpa, específicamente en el Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa (OACS), o dicho de otra manera, el ambiente radioeléctrico al que estará expuesta cualquier señal de algún objeto celeste, emitida en frecuencia 1420 MHz ( $\lambda=21$  cm).

Los datos se recopilieron mediante técnicas de monitoreo de Radiointerferencia en Frecuencia (RFI -siglas en Inglés), establecidos en el “Handbook Spectrum Monitoring”, publicado por ITU en el año 2011 y se utilizaron equipos certificados por ITU, para estudios radioeléctricos -RFI.

Las conclusiones y las recomendaciones, parten de las disposiciones emanadas por ITU, para el Servicio de Radioastronomía y del análisis de las condiciones radioeléctricas existentes en el OACS.

El estudio demostró que la ubicación del Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa (OACS), presenta un nivel o Piso de Ruido muy elevado, alrededor de 12 dB por sobre la Sensibilidad del equipo utilizado, no obstante, señales de fuentes como el Sol y la Vía Láctea, son factibles de ser recibidas con cierta confiabilidad.

**Palabras Clave:** Radioastronomía / Estudios RFI / 1420 MHz / Piso de Ruido / RadioInterferencias.

## Abstract

This paper presents the results of the study, “*Characterization of radio interference and noise floor at 1420 MHz Frequency*” and this study is of primary importance in the pre-implementation stages of a radio telescope.

In our country there has been no study of this type, at any frequency or range of frequencies allocated to the radio astronomy service, service which was jointly defined by the International Astronomical Union and the International Telecommunication Union (IAU and ITU, respectively).

As primary endpoint, the radio conditions in Tegucigalpa, specifically in the Central American Astronomical Observatory of Suyapa (OACS), or in other words, were determined radio environment that will be expose any signal coming from celestial object , emitted at 1420 MHz frequency ( $\lambda = 21$  cm).

Data were collected through Radio Frequency Interference monitoring techniques (RFI), established in the “Spectrum Monitoring Handbook” published by ITU in 2011 and with the use of certified equipment by ITU for RFI studies.

The conclusions and recommendations are based on the provisions issued by ITU for radio astronomy and analysis of radio conditions at the OACS.

The study showed that the location of the Astronomical Observatory of Suyapa (OACS) has a very high level or noise floor, about 12 dB above the sensitivity of the equipment used, however, signals from sources like the sun and the Milky Way, are feasible to be received with some confidence.

**Keywords:** Radio Astronomy / RFI Studies / 1420 MHz / Flat Noise / radio interference.

---

**Norman Antonino Galo Meza**, (angamo2000@yahoo.com ), Departamento de Astronomía y Astrofísica, Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras – UNAH

## Introducción

En términos generales, toda investigación científica referente a fenómenos físicos y/o objetos celestes inicia con la instrumentación adecuada, que permita obtener la mayor cantidad de información de la fuente bajo investigación, sin dejar de mencionar que esta información debe ser confiable y fidedigna a fin de establecer o determinar correctamente las características de la fuente.

En astronomía y astrofísica, la información proveniente de la fuente puede ser obtenida a través de dos tipos de instrumentación, siendo el primero de estos la recopilación de datos a través de observaciones por medio de dispositivos ópticos llamados Telescopios y el segundo por medio de sistemas de recepción de señales radioeléctricas (radiofrecuencia) llamados Radiotelescopios.

Los sistemas de recepción de señales radioeléctricas (Radiotelescopios), son aquellos que tienen los componentes básicos siguientes: una antena o juego de antenas, dispositivos de amplificación de señal, detectores de señal, procesadores de señal, sincronizadores, cables de interconexión, entre otros.

La principal capacidad de obtención de datos en un radiotelescopio es determinada por el tamaño de la antena o antenas y las características electrónicas de los demás componentes electrónicos del sistema. Sin embargo la confianza o fidelidad de los datos de señales radioeléctricas provenientes de las fuentes, al igual que en los telescopios, se ve enormemente afectada por las distorsiones que sufre la señal radioeléctrica a lo largo del trayecto desde la fuente hasta el punto de ubicación del radiotelescopio.

En términos de frecuencia radioeléctrica o radiofrecuencia, la confianza o fidelidad de la información contenida en la señal emitida por el objeto en estudio, se ve afectada por las condiciones radioeléctricas existentes en el lugar donde está ubicado el radiotelescopio, siendo las dos principales, el Piso de Ruido o Nivel de Ruido existente en el lugar y en segundo lugar las interferencias o señales humanas no deseadas, siendo estos parte importante de los objetivos de este estudio tal como se describen en la sección que sigue.

Previo a la instalación de un Radiotelescopio es imprescindible realizar investigaciones sobre la caracterización radioeléctrica del sitios o sitios propuestos para ubicar el radiotelescopio, estableciendo primariamente las condiciones de Piso o nivel de Ruido y de Radiointerferencia en Frecuencia (RFI, Siglas en Inglés) presentes en el sitio, a fin de minimizar y corregir los efectos sobre la instrumenta-

ción, lo anterior es análogo a las investigaciones de las condiciones ópticas, atmosféricas y ambientales para un telescopio óptico.

## **Objetivo de la Investigación**

### **Objetivo General -Caracterización Radioeléctrica en frecuencia 1420 MHz**

Determinar las condiciones radioeléctricas prevalecientes en la ciudad de Tegucigalpa y específicamente en el Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa –OACS.

La caracterización de las condiciones radioeléctricas, partió del hecho de definir la frecuencia 1420 MHz, para esta investigación, ya que esta frecuencia es de amplia utilidad en radioastronomía.

### **Objetivos Específicos -Caracterización Radioeléctrica en frecuencia 1420 MHz**

- Estudio de Piso o nivel de Ruido Característico en 1420 MHz

Consistió en la medición de la potencia total del ruido existente, siendo este total, el acumulado o la suma de las contribuciones de cada uno de los ruidos (naturales y artificiales) en un determinado rango de frecuencias o ancho de banda, de acuerdo a la recomendación de la UIT (ITU Rec RA.769), lo que ciertamente requiere de muchos meses de continuo estudio.

- Estudio de Presencia de Radiointerferencias en Frecuencia 1420 MHz

Este estudio tuvo como finalidad, la identificación de las radio-interferencias producidas por el hombre, de tal forma que puedan implementarse técnicas de eliminación, o en el peor de los casos, la reducción de los efectos dañinos de radio-interferencias (RFI-siglas en inglés) sobre la frecuencia 1420 MHz.

## **Metodología de Investigación**

Los datos se recopilaron siguiendo las recomendaciones de la Union Internacional de Telecomunicaciones (ITU, siglas en Inglés), la que en conjunto con la Union Internacional de Astronomía (IAU, siglas en Inglés), han determinado los métodos a seguir para realizar tanto estudio de Piso de Ruido como estudios RFI.

El estudio del nivel de ruido de origen natural o artificial, determina el límite práctico de la calidad de funcionamiento de los sistemas radioeléctricos, por lo que es un factor importante para planificar la eficaz utilización del espectro y para el

diseño de los sistemas (antenas, receptores, cables, etc.), la determinación de la calidad de funcionamiento de los mismos, de acuerdo a lo descrito en la recomendación de la UIT-R P.372.

Se determinó monitorear la frecuencia 1420 MHz en seis Anchos de banda –AB, poniendo especial atención a un Ancho de Banda –AB de 20 kHz, en base a la Información Suplementaria para la Recomendación ITU-R RA.769-1 y -2, que indica que el valor del Piso de Ruido (RFI Threshold) para estudio radioastronómicos en frecuencia 1420 MHz a un Ancho de Banda –AB de 20 kHz es de  $-50.2 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ , que equivale a  $-190.45 \text{ dBm}$ .

Los datos para estos estudios se recopilaron en el periodo comprendido de Junio de 2012 a Junio de 2013, a distintos horarios del día y en distintos lapsos de tiempo a fin de obtener una caracterización radioeléctrica diaria, mensual y anual.

A continuación se presentan las relaciones físicas que nos ayudaran al tratamiento de los datos obtenidos.

- Ruido Térmico

También llamado ruido de Johnson–Nyquist (ruido de Johnson, o ruido de Nyquist) este se genera por la agitación térmica de los portadores de carga (generalmente electrones dentro de un conductor o sistema) en equilibrio, lo que sucede con independencia del voltaje aplicado.

El ruido térmico se describe físicamente de la siguiente forma:

Para un ancho de banda de 1Hz (3.1)

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

Y para un ancho de banda dado (3.2)

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

Donde:

P: Densidad de potencia del ruido en watts

K: Constante de Boltzmann =  $1.3803 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$

T: Temperatura absoluta en grados Kelvin; donde:

B: Ancho de banda en Hertzios.

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: (3.3)

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

Donde:

$$\Delta f: = f_2 - f_1 = \text{Ancho de banda} - AB$$

La anterior relación (3.3) sera utilizada para determinar el ruido térmico presente en el OACS –Tegucigalpa.

Al ruido térmico se le denomina ruido blanco, lo que significa que su densidad espectral de potencia es casi plana en un ancho de banda determinado.

Ahora introducimos el término denominado Figura de Ruido (NF-siglas en ingles) que se define como:

“La diferencia en decibelios entre la salida de ruido del receptor real a la salida de ruido de un receptor “ideal” con la misma ganancia y ancho de banda”, en otras palabras es la calidad o capacidad que tiene un receptor de distinguir una señal con respecto al ruido.

La Figura de Ruido (NF) está dada por la siguiente relación: (3.4)

$$P_{ruidoreceptor (dB)} = P_{ruidotermico (dB)} + 10 \log_{10} (10^{\frac{NF}{10}} - 1)$$

Y su correspondiente en watts (3.5)

$$P_{ruidoreceptor(watt)} = P_{ruidotermico(watt)} (10^{\frac{NF}{10}} - 1)$$

Otra forma de calcular la Figura de Ruido NF es a través del llamado método de la Ganancia, el cual se describe como sigue: (3.6)

$$NF = P_{Nout} - (-174dBm/Hz + 10 * \text{Log}_{10}(BW) + \text{Gain})$$

Donde:

NF: Figura de Ruido

PNout: Potencia de Ruido medido en el receptor en dBm

-174dBm/Hz: Ruido Térmico a 290°K (Temp. Ambiente Estandarizada)

BW: Ancho de Banda en Hz

Gain: Ganancia total del sistema (ganancias – Perdidas) en dB.

La anterior relación (3.6) sera utilizada para determinar la capacidad o calidad de nuestro receptor. Otro parámetro importante por definir es la sensibilidad de los equipos receptores (medición), la que se definirá en la sección correspondiente a la descripción de los equipos utilizados.

- Interferencia Radioeléctrica

El efecto de la energía no deseada debido a una o una combinación de las emisiones, radiaciones, inducciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicaciones, que se manifiesta por cualquier degradación del rendimiento, mala interpretación, o la pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada (Artículo 1, 1.166 del Reglamento de Radiocomunicaciones UIT).

- Importancia de la Caracterización del Piso de Ruido

Como ya se ha mencionado, un factor importante para planificar la eficaz utilización del espectro y para el diseño de los sistemas (antenas, receptores, cables, etc.), es la determinación de la calidad de funcionamiento de los mismos, en base a lo descrito en la recomendación de la UIT-R P.372.

En las siguientes figuras (1 y 2), se muestra el efecto de traslape que puede producirse cuando el nivel del piso de ruido excede el nivel adecuado para recibir la información completa de señal analizada.

En la figura 1, se observa una señal recibida en un ambiente de piso de ruido adecuado lo que permite obtener toda la información que esta señal transporta.

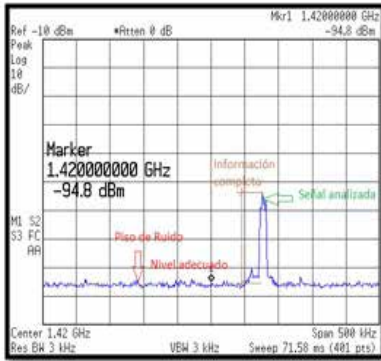


Figura 1 Piso de Ruido, adecuado

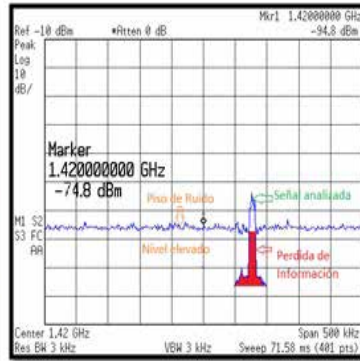


Figura 2 Piso de Ruido, no adecuado

En la figura II, se observa la misma señal recibida en un ambiente de piso de ruido no adecuado, este elevado piso de ruido imposibilita obtener toda la información que esta señal transporta, debido a que el piso de ruido encubrió parte de la información.

• Importancia de la operación libre de Radio-interferencias

En radioastronomía, las frecuencias que contienen la información proveniente de fuentes u objetos celestes puede sufrir perturbaciones o distorsiones debido a radio-interferencias que comprometen la confiabilidad de los datos obtenidos y en el peor de los casos, cuando estas señales interferentes poseen niveles de energía altos pueden destruir y/o anular por completo las señales en estudio debido a los bajos niveles de energía que poseen las señales de fuentes celestes.

La metodología esta constituida por un programa de Investigación, Cronograma de Actividades y un Protocolo de Mediciones.

El programa propuesto para la consecución de este proyecto, se divide en 4 fases, que se completaron en el transcurso de un año, a partir del mes de Junio de 2012, hasta culminar en el mes de Junio de 2013.

Una quinta etapa consta de todo lo relacionado con la elaboración del informe de investigación.



Para la determinación de las fuentes de Ruido e Interferencias Radioelétricas –RFI, se tomaron los datos obtenidos de mediciones en un rango de 3kHz a 3GHz.

Como ya hemos mencionado nuestra frecuencia de estudio es 1420 MHz (21 cm), en esta frecuencia se tomaron datos en distintos anchos de banda a fin de comparar el nivel o Piso de Ruido Térmico característico debido a la temperatura prevaleciente en la ciudad de Tegucigalpa.

Luego de esto se determinó monitorear la frecuencia 1420 MHz en seis Anchos de banda –AB, así como también monitorear esta frecuencia a un Ancho de Banda –AB de 20 kHz, en base a la Información Suplementaria para la Recomendación ITU-R RA.769-1 y -2, que indica que el valor del Piso de Ruido (RFI Threshold) para estudio radioastronómicos en frecuencia 1420 MHz a un Ancho de Banda –AB de 20 kHz es de -50.2 dB $\mu$ V/m, que equivale a -190.45 dBm.

El valor anterior se obtiene utilizando la relación siguiente: (3.7)

$$P_{(dBm)} = -77.21 + P_{(dB\mu V/m)} - 20 * LOG f(MHz)$$

Donde:

P (dB $\mu$ V/m): = -50.2 dB $\mu$ V/m; y = 1420 MHz

Esta relación la utilizaremos en lo que se refiere a los valores de intensidad de campo eléctrico existentes en un determinado sitio, y la conversión de estos valores en unidades de decibelio referidos a un (1) miliwatt (dBm).

## Equipos Utilizados

Se utilizaron dos conjuntos de equipos anallizadores de espectros para las mediciones de la frecuencia 1420MHz, siendo el primero un conjunto de equipos portátiles (antenas, cables, receptor –analizador de espectros) y el segundo un sistema integrado fijo de uso estándar en la industria de telecomunicaciones y en este tipo de estudios.

- Equipo de Medición #1 (Portátil)

Este equipo está conformado tanto por analizadores de espectro radioelétrico (receptores portátiles) para la medición, recolección de datos, en este caso se utilizaron analizadores de espectro que cubren el rango de frecuencias 9kHz a 26

GHz. Para complementar este equipo se dispuso de tres tipos de antenas con las que se cubrió el rango de frecuencias desde 20 MHz hasta 18 GHz, en la figura 3, se muestra la configuración general del equipo #1.

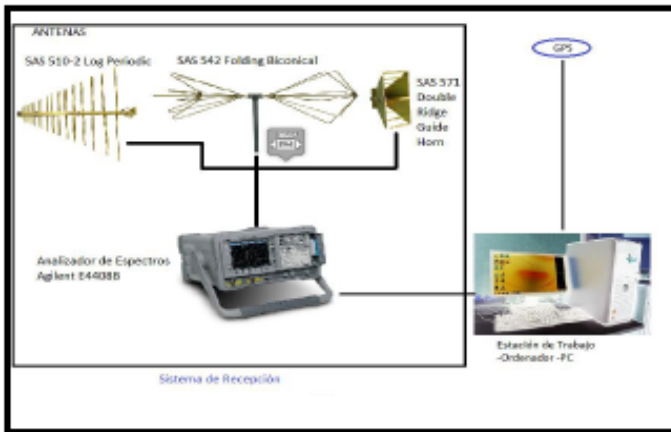


Figura 3 Configuración general del equipo #1;

En base a los parámetros técnicos de operación de este conjunto, determinaremos la Figura de Ruido –NF y la ganancia de antena.

La Figura de Ruido –NF, se obtiene con cualquiera de las relaciones (3.4) o (3.6), tomaremos la relación (3.6)

(3.6)

$$NF = P_{Nout} - (-174dBm/Hz + 10 * \text{Log}_{10}(BW) + \text{Gain})$$

Donde:

NF: Figura de Ruido

P<sub>NOUT</sub>: Potencia de Ruido en el receptor en dBm: -130 dBm típico para 1420 MHz.

-174dBm/Hz: Ruido Térmico a 290°K (Temp. Ambiente Estandarizada)

BW: Ancho de Banda en Hz

Gain: Ganancia total del sistema (ganancias – Perdidas) en dB: (5.5 – 0.5) = 5 dB

La Ganancia de antena se obtiene de la curva de desempeño de la antena Log Periódica siendo esta de 5.5 dB.

Las pérdidas debidas a cables conectores se determinaron pruebas de laboratorio obteniendo como resultado 0.5 dB.

La sensibilidad de este sistema de recepción está dada por la siguiente relación:

Con lo que obtenemos una NF= 39 dB, para el equipo #1.

Para obtener la sensibilidad total del sistema tenemos la siguiente relación:

(4.1)

$$S_{sys} = kTB + NF - G_{sys} + SN$$

Dónde:

$S_{sys}$  = Sensibilidad del Sistema en dBm

$kTB$  = Piso de Ruido del Receptor en dBm: -174dBm/Hz

NF = Figura de Ruido del Sistema en dB: 39

$G_{sys}$  = Conjunto de pérdidas y ganancias de los elementos del sistema: 5 dB

SN = Relación Señal/Ruido requerida para la detección de una señal (en dB): 10 dB

Con lo que obtenemos una sensibilidad del equipo #1 ( $S_{sys}$ )= -130 dBm, para el equipo #1, tal como lo especifica el fabricante.

Los datos obtenidos el día 22 de junio del año 2012, con el equipo arriba descrito apporto una inequívoca justificación y necesidad de utilizar equipos de mayor eficiencia con respecto a los arriba descritos, con una mucho mejor sensibilidad del sistema de recepción y de esta manera ser capaz de detectar emisiones de señales en frecuencia 1420 MHz.

- Equipo de Medición #2

Este equipo está conformado tanto por estaciones fijas, remotas y móviles para la medición y recolección de datos, siendo los equipos idénticos entre sí. Entre los componentes de este equipo mencionar de manera básica 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 la supervisión del espectro RF.

En la figura 4, se muestra los componentes del equipo #2, en el cual se observa un procesador de espectros, una antena y un ordenador (Personal Computer –PC).

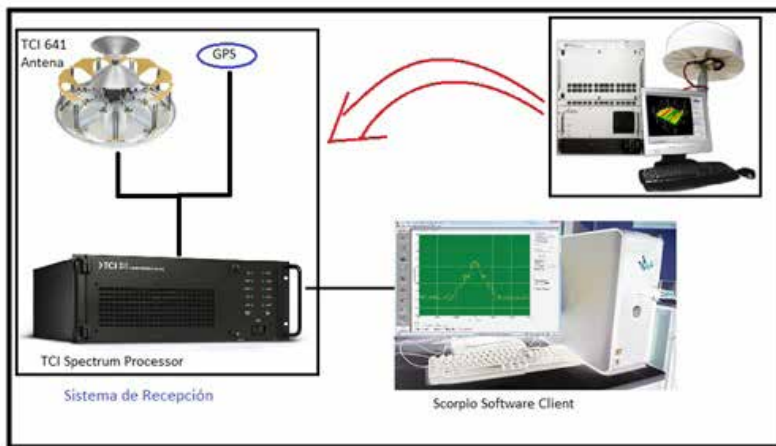


Figura 4 Configuración general del equipo #2

Para definir la sensibilidad de este sistema de recepción, primero determinamos el valor correspondiente en dBm de la sensibilidad del procesador de espectros (-18 dBµV/m@ 1 GHz y -11 dBµV/m@ 2 GHz), por lo que interpolamos para obtener el valor correspondiente a 1.420 GHz, con resultado de -15.06 dBµV/m@ 1.420 GHz, y su valor en dBm es definido por:

$$P_{(dBm)} = -77.21 + P_{(dB\mu V/m)} - 20 * LOG f(MHz) + G_{Ri} \tag{4.2}$$

Donde:

$P$  (dBm): = Potencia: Sensibilidad del Procesador de Espectros

$P$  ( $dB\mu V/m$ ): -15.06

$f$  (MHz)= 1420 MHz

$G$  ( $R_i$ )=Ganancia de antena (isotrópica)

Siendo la sensibilidad del procesador de espectros en dBm de -155.31 dBm.

Para la Ganancia de antena (isotrópica) también realizamos interpolación entre los valores de 2 dB @20 MHz y 9dB @ 3000 MHz, cuyo valor es de 5.29 dB.

Teniendo este dato del procesador, ahora calculamos su NF.

La Figura de Ruido –NF, se obtiene por la relación (3.6)

(3.6)

$$NF = P_{Nout} - (-174dBm/Hz + 10 * \log_{10}(BW) + G_{Ri})$$

Donde:

NF: Figura de Ruido

$P_{Nout}$ : Potencia de Ruido en el receptor en dBm: -155.31 dBm típico para 1420 MHz.

-174dBm/Hz: Ruido Térmico a 290°K (Temp. Ambiente Estandarizada)

BW: Ancho de Banda en Hz

Gain: Ganancia total del sistema (ganancias – Perdidas) en dB: (5.29 – 0.5) = 4.79 dB

Las perdidas debidas a cables conectores se determinaron pruebas de laboratorio obteniendo como resultado 0.5 dB.

La sensibilidad de este sistema de recepción está dada por la siguiente relación: Con lo que obtenemos una NF= 13.9 dB, para el equipo #2.

Para obtener la sensibilidad total del sistema tenemos la siguiente relación:

(4.1)

$$S_{sys} = kTB + NF - G_{sys} + SN$$

Dónde:

$S_{sys}$  = Sensibilidad del Sistema en dBm

$kTB$  = Piso de Ruido del Receptor en dBm: -174dBm/Hz

$NF$  = Figura de Ruido del Sistema en dB: 13.9

$G_{sys}$  = Conjunto de pérdidas y ganancias de los elementos del sistema:  
4.79 dB

$SN$  = Relación Señal/Ruido requerida para la detección de una señal (en dB): 10 dB

Con lo que obtenemos una sensibilidad ( $S_{sys}$ )= -154.89 dBm, para el equipo #2.

- Lugar o Ubicación de las mediciones

Los datos fueron obtenidos en la ciudad de Tegucigalpa que pertenece al municipio del Distrito Central adscrito al departamento de Francisco Morazán, HONDURAS.

Específicamente se tomaron datos en dos ubicaciones, que a continuación se detallan:

- En las instalaciones del Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa –OACS y sus alrededores, siendo sus coordenadas las siguientes:

Long: 87° 9'32.78"O

Lat: 14° 5'14.33"N

- En las instalaciones de la Comisión Nacional de Telecomunicaciones, ubicadas en Col. Modelo, 6ta. Ave. S.O., así como en sus alrededores. siendo sus coordenadas las siguientes:

Long: 87°13'39.65"O

Lat: 14° 3'25.83"N

## Discusión de Resultados

- Análisis: Origen de Fuentes de Ruido en Radiofrecuencia 1420 MHz

El estudio en la primera etapa, tiene el objeto de determinar las probables fuentes de emisiones en radiofrecuencia desde 3kHz hasta 3 GHz en esta ubicación, mismas que de existir podrían interferir las señales eléctricas. Iniciamos este estudio con un monitoreo del espectro, el día 22 de Junio de 2012, desde las 1:45 pm hasta las 4:00pm, ubicándonos en la calle de acceso al OACS (Ver figura 5).

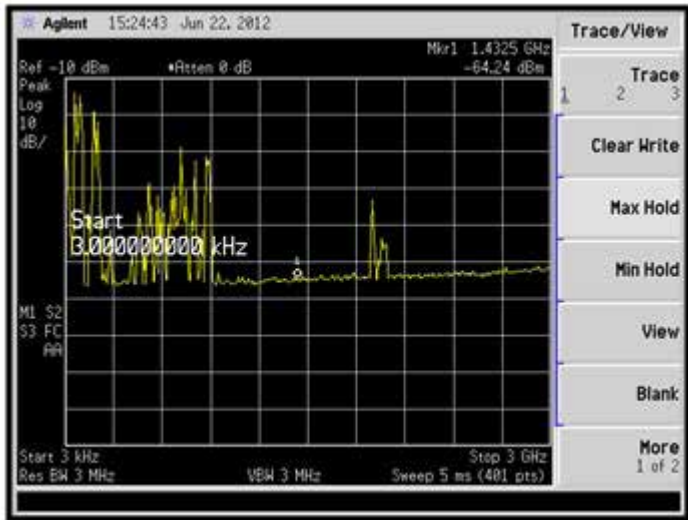


Figura 5 Identificación de Fuentes de emisiones radioeléctricas

Las posiciones geográficas de las fuentes de emisiones radioeléctricas presentes en el OACS y alrededores se muestran en la figura 6, cuya nomenclatura es:

OACS: Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa

CCG: Cerro Cantagallo, a 67°

CT: Cerro Triquilapa, a 82°

PM: Punto de Medición

CDENEE: Centro de Despacho Empresa Nacional de Energía Eléctrica

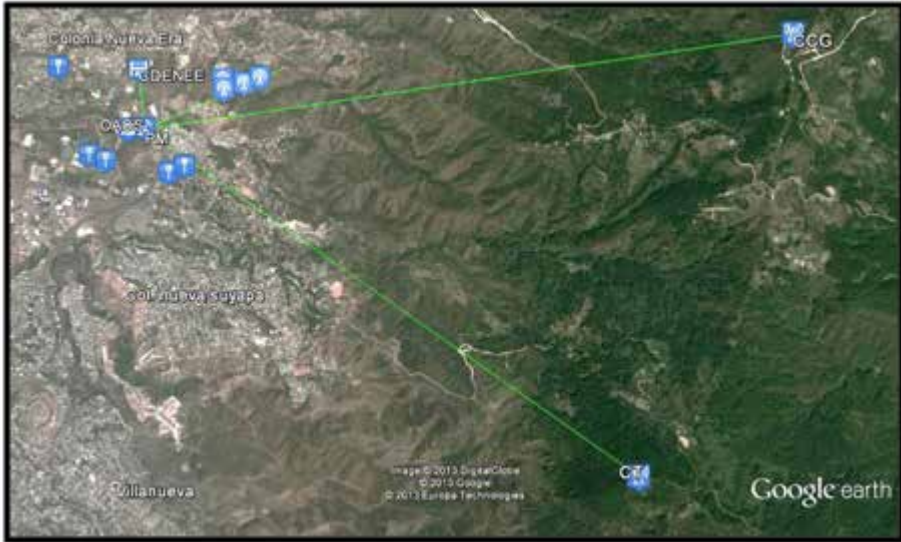


Figura 6 Mapa Identificación de Fuentes de emisiones radioeléctricas  
Crédito: Google Inc.; Image Digital Globe; Europa Tech.

Se determinó que las fuentes de emisiones radioeléctricas que contribuyen a elevar el Piso de Ruido y/o a generar o emitir alguna señal interferente son las que se listan a continuación:

1. A 67°: Varios Transmisores de AM (Amplitud Modulada), ubicados en Colonia La Era.
2. A 82°: Varios Transmisores de FM (Frecuencia Modulada) y de TV, en Cerro Cantagallo.
3. A 125°: Varios Transmisores de FM (Frecuencia Modulada) y de TV, en Cerro Triquilapa.
4. A 235°: Transmisor de TV, en la U.N.A.H.
5. A 355°: Central de Distribución de Energía eléctrica E.N.E.E., Centro de Despacho.



En este punto analizamos el valor de Ruido Térmico a un ancho de Banda de 3 GHz, el cual es debido a la temperatura ambiente de Tegucigalpa, del que se toma el promedio en un periodo de un año y los resultados se muestran en la tabla 1, el cual se compara con el Ruido Total, con el objeto de obtener la diferencia del valor de las contribuciones de Ruido Radioeléctrico a un AB de 3GHz.

Tabla 1. Determinación de Ruido Térmico en Tegucigalpa, @ 3 GHz.

Año	Mes	TEMPERATURA			Ruido térmico (dBm) @3 GHz		
		T Prom Diurno	T Prom Noche	T Prom Día	Max	Min	Promedio
2012	Junio	28.20	18	23.1	-79.04	-79.19	-79.11
2012	Julio	27.90	18.2	23.05	-79.04	-79.18	-79.11
2012	Agosto	28.90	17.9	23.4	-79.03	-79.19	-79.11
2012	Septiembre	28.50	17.5	23	-79.03	-79.20	-79.11
2012	Octubre	27.30	17	22.15	-79.05	-79.20	-79.13
2012	Noviembre	25.10	15.7	20.4	-79.08	-79.22	-79.15
2012	Diciembre	26.90	14.9	20.9	-79.06	-79.23	-79.14
2013	Enero	25.80	15.9	20.85	-79.07	-79.22	-79.15
2013	Febrero	29.00	13.4	21.2	-79.03	-79.26	-79.14
2013	Marzo	29.00	16.2	22.6	-79.03	-79.21	-79.12
2013	Abril	31.40	18.1	24.75	-78.99	-79.19	-79.09
2013	Mayo	29.60	18.2	23.9	-79.02	-79.18	-79.10
2013	Junio	27.80	18.4	23.1	-79.04	-79.18	-79.11
	Promedio	28.11	16.88	22.49	-79.04	-79.20	-79.12

La figura 7, muestra un gráfico de los valores mensuales del Ruido Térmico presente en Tegucigalpa.

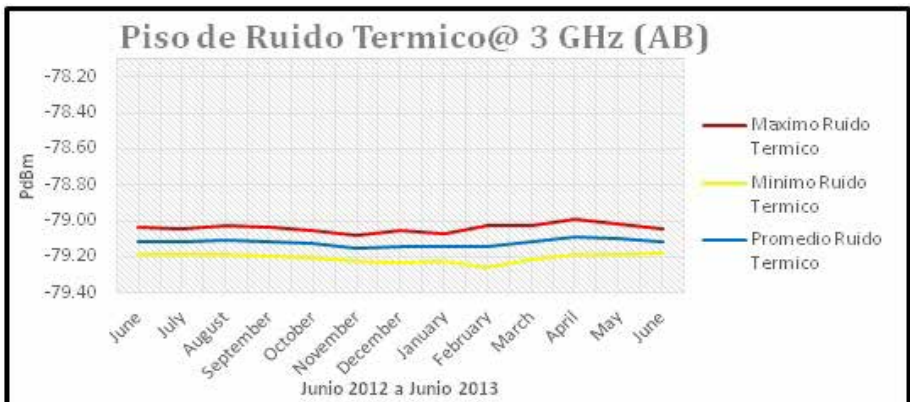


Figura 7 Variación anual del Piso de Ruido Térmico @ AB: 3 GHz

La figura 8, muestra un gráfico comparativo de los valores del Piso de Ruido Térmico y el Ruido Total presente en el OACS.

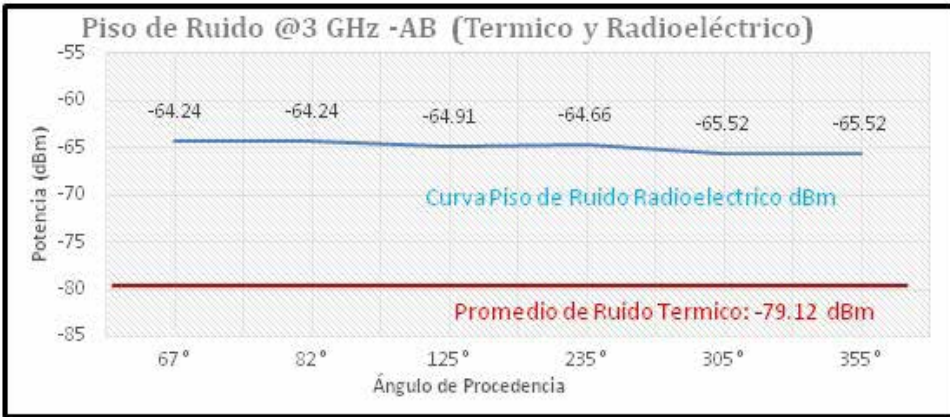


Figura 8 Comparación entre Ruido Térmico y Ruido Total @ AB: 3 GHz

En vista que el valor teórico del Ruido Térmico en Tegucigalpa, supera por mucho la sensibilidad del equipo #1, esta situación nos permite hacer un cálculo del efecto del Ruido Radioeléctrico total a un Ancho de Banda –AB de 3 GHz, siendo que el promedio de Ruido Total es de -64.85 dBm y nuestro Ruido térmico teórico a un AB de 3 GHz es de -79.12 dBm (obtenido por las relaciones 2 y 3), podemos calcular que la contribución del Ruido Radioeléctrico (Ruido Total - Ruido Térmico) a un –AB de 3 GHz es de 14 .27 dB, en el OACS.

- Ruido Térmico Característico en Tegucigalpa

Primeramente se determinó el valor de piso de ruido térmico característico de la ciudad de Tegucigalpa, a fin de obtener los valores debidos a la temperatura ambiente característica en la ciudad de Tegucigalpa y tomando como base el valor promedio.

Luego, para una mejor visualización de los datos contenidos en la tabla 1, en la figura 9, se presenta el gráfico comparativo de las curvas de Piso de Ruido Térmico Estandarizado Internacional y el Piso de Ruido Térmico medido en la ciudad de Tegucigalpa.

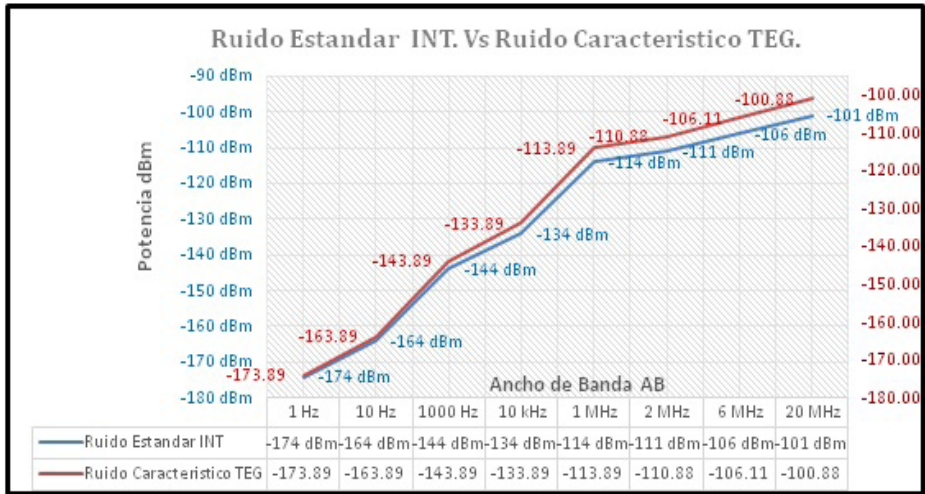


Figura 9. Piso de Ruido (Estandarizado Vs. Prevalciente en Tegucigalpa)

Este análisis, nos muestra que el ruido térmico característico en Tegucigalpa debido a la temperatura ambiente propia de la ciudad, es de aproximadamente 0.11 dB por encima del Ruido Térmico Estandarizado internacional.

- Análisis: Estudio de Caracterización de Piso de Ruido en 1420 MHz

En este análisis tomamos como referencia la recomendación de la UIT-R RA.769-1 y 2, la que indica que el Piso de Ruido Total en la frecuencia 1420 MHz, a un Ancho de Banda de 20 kHz, debe tener un valor de aproximadamente -190 dBm.

Para poder analizar los datos obtenidos a través de este equipo, es necesario hacer ciertas conversiones entre unidades de medición radioeléctrica, para los cálculos se utiliza la siguiente relación:

$$P_{(dBm)} = -77.21 + P_{(dB\mu V/m)} - 20 * LOG f(MHz) + G_{Ri} \quad (4.2)$$

Donde:

P (dBm): = Potencia medida (conversión)

P (dBμV/m): Medición dada por el equipo

$$f \text{ (MHz)} = 1420 \text{ MHz}$$

$$G \text{ (Ri)} = \text{Ganancia de antena (isotrópica)} - \text{perdidas (5.29 - 0.5) dB}$$

Los resultados del proceso de datos se detallan en la Tabla 2:

Año	Periodo	Horario de monitoreo	Temperatura Promedio/Jornada		Condiciones Radioeléctricas Ancho de Banda -AB- en kHz Nivel de Ruido medido en (dBm)						
			Día/Noche/ Mixto	Grados (°C)	Grados (°K)	6.25 kHz	12.5 kHz	20 kHz	30 kHz	100 kHz	300 kHz
2012	Julio	Diurna	27.9	301.05	-150.47	-141.47	-140.47	-138.47	-131.47	-128.47	-123.47
	Julio	Diurna	27.9	301.05	-148.47	-144.47	-138.47	-134.47	-130.47	-127.47	-122.47
	Julio	Mixta	23.05	296.2	-149.47	-146.47	-141.47	-136.47	-131.47	-128.47	-124.47
	Agosto	Diurna	28.9	302.05	-150.47	-147.47	-142.47	-139.47	-134.47	-129.47	-124.47
	Septiembre	Nocturna	17.5	290.65	-149.47	-146.47	-141.47	-137.47	-133.47	-130.47	-125.47
	Octubre	Diurna	27.3	300.45	-150.47	-147.47	-142.47	-137.47	-134.47	-129.47	-127.47
	Octubre	Diurna	27.3	300.45	-149.47	-148.47	-145.47	-140.47	-136.47	-131.47	-127.47
	Noviembre	Mixta	20.4	293.55	-149.47	-146.47	-140.47	-137.47	-134.47	-129.47	-127.47
	Noviembre	Diurna	25.1	298.25	-150.47	-146.47	-142.47	-138.47	-135.47	-131.47	-128.47
	Diciembre	Diurna	26.9	300.05	-152.47	-151.47	-145.47	-140.47	-136.47	-132.47	-128.47
2013	Enero	Diurna	25.8	298.95	-152.47	-151.47	-147.47	-142.47	-137.47	-134.47	-129.47
	Febrero	Mixta	21.2	294.35	-151.47	-150.47	-146.47	-141.47	-137.47	-134.47	-131.47
	Marzo	Mixta	22.6	295.75	-150.47	-145.47	-141.47	-138.47	-136.47	-132.47	-128.47
	Abril	Diurna	31.4	304.55	-149.47	-145.47	-141.47	-137.47	-136.47	-130.47	-126.47
	Mayo	Mixta	23.9	297.05	-151.47	-147.47	-144.47	-140.47	-138.47	-136.47	-131.47
	Junio	Diurna	27.8	300.95	-149.47	-144.47	-141.47	-138.47	-134.47	-131.47	-127.47
<b>Total</b>	<b>12 meses</b>	<b>Promedios</b>	<b>25.31</b>	<b>298.46</b>	<b>-150.34</b>	<b>-146.97</b>	<b>-142.72</b>	<b>-138.72</b>	<b>-134.97</b>	<b>-131.15</b>	<b>-127.15</b>

Tabla 2. Piso Ruido Total en Tegucigalpa

- Nivel de Piso de Ruido Característico en 1420 MHz

El análisis inicia con el contenido de la tabla 2, que representa el ruido presente debido a las condiciones radioeléctricas, detectadas con el equipo #2 con Figura de Ruido NF (13.9 dB).

En la figuras 10, se presentan el gráfico correspondiente del Piso de Ruido Total a un Ancho de Banda de 20 kHz.

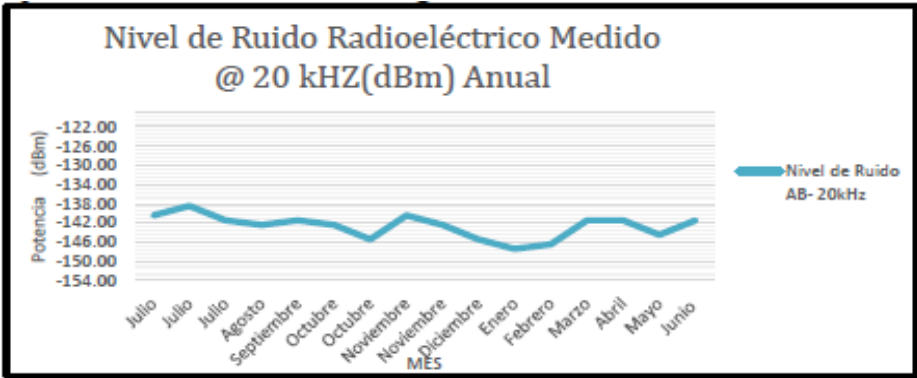


Figura 10. Piso de Ruido Total @ AB: 20 kHz

La figura 11, presenta el exceso de Ruido Radioeléctrico en referencia a la sensibilidad del sistema (-154.89 dBm), donde se hace énfasis en el resultado obtenido a un AB de 20 kHz, en base a la recomendación UIT-R RA.769-1 y 2.

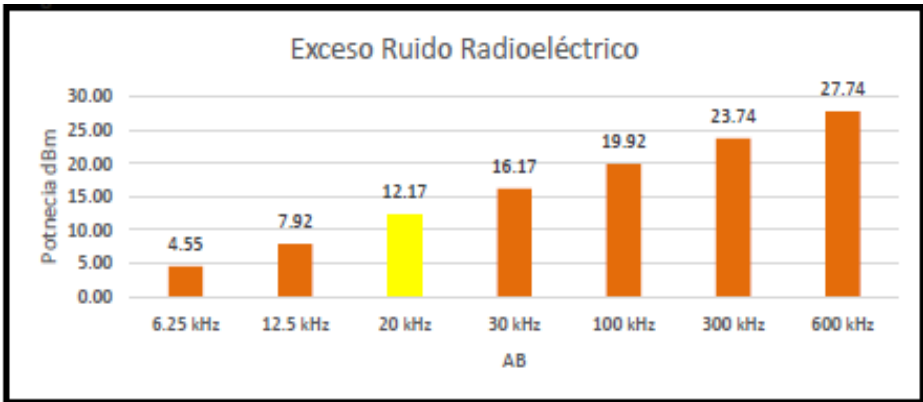


Figura 11. Exceso de Ruido Radioeléctrico/AB

Durante este estudio se detecto una señal originada por la actividad solar ocurrida el Dia 22 de Mayo de 2013 a las 13:10 horas UTC y la discusión sobre los importantes hechos referentes a la señal detectada, se presentan a continuación en la tabla 3, donde se detallan sus características (parámetros) radioeléctricas propias, así como los parámetros del ambiente radioeléctrico en el que se encuentra.

Ancho de Banda(canal) kHz	Ancho de Banda (señal) kHz	Nivel pico de Señal dBm	Piso de Ruido promedio dBm	Nivel de Ruido máximo dBm	Pico de señal Vs. Nivel máximo de Ruido dB.
20	0.21 (210 Hz)	-120	-142	-130	10

Tabla 3. Parámetros radioeléctricos de las señal detectada en 1420 MHz

En la figura 12, se muestra de forma gráfica las implicaciones y efectos potencialmente dañinos del Piso de Ruido sobre la señal detectada en 1420 MHz.

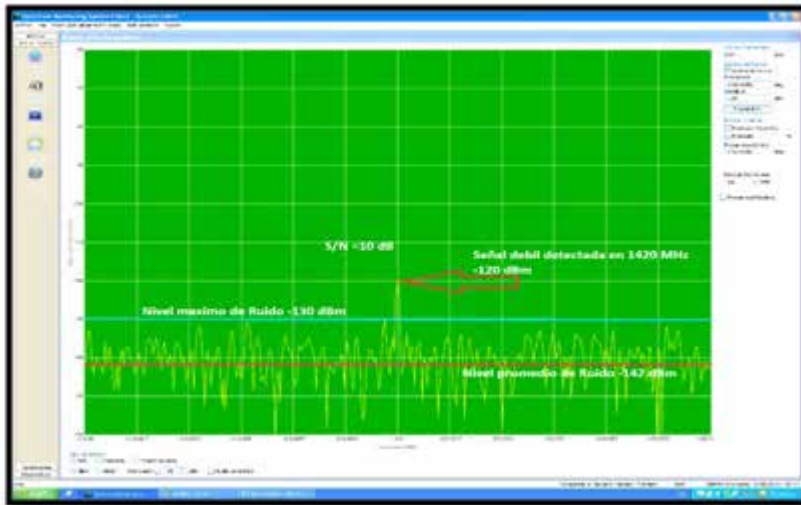


Figura 12. Señal detectada en frecuencia 1420 MHz  
Espectro #3: frecuencia 1420 MHz, Ancho de Banda: 20 kHz

## Conclusiones

Del análisis y discusión de los datos obtenidos en el periodo comprendido entre los meses de Junio de 2012 a Junio de 2013, referentes a la Caracterización de las condiciones Radioeléctricas en Frecuencia 1420 MHz ( $\lambda$ : 21 cm), para la ciudad de Tegucigalpa, F.M., HONDURAS, específicamente en la ubicación del

Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa –OACS, las siguientes conclusiones de este estudio son:

## Conclusiones Generales

- Se comprobó que la ubicación del Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa (OACS), presenta un exceso de Piso de Ruido de 12.17 dB por sobre la sensibilidad del equipo, no obstante, señales de fuentes como el Sol y la Vía Láctea, son factibles de ser recibidas con cierta confiabilidad, dependiendo del equipo a disponer.
- En los alrededores del OACS existen fuentes de emisiones radioeléctricas, estas fuentes de emisiones radioeléctricas se listan en seguida:
  - Una central de distribución eléctrica;
  - Varios Transmisores de Radiodifusión en AM, ubicados en Col. La Era.
  - Varios transmisores de Radiodifusión en FM de Televisión Analógica y Digital y otros servicios de telecomunicaciones, ubicados en el cerro Cantagallo.
  - Varios transmisores de Radiodifusión en FM de Televisión Analógica y Digital y otros servicios de telecomunicaciones, ubicados en el cerro Triquilapa.
  - Varios Transmisores de servicios de telecomunicaciones (TV Digital, Telefonía móvil, Espectro ensanchado, WiFi), ubicados en los alrededores del OACS.
- Se comprobó que durante la investigación no hubo interferencias radioeléctricas de origen humano, en frecuencia 1420 MHz.
- Se detectó una señal en 1420 MHz producto de la actividad solar (Máximo Solar), el día 22 de Mayo de 2013, a las 07:10a.m. hora local (13:10 UTC), esta señal tuvo la suficiente intensidad de tal modo que superó los efectos enmascaradores del exceso de Ruido presente en el OACS.

## Recomendaciones

### Sobre tipos, tamaños de Radiotelescopios y rangos de frecuencias que se pueden implementar en el OACS.

Tomando en consideración las conclusiones de este estudio, los costos y rangos de frecuencias atribuidos para la Radioastronomía en Honduras se puede recomendar la implementación de los siguientes tipos de radiotelescopios:

- Radiotelescopios de tipo parabólicos para estudios de ondas:
  - Métricas
  - Decimétricas
- Radiotelescopios de tamaño:
  - De 3 a 5 metros de diámetros
- Radiotelescopios en frecuencias de:
  - Desde 13 MHz hasta los 15 GHz, para cada segmento de frecuencia a utilizar se debe planificar el estudio de caracterización Radioeléctrica (RFI).

## Bibliografía

- Beaudet, M. Carla; Watts, Galen; Acree, Jeff; Radford, Simon J. E; July 2003. "RFI Survey at the ALMA Site at Chajnantor", ALMA Memo 470. National Radio Astronomy Observatory. USA.
- International telecommunication Union –ITU. (Abril, 2012). Obtenido de: <http://www.itu.int/>
- International Telecommunications Union –ITU. Edición 2011. "Handbook Spectrum Monitoring". Caps. 3, 4 y 5. Ginebra, Suiza.
- Square Kilometer Array –SKA. (Abril, 2012). Obtenido de: <http://www.skatelescope.org/>
- Tarter<sup>1</sup>, Jill; Backus<sup>1</sup>, Peter; Dreher<sup>1</sup>, John; Heiligman<sup>2</sup>, Gary; LaRoque<sup>3</sup>, Sam<sup>1</sup>. Project Phoenix Team. August 2000. "Studies of Radio Frequency



*interference at Parkes Observatory*". 1 SETI Institute CA; 2 Sterling Federal Systems CA; 3 Cornell University NY. USA.

- Working Group on RFI Measurements. May 2003. "*RFI Measurements Protocol for Candidate SKA Sites*", Square Kilometer Array. AU & SAR.