

RECEPTOR A 43 GHz PARA LA OBSERVACIÓN DE MÁSERES ASTROFÍSICOS DE MONÓXIDO DE SILICIO (SiO) PARA EL RADIOTELESCOPIO RT5

David Hiriart, Jorge Valdez

Instituto de Astronomía. Universidad Nacional Autónoma de México.
Km. 103 Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada, B. C., México

RESUMEN:

Se presenta el diseño e implementación de un receptor milimétrico en la región de 42.5 a 43.5 GHz para la observación de máser astrofísicos de monóxido de silicio en las transiciones $J=1-0 \ v=2$, $J=1-0 \ v=1$, $J=1-0 \ v=0$. El

receptor fue diseñado para utilizarse con el radiotelescopio de 5 metros RT5 que estará localizado en Sierra Negra. Asimismo, este receptor puede ser utilizado para realizar pruebas de apuntado del RT5.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN-----	2
2. LÍNEAS ESPECTRALES DE SIO -----	4
3. EL RECEPTOR -----	4
4. ANTENA ALIMENTADORA DEL RECEPTOR (“FEEDHORN”) -----	8
5. PRUEBA DEL RECEPTOR-----	10
6. REFERENCIAS-----	16
7. APÉNDICE A: CARACTERÍSTICAS DEL RECEPTOR-----	17
8. APÉNDICE B: PRUEBAS DE APUNTADO PARA EL RT5-----	20
B1. APUNTANDO A SATÉLITES GEOESTACIONARIOS -----	20
B2. APUNTADO ESTELAR -----	21
B3. APUNTADO A MÁSERES DE SIO-----	21
9. APÉNDICE C: CARTA DE ACEPTACIÓN DEL RECEPTOR-----	22

1. INTRODUCCIÓN

El radiotelescopio de 5 metros (RT5) es una colaboración del Instituto de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) y el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México para reconstruir el Radiotelescopio de 5 metros de diámetro que operaba en el Observatorio McDonald de la Universidad de Texas. El RT5 estará ubicado en el volcán de Cerro la Negra en Puebla junto al Gran Telescopio Milimétrico (GTM). En este reporte presentamos el receptor a 43 GHz que será utilizado en este telescopio para la observación de máseres astrofísicos de monóxido de silicio.

El RT5 estuvo operando hasta la década de 1980 en el observatorio Mc Donald llevando a cabo observaciones a longitudes de onda milimétricas. Tiene una superficie parabólica de cerámica Invar de aproximadamente 5 metros de diámetro cubierta con una capa de oro en su superficie reflectora. Originalmente la superficie tenía una desviación cuadrática media de 50 micras. El telescopio estaba contenido en una cúpula metálica giratoria con una cortina de 7 metros de apertura. El receptor se colocaba directamente en el foco del reflector primario. La Figura 1 muestra una fotografía del telescopio cuando operaba en el observatorio Mc Donald.

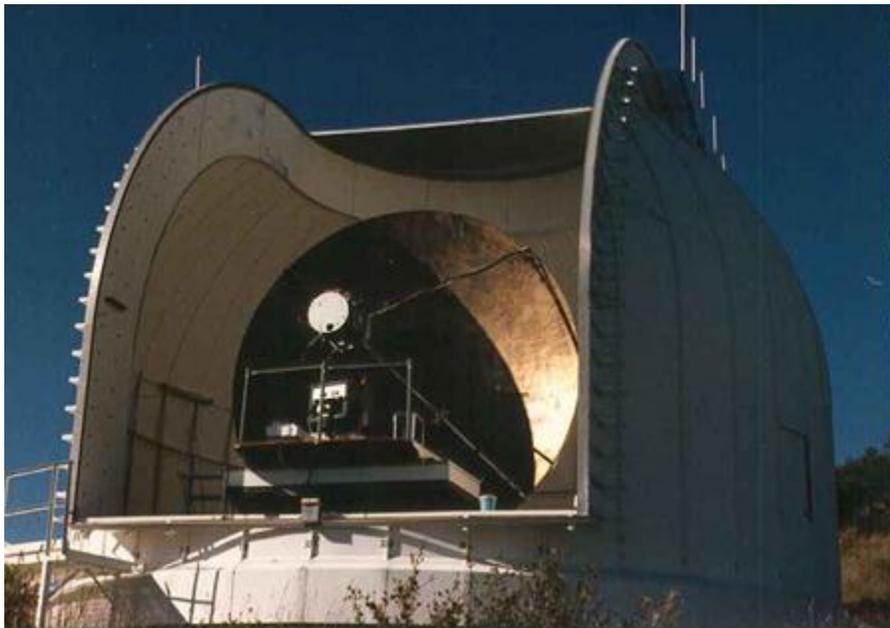


Figura 1: El radiotelescopio de 5 metros (RT5) operando en el observatorio Mc Donald.

En 2004, el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (IG-UNAM) estableció un acuerdo con la Universidad de Texas para recibir en donación este telescopio. Junto con el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE) se decidió trasladar ese telescopio e instalarlo en Cerro la Negra, estado de Puebla, junto al Gran Telescopio Milimétrico aprovechando la transparencia de ese sitio a las longitudes de onda milimétricas y aprovechar la infraestructura desarrollada en ese sitio.

La superficie colectora del RT5 se encuentra en mal estado y en México no se cuenta con una cámara de vacío adecuada para aluminizar la superficie reflectora del RT5 ya que es una pieza monolítica con un diámetro de 5 metros. Afortunadamente, existen métodos alternativos que

permitirán mejorar el recubrimiento de la superficie del reflector primario. Actualmente se están estudiando diversas posibilidades para aluminizar la superficie colectora del RT5.

El sistema de iluminación se cambiará de foco primario a foco Cassegrain para disminuir el ruido de fondo del telescopio. La superficie primaria tiene un orificio en el centro que permite hacer el cambio. Grupos de trabajo del INAOE están diseñando el sistema de soporte y ajuste del espejo secundario. Se han hecho varios diseños para elegir el óptimo que además permita posteriormente pasarlo a un sistema oscilante para modular el lóbulo del RT5 y poder observar alternadamente el objeto y el cielo.

El domo del telescopio llega hasta la base del mismo y todo él gira como una sola pieza. Como el radiotelescopio se utilizará tanto para observaciones diurnas como nocturnas, para evitar la radiación directa del sol en la superficie colectora, la apertura de la cúpula estará cubierta durante el día con una membrana de Gortex® que lo protegerá de la radiación solar, pero que será transparente a la radiación milimétrica. Durante la noche esta cubierta será removida, pero también podrá utilizarse por la noche para proteger el telescopio de cargas de viento.

Para el apuntado y movimiento del radiotelescopio, la antena cuenta con una montura ecuatorial. Dicha montura tiene la ventaja sobre la montura alta-acimut de que el campo de visión del telescopio no rota cuando éste se mueve. Esto es muy conveniente para los estudios de polarización. El grupo de instrumentación del Instituto de Astronomía de la UNAM en Ensenada construyó la consola de control para el movimiento del telescopio (Zazueta et al. 2008). Dicha consola de control es similar a las que se encuentran en los telescopios del Observatorio Astronómico Nacional en San Pedro Mártir, Baja California. Más información sobre el proyecto RT5 se puede encontrar en la página web:

<http://www.inaoep.mx/~rt5/index.php>

El RT5 será utilizado durante el día para la observación de regiones solares activas a longitudes de onda milimétrica y durante la noche para el monitoreo de máseres de monóxido de Silicio (SiO) y agua (H₂O), además de las emisiones de monóxido de carbono (CO). En 2005, el Dr. Eduardo Mendoza del Departamento de Astrofísica del INAOE, y miembro del grupo de desarrollo del RT5, encomendó a los autores de este reporte la construcción del primer receptor para observar las líneas de emisión de máseres de SiO en la región de los 43 GHz. Este trabajo se realizó en un convenio de colaboración entre el INAOE y el Instituto de Astronomía de la UNAM.

2. LÍNEAS ESPECTRALES DE SiO

Las líneas de máseres de monóxido de silicio (SiO) a observar dentro del intervalo espectral del receptor (42.5 a 43.5 GHz) del RT5 se muestran en la Tabla 1. Todas ellas corresponden a transiciones rotacionales $J=1-0$ en los tres niveles de vibración más bajos $v=0, 1$ y 2 .

TABLA 1

Transiciones del SiO^a en la región del receptor

Transición	Frecuencia ^b (GHz)	Eu ^c (K)	A _{ij} ^d (s)
J=1-0 v=2	42.879916	1770	3.0 X 10 ⁻⁶
J=1-0 v=1	43.122080	2.1	3.0 X 10 ⁻⁶
J=1-0 v=0	43.423858	2.4	3.0 X 10 ⁻⁶

^a Isótopo más abundante ¹⁸Si ¹⁶O

^b Frecuencia en reposo Lovas (1992, 1986)

^c Energía del estado superior respecto al nivel fundamental, en Kelvin

^d Tasa de transición espontánea (Coeficiente A de Einstein), en segundos

Existen 19 transiciones más de otras moléculas identificadas en el intervalo del receptor. Sin embargo, las transiciones máser de SiO indicadas en la Tabla 1 son las más intensas. La lista completa de transiciones observadas en este intervalo espectral se puede encontrar en :

<http://physics.nist.gov/cgi-bin/micro/table5/start.pl>.

3. EL RECEPTOR

La Figura 2 muestra el diagrama a cuadros del receptor a 43 GHz para observación de máseres de SiO. Es un receptor heterodino que consiste de un amplificador de bajo ruido seguido de un mezclador de banda ancha. Un oscilador amarrado en fase proporciona la señal del oscilador local a 41.5 GHz para convertir la señal de entrada en el intervalo de 42.5 a 43.5 GHz a la frecuencia intermedia en el intervalo de 1.0 a 2.0 GHz. Esta señal a frecuencia intermedia pasa a través de un amplificador para luego ser entregada a la salida a través de un conector hembra tipo SMA. El alimentador (“*feedhorn*”) es uno de haz ancho para la frecuencia de interés. Debido a que las líneas espectrales de la emisión de máser son muy delgadas, el oscilador local encargado del cambio a frecuencia deberá tener una estabilidad muy alta del orden de algunas partes por millón (ppm) de manera que su ruido de fase sea despreciable.

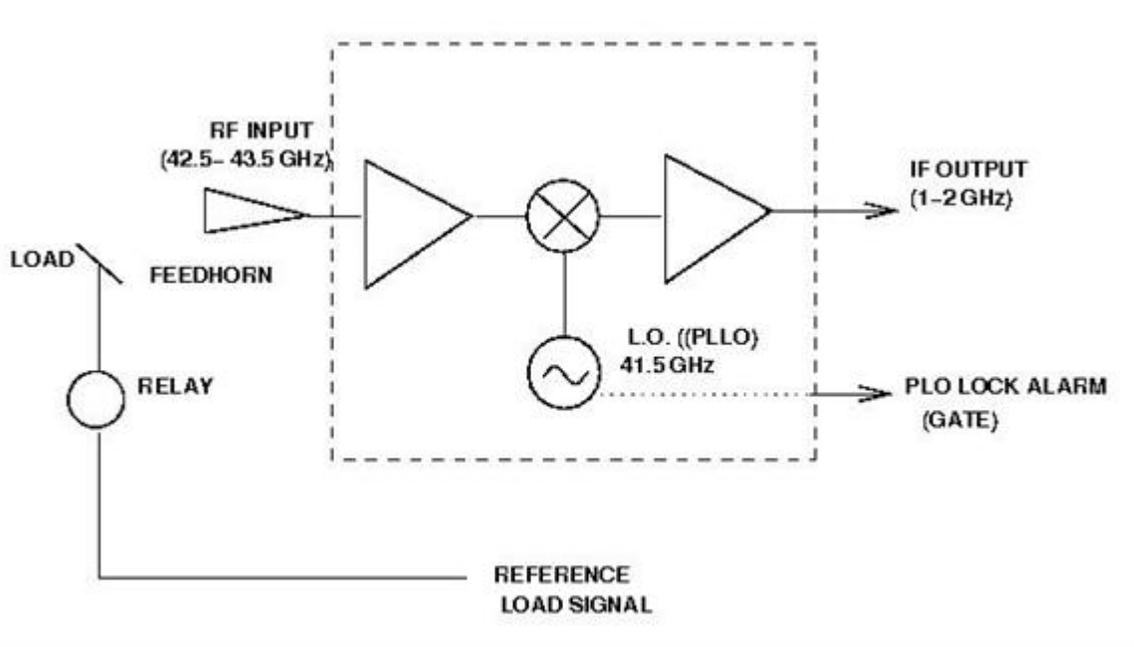


Figura 2: Diagrama a bloques del receptor a 43GHz para el radiotelescopio RT5.

En un principio se pretendió construir el receptor utilizando los laboratorios del grupo de Altas Frecuencias del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE). Desafortunadamente su analizador de redes, necesario para la medición de los parámetros de los transistores para el diseño de los amplificadores de bajo ruido, sólo alcanzaba hasta la frecuencia de 40 GHz. Para lograr mediciones hasta la frecuencia de interés, se necesita invertir una cantidad de dinero similar a lo que costaría el receptor completo, por lo que sopesando los factores económicos se decidió comprar el receptor a 43 GHz ya integrado.

El receptor fue construido por la compañía Spacek Labs. El receptor opera en la banda 42.5 a 43.5 GHz, de manera que cubre las líneas de SiO indicadas en la Tabla 1. La Figura 3 muestra la ganancia del receptor como función de la frecuencia. La figura de ruido en el ancho de banda de operación es de 4 dB que corresponde a una temperatura de ruido de 438 K. La ganancia promedio del receptor es 32.5 dB en todo el ancho de banda. Las características del receptor reportadas por el fabricante se encuentran descritas en la Figuras A.1 y A.2 del Apéndice A.

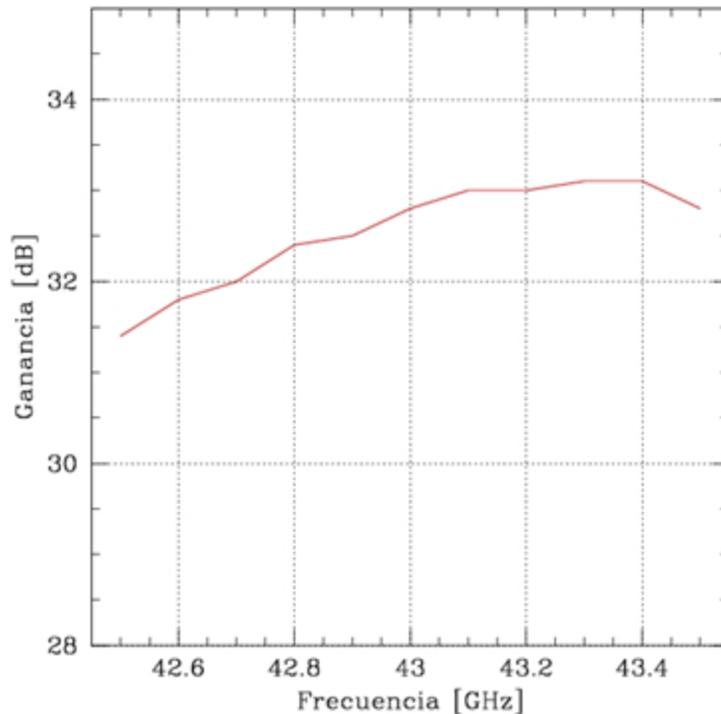


Figura 3: Gráfica de la ganancia del receptor.

Para calibrar el receptor, se interpone a la entrada del receptor una capa de material absorbente de microondas a la temperatura ambiente. El material es una hoja de hule espuma flexible con un amplio ancho de banda de absorción denominado ECCOSORB® AN producido por la compañía Emerson & Cuming. La carga de referencia es introducida a través de un solenoide que es activado cuando se aplican + 12 Volts @ 1 Ampere en sus terminales.

La Figura 4 presenta la vista exterior del receptor a 43 GHz del RT5. La electrónica está contenida en una caja metálica FEMA para uso exterior. Al frente de la caja se encuentra la entrada de radiofrecuencia a través de un “*flange*” de guía de onda WR-19 (UG383/ U MOD). En la parte posterior se encuentra el interruptor de energía y el indicador luminoso de encendido. La salida de frecuencia intermedia es a través de un conector hembra del tipo SMA (IF OUTPUT). El indicador luminoso del amarre de fase (PLO LOCK) tiene la siguiente función: cuando el indicador se encuentra iluminado el oscilador se encuentra amarrado en fase. La estabilidad del oscilador es de 5 ppm. La alarma para amarre de fase del oscilador está presente en el PIN 3 del conector de alimentación (DC INPUT): cuando está activado el amarre de fase se presentan +5 Volts de Corriente Directa en esta señal y 0 Volts cuando está desamarrado. Esta alarma puede utilizarse como una señal de control (“*GATE*”) que permite la adquisición de señal sólo cuando el oscilador está amarrado en fase. El voltaje de operación del receptor es +12 VCD @ 530 mA y es alimentado a través del conector DC INPUT (PIN1: +12VCD PIN2: Común PIN3: PLO “*Lock Alarm*”). La salida del receptor puede ser alimentada a un analizador espectral. Por el momento, se utiliza un analizador de espectros, pero también puede utilizarse un correlador digital para obtener el espectro de potencias tal como el descrito en el trabajo de tesis de maestría de Ángel Pastrana (2008).

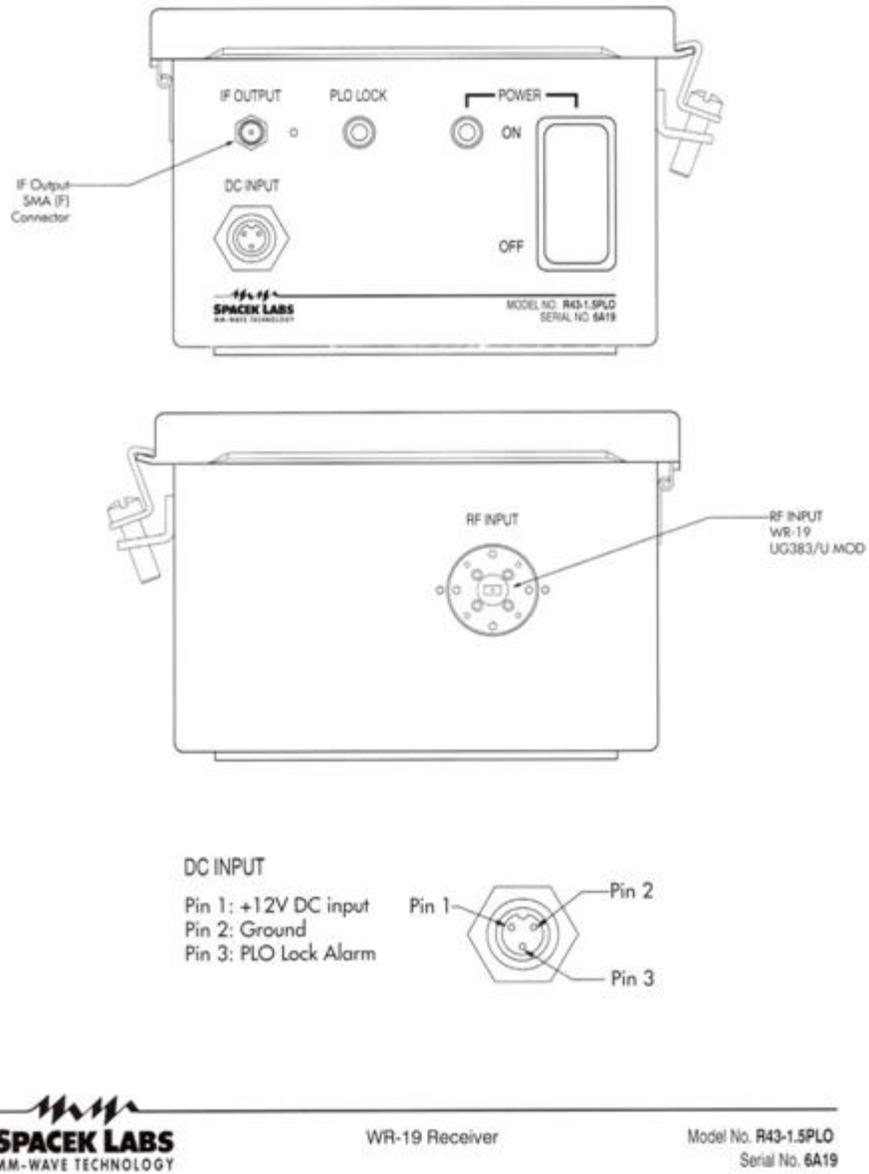


Figura 4: Vista del exterior del receptor a 43 GHz del RT5.

4. ANTENA ALIMENTADORA DEL RECEPTOR (“FEEDHORN”)

Por el momento, el receptor será colocado en foco primario del RT5, pero existen planes de convertirlo a un sistema Cassegrain para disminuir la contribución de la radiación del suelo, por lo que debió proveerse el receptor con un alimentador (“feedhorn”) que ilumine la totalidad de la superficie reflectora primaria desde la posición del receptor en el foco primario del radiotelescopio. La Figura 5 muestra la geometría del radiotelescopio RT5. Cálculos trigonométricos sencillos muestran que el ancho de haz de la antena alimentadora para que el receptor ilumine de una manera uniforme la superficie del primario deberá de ser del orden de 81.41° .

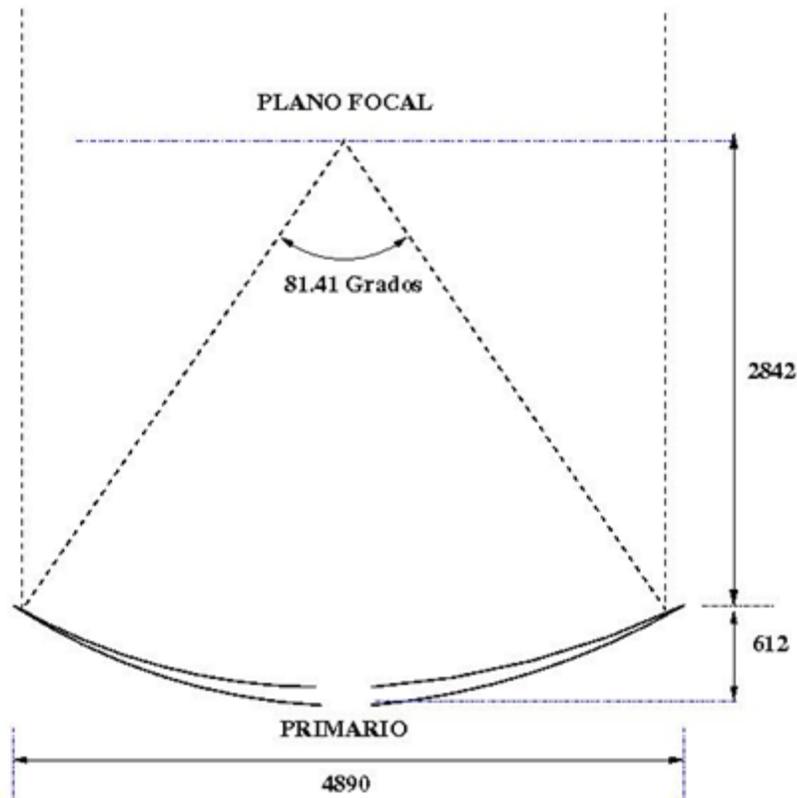


Figura 5: Geometría de la óptica del telescopio RT5 considerando el plano focal en la posición del foco del reflector primario. Todas las unidades son en milímetros.

La Figura 6 muestra el diseño Cassegrain que se tiene para el RT5 hecho por el grupo de trabajo del INAOE. En este caso el alimentador del receptor deberá iluminar el espejo

secundario. De la Figura 5 se encuentra que el ángulo que deberá tener el receptor es de 20.68 grados.

Para evitar los efectos de “spillover” cuando el receptor está en el foco primario y que a la vez el receptor pudiese ser utilizado cuando el RT5 se convirtiera a sistema Cassegrain, se decidió utilizar una antena alimentadora que tuviese un patrón de radiación de aproximadamente 55 grados. De esta manera, la mayoría del reflector es iluminado cuando el receptor está en foco primario sin tener mucho “spillover”. Cuando el receptor está en foco Cassegrain, la contribución “spillover” del cielo no es tan significativa como cuando el receptor está en foco primario.

La antena alimentadora del receptor fue construida por la compañía Quinstar Technology Inc. Este es un alimentador de amplio ancho de banda del tipo escalar. Tiene una guía de onda de tipo WR-19 con “flange” UG-383. A 42.5 GHz este alimentador tiene un ancho de haz en su patrón de radiación de 55° con una ganancia de 10 dB. La Figura A.3 del Apéndice A muestra el certificado de este alimentador entregado por la compañía.

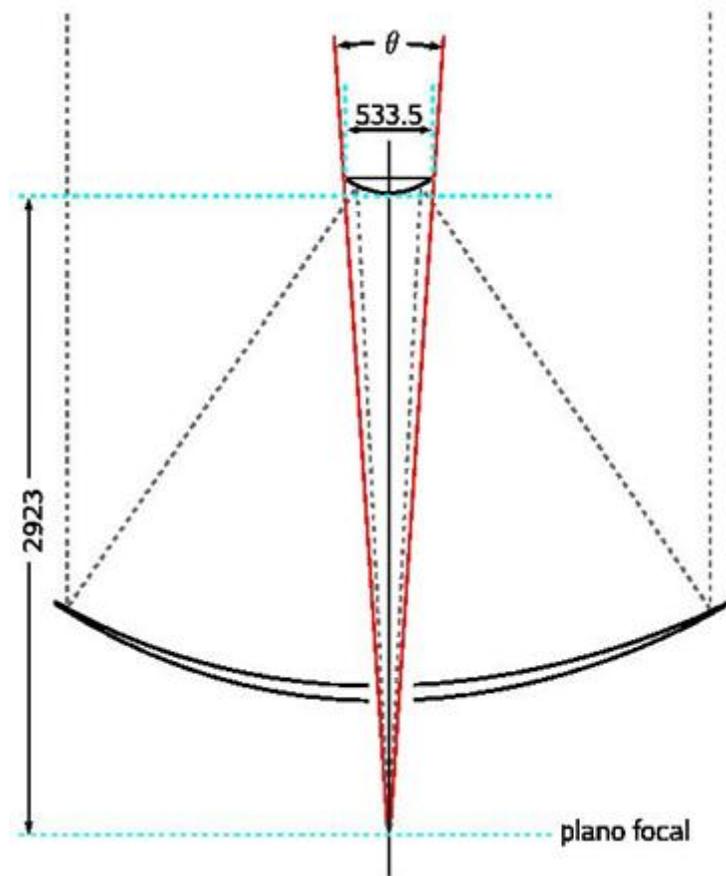


Figura 6: Diseño de la óptica del RT5 con el plano focal del telescopio ubicado en el foco Cassegrain. Todas las unidades son en milímetros.

5. PRUEBA DEL RECEPTOR

La Tabla 2 presenta una lista de objetos que tienen emisión de máseres de SiO con los cuales se sugiere hacer pruebas del receptor cuando éste se encuentre montado en el RT5. Las estrellas VY CMa, R Leo, W Hya, GL552, VX Sgr y R Aqr son gigantes rojas con magnitudes visuales entre 6.02 y 10.68 que pueden ser encontradas fácilmente con el telescopio óptico auxiliar implementado en el RT5.

TABLA 2

Fuentes de emisión máser de SiO que pueden usarse para la prueba del receptor del RT5.

Nombre	AR	Dec	Magnitud V	Tipo Spectral
Ori A	05 35 17.3	-05 23 28	5	HII región
VY CMa	07 22 58.3	-25 46 03.7	7.95	M3/M4III
R Leo	09 47 33.5	+11 25 43.6	6.02	M8IIIe
W Hya	13 49 01.9	-28 22 03.5	7.46	M7e
GL 552	14 29 29.7	+15 31 57.5	10.68	M2.5V
VX Sgr	18 08 04	-22 13 26.6	10.03	M5/M6III
R Aqr	23 43 49.5	-15 17 04.2	7.69	M7IIpev

Notas: Coordenadas ICRS época 2000

Los espectros de estas estrellas se muestran a continuación. Estos espectros fueron tomados con el radiotelescopio Parkes que tiene un diámetro de 16.7 m y un receptor cuyo receptor frontal era un mezclador. La temperatura de ruido del receptor era de 1,500 K cuando éste era enfriado a una temperatura física de 20 K.

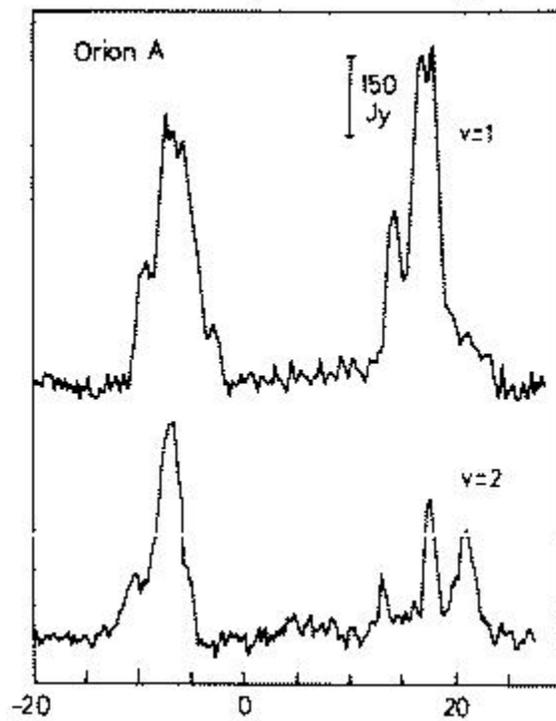


Figura 7: Espectro de emisión máser de SiO a 43 GHz para las transiciones $J=1-0$ en los estados $v=1$ (parte superior) y $v=2$ (parte inferior) de la región HII Orion A. Las velocidades radiales es indicadas (km/s) son relativas al sistema local de reposo (LSR) (Ballister et al. 1977).

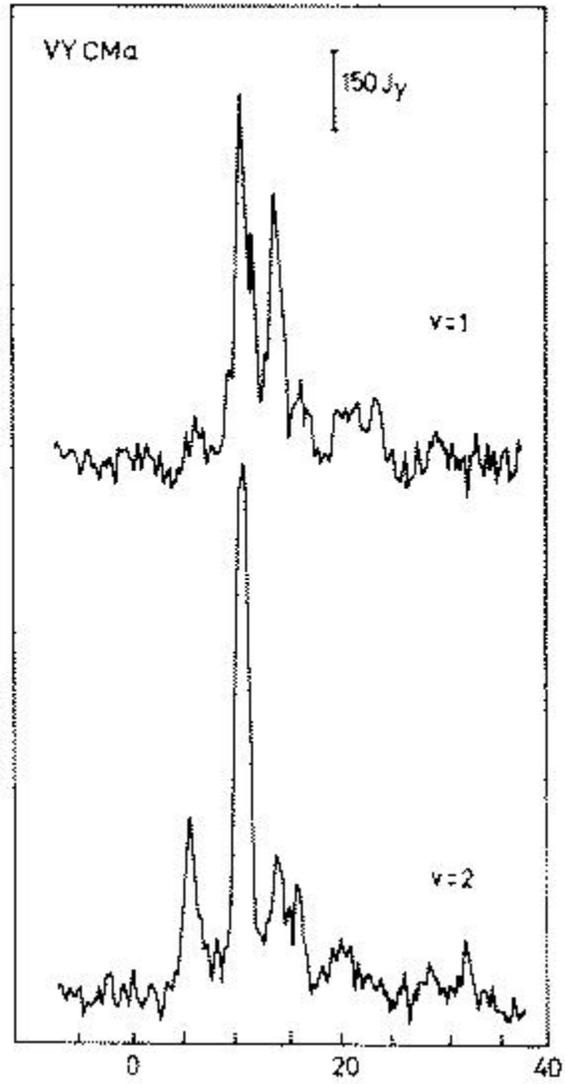


Figura 8: Mismo que la Figura 7, pero para la fuente WHya (Ballister et al. 1977).

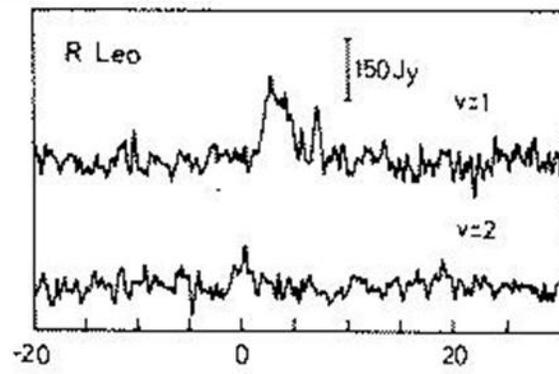


Figura 9: Mismo que la Figura 7, pero para la estrella R Leo (Ballister et al. 1977).

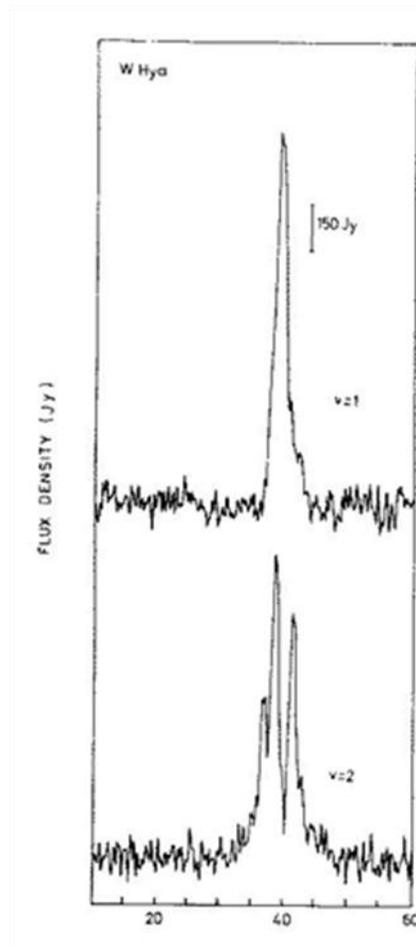


Figura 10: Mismo que la Figura 7, pero para la estrella WHya (Ballister et al. 1977).

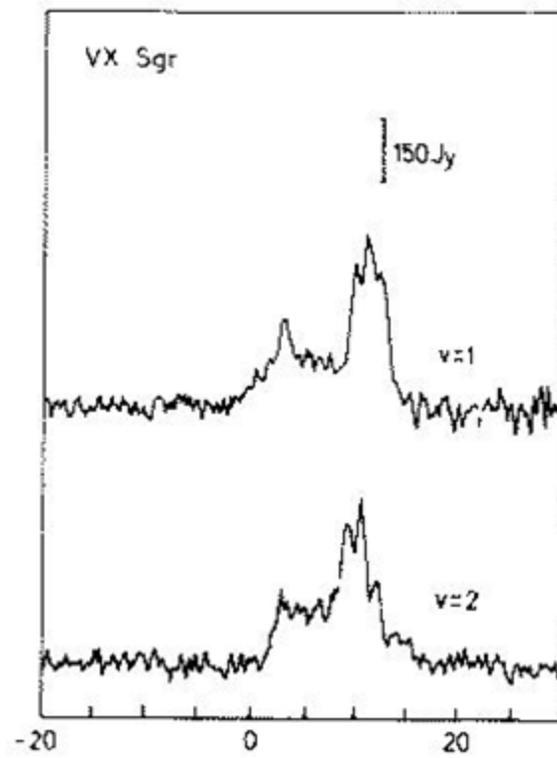


Figura 11: Mismo que la Figura 7, pero para la estrella VX Sgr (Ballister et al. 1977).

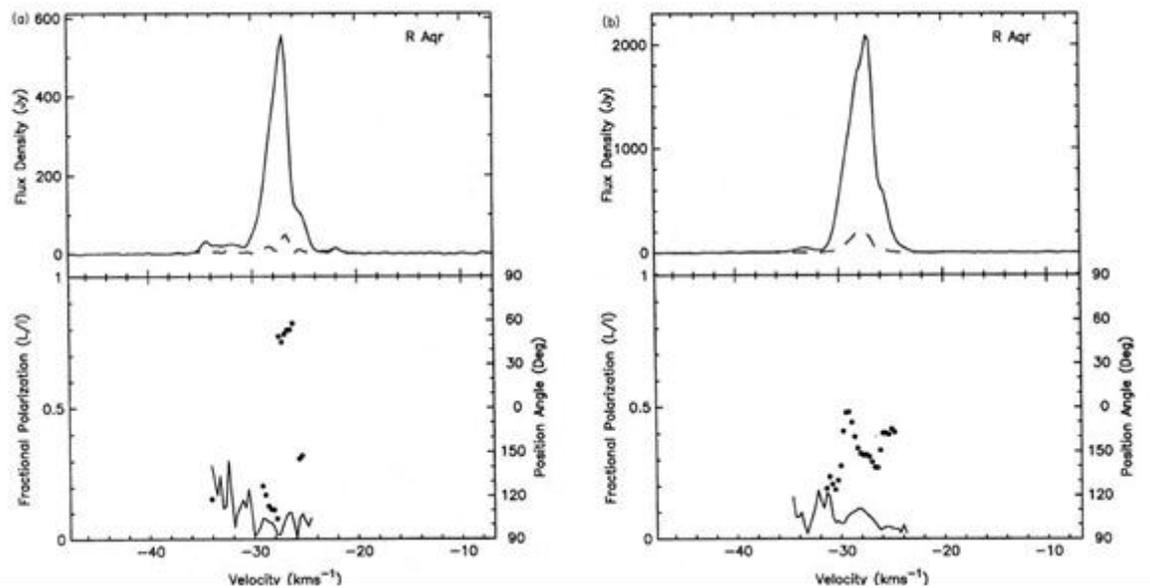


Figura 12: Espectro de polarización para R Aqr. (a) Espectro $J=1-0 v=1$ y (b) $J=1-0 v=2$. La parte superior muestra la intensidad total I (línea sólida), y el diagrama inferior el flujo linealmente polarizado (línea quebrada). La parte inferior muestra la fracción de polarización, L/I , (línea sólida) del flujo linealmente polarizado, L , al flujo total, I , así como el ángulo de posición (puntos). Los flujos polarizados y los ángulos de polarización se muestran para intervalos de velocidad donde el error en el ángulo de posición es menor al 15% (Hall et al. 1990).

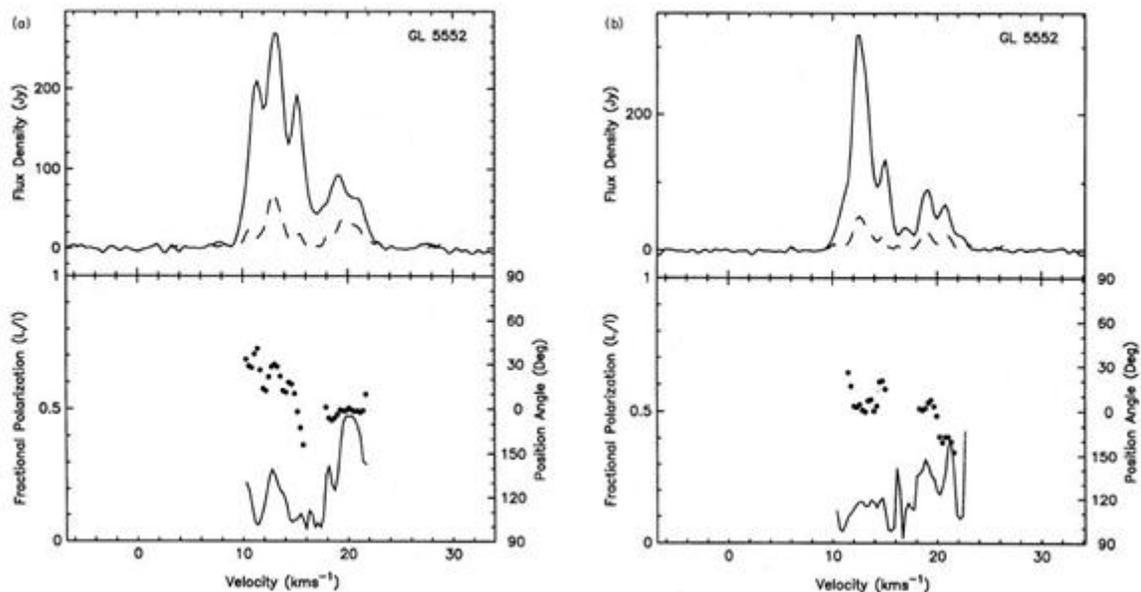


Figura 13: Mismo que la Figura 12, pero para GL5552. (Hall et al. 1990).

La eficiencia de la apertura de la antena del RT5 se puede determinar observando la radiación en el continuo de Júpiter. De las observaciones de Berge & Gulkis (1976) el disco Joviano tiene una temperatura de brillo de 170 K para 43.1 GHz. Para determinar la eficiencia de la antena será necesario conocer la atenuación de la atmósfera a esa frecuencia en el momento de las mediciones.

6. REFERENCIAS

Ballister, M., Batchelor, R. A., Haynes, R. F., Knowlest, S.H., McCulloch, M.G., Robinson, K.J., Wellington, K.J., & Yabsley, D.E. 1977, MNRAS, 180,415

Berge, G. L. & Gulkis, S. 1976. Jupiter p. 621 Ed. T. Gherels, University of Arizona Press, Tucson

Hall, J. P. Wright, A. E., Troup, E. R., & Wark, R. M. 1990, MNRAS, 247, 549

Lovas, F.J., 1986, J. Phys. Chem. Ref. Data, 15, 251

Lovas, F.J., 1992, J. Phys. Chem. Ref. Data, 21, 181

Pastrana Sánchez, Ángel, 2008 “Autocorrelador Digital de 2 bits para Radioastronomía Back-End del Receptor de 43 GHz para el Radiotelescopio RT-5” Tesis Maestría, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE)

Zazueta, S., Lazo, F., García, B. & Hiriart, D. 2007 “Consola de control de Movimientos del Radiotelescopio RT5”, Reporte Técnico del IAUNAM en preparación.

7. **APÉNDICE A: CARACTERÍSTICAS DEL RECEPTOR**



TEST DATA

Customer UNAM-OAN Institute of Astronomy
 Description Receiver
 Model No. R43-1.5PLO P.O. No. P391-2K5-DHG
 Serial No. 6A19 Date 03/20/2006 Tested by RD

RF Input Frequency (GHz)	LO Input Frequency (GHz)	IF Output Frequency (GHz)	RF to IF Gain (dB)	Noise Figure (dB)		
@ -30.0 dBm						
42.5	41.5	1.0	31.4	4.0		
42.6	41.5	1.1	31.8	4.0		
42.7	41.5	1.2	32.0	4.0		
42.8	41.5	1.3	32.4	4.0		
42.9	41.5	1.4	32.5	4.0		
43.0	41.5	1.5	32.8	4.0		
43.1	41.5	1.6	33.0	4.0		
43.2	41.5	1.7	33.0	4.0		
43.3	41.5	1.8	33.1	4.0		
43.4	41.5	1.9	33.1	4.0		
43.5	41.5	2.0	32.8	4.0		

Comments: Bias @ +12.0 VDC @ 530 mA
Maximum RF Input power: +10.0 dBm
Lock Alarm: +5 V locked, 0 V unlocked.

Figura A.1: Características de la figura de ruido y la ganancia del receptor 43 GHz del RT5.



Customer Code: CC0127
 PO Number: 9781
 Job Number: 5056

TEST DATA SHEET- DRO PHASE LOCKED OSCILLATOR					
Part Number: PLO-3000-13.8333		Customer P/N:			
Serial Number: 5056-0551-001		Tester: Ali/Richard			
Chassis NO(S):		Date: 1/18/06			
SPEC. PARA.	PARAMETER	TEST RESULTS	LIMITS	ACC	REJ
1.0	OUTPUT FREQUENCY	13.8333 (check)			
2.0	OUTPUT POWER at: +25°C	22.0 dBm	+17 dBm min.		
	+50°C	20.8 dBm			
	0°C	22.6 dBm			
3.0	POWER FLATNESS (0°C to +50°C)	+/- .90 dB	+/- 2 dB		
4.0	TUNING RANGE (Mechanical)	OK (check)	50 MHz		
5.0	SPURIOUS	-70 dBc	-70 dBc		
6.0	HARMONICS	-44 dBc	-25 dBc		
7.0	DC CURRENT at +12VDC	310 mA			
8.0	INTERNAL REF.	OK (check)	100.241304 MHz		
9.0	PHASE-LOCK VOLTAGE at +25°C	6.0 Volts	1.3 to 11.0 V		
10.0	OUT OF LOCK INDICATOR	OK (check)	+5V=LOCKED 0V=UNLOCKED		
11.0	PHASE NOISE at:				
	10 KHz	-100 dBc/Hz			
12.0	FREQUENCY STABILITY	OK (check)	+/-5 ppm		
13.0	PHASE LOCK TEST at: +50°C	OK (check)			
13.1	0°C	OK (check)			
14.0	MECHANICAL & MARKING	OK (check)	PER OUTLINE		
EE APPROVED:		DATE: 1/18/06	INSPECTION:	DATE: 1/18/06	

TDS100-0403, REV A

Figura A.2: Características del oscilador con resonador dieléctrico amarrado en fase del receptor a 43 GHz del RT5.

<p>QUINSTAR TECHNOLOGY, INC (Visit www.quinstar.com) 24085 Garnier Street Torrance, CA 90505 PHONE: 310-320-1111 FAX: 310-320-9968</p>	<p>SALES ORDER# :009300</p> <p>PAGE NO. :1 CHANGE ORDER :0 DATE ORDERED :06/07/2006 RELATED DOC # :027727 SALESMAN :House CUSTOMER PH # :646 174 4593 CUSTOMER PO # :P195-2K6-DHG FOB :FACTORY</p>												
<p>Worldtrans Services Inc C/O UNAM-OAN Observatorio Attn: Martin Muniz B/ Hugo Aguilera San Diego CA USA</p>	<p>UNAM -OAN Institute of RFC. UNA290722-7Y5 Attn: Martin Muniz B San Diego CA USA</p>												
<p>SHIP VIA: UPS grnd prepaid TERMS: Prepaid Check ACCT: INS024</p>													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">ITEM</th> <th style="text-align: left;">PARTNO</th> <th style="text-align: left;">DESCRIPT DATE REQ</th> <th style="text-align: left;">QTY UNIT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0001</td> <td>QSW-U5500</td> <td>WideBeam Scalar Feed Horn</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>9300001</td> <td>07/20/06</td> <td>1 Each</td> </tr> </tbody> </table> <p>**Received check as advance payment 6/7/06**</p> <p>MPI 263U/383</p> <p>Waveguide Input: WR-19 W/G Flange: UG-383 At 42.5 GHz: Beamwidth: 55° Gain: 10dB ***** Invoice with LIne item 2</p>		ITEM	PARTNO	DESCRIPT DATE REQ	QTY UNIT	0001	QSW-U5500	WideBeam Scalar Feed Horn			9300001	07/20/06	1 Each
ITEM	PARTNO	DESCRIPT DATE REQ	QTY UNIT										
0001	QSW-U5500	WideBeam Scalar Feed Horn											
	9300001	07/20/06	1 Each										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;">0002 SHIPPING</td> <td style="width: 30%;">Shipping Charge</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">/ /</td> <td style="width: 10%; text-align: right;">1 Each</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Estimated Shipping and Handling, UPS</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Insure package</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		0002 SHIPPING	Shipping Charge	/ /	1 Each	Estimated Shipping and Handling, UPS				Insure package			
0002 SHIPPING	Shipping Charge	/ /	1 Each										
Estimated Shipping and Handling, UPS													
Insure package													
<p style="text-align: center;">QUALITY ASSURANCE CERTIFICATE OF COMPLIANCE</p> <p>THIS IS TO CERTIFY THAT ALL ITEMS DELIVERED IN THIS SHIPMENT ARE IN CONFORMANCE WITH ALL APPLICABLE SPECIFICATIONS, STATEMENTS OF WORK AND SPECIAL INSTRUCTIONS. THESE PRODUCTS ARE MANUFACTURED IN THE USA. IF YOU HAVE ANY QUESTIONS CONCERNING THIS SHIPMENT PLEASE CONTACT QUINSTAR.</p> <p>QUALITY ASSURANCE MANAGER Phone: (310) 320-1111 E-mail: quinstar@quinstar.com</p> <div style="text-align: right; border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-left: auto;"> QS 3 </div>													

Figura A.3: Certificado de la antena alimentadora proporcionado por la compañía.

8. APÉNDICE B: PRUEBAS DE APUNTADO PARA EL RT5

El receptor a 43 GHz deberá ser probado apuntando a una fuente de máser de SiO celeste. Existen varias fuentes de máseres intensas como se han presentado en la Sección 5 de este reporte. Sin embargo, antes de intentar apuntar a estas fuentes se deberá estar seguro que el radiotelescopio apunta y hace el guiado regularmente. El RT5 tiene una consola de control para apuntado y guiado del mismo que fue construido por el grupo de instrumentación del IAUNAM-Ensenada (Zazueta et al. 2007). Esta consola es similar a las consolas de control de los telescopios del Observatorio Astronómico Nacional en la Sierra de San Pedro Mártir.

Para esto, deberá hacerse primero la prueba de apuntado de satélites indicada abajo. Una vez que el telescopio apunta regularmente a los satélites deberá hacerse pruebas de apuntado óptico; es decir, apuntar a estrellas con el telescopio óptico auxiliar añadido a la antena. Por último, deberá hacerse pruebas de apuntado con el receptor a 43 GHz respaldadas en el telescopio óptico.

Bi. APUNTANDO A SATÉLITES GEOESTACIONARIOS

Una manera de hacer pruebas muy crudas de apuntado de un radiotelescopio es apuntar a satélites de comunicación geoestacionarios. Para hacer estas pruebas se deberá instalar un receptor comercial de televisión directa, preferencialmente en la banda Ku. La salida del receptor deberá conectarse a un analizador de espectros o a cualquier otro receptor. Tenga cuidado de aislar el cable de señal a la entrada del analizador de espectros si éste no puede tener un voltaje de corriente directa a la entrada.

Ventajas de esta prueba: no se necesita guiar al telescopio; la señal del satélite es muy fuerte; y el espectro es conocido.

Lista de satélites geoestacionarios disponibles para esta prueba se puede encontrar en <http://www.satsig.net/sslist.htm> . Se recomienda utilizar satélites geoestacionarios cercanos al meridiano de Sierra Negra (97° 18' 56" Oeste).

Determinación del Acimut y la Elevación de la antena para apuntar a un satélite geoestacionario desde Cerro la Negra, Puebla:

1. Latitud de la estación terrena: $LA_{es} = \underline{\hspace{2cm}}$ grados norte o sur.
2. Longitud de la estación terrena: $LO_{es} = \underline{\hspace{2cm}}$ grados al este.
3. Longitud geoestacionaria del Satélite = $\underline{\hspace{2cm}}$ grados al este.
4. (a) Diferencia longitudinal (2 - 3): $L = \underline{\hspace{2cm}}$ grados.
 (b) Si 1 ó 4(a) es mayor que 81.3 grados, o si $\cos(LA_{es}) * \cos(L)$ es menor que 0.151, el satélite está por debajo del horizonte, y el procedimiento debe ser detenido.

$$5. (a) \textit{Elevacion} = \tan^{-1} \left(\frac{\cos LA_{es} \cos L - 0.151}{1 - \cos LA_{es} \cos L} \right)$$

(b) Valor de Elevación = $\underline{\hspace{2cm}}$ grados

$$6. (a) \textit{Acimut}: Azm = \tan^{-1} \tan L \sin LA_{es}$$

(b) Valor de acimut : Azm _____ grados

7. (a) determine el cuadrante de acimut de acuerdo a las tablas mostradas abajo.

(b) Acimut verdadero: Az _____ grados del Norte verdadero.

Estaciones Terrenas en el Hemisferio Norte		
Localización de la Estación Terrena respecto al Satélite	Rango de Acimut (grados)	Fórmula para encontrar el Acimut verdadero (grados)
Oeste y Norte (L Negativa)	90 -180	Az=180-Azm
Este y Norte (L positiva)	180-270	Az=180+ Azm

Estaciones Terrenas en el Hemisferio Sur		
Localización de la Estación Terrena respecto al Satélite	Rango de Acimut (grados)	Fórmula para encontrar el Acimut verdadero (grados)
Este y Sur (L positiva)	270 - 360	Az=360-Azm
Oeste y Sur (L negativa)	0 - 90	Az=Azm

El acimut verdadero es medido desde el Norte verdadero en la dirección del oeste. Ejemplo, Acimut 90° apunta hacia el Este.

Del punto 7 recordar que existe un diferencia entre el Norte magnético y el Norte verdadero cuya diferencia es la declinación magnética. Para Cerro la Negra, la declinación magnética es 4° 38' E cambiando 0° 7' al Oeste cada año.

B2. APUNTADO ESTELAR

Un refinamiento del método anterior es realizar pruebas de apuntado con objetos estelares en el visible. Para esto será necesario que el telescopio tenga la habilidad de guiar lo suficiente para que el telescopio óptico auxiliar pueda ser utilizado.

B3. APUNTADO A MÁSERES DE SIO

Los máseres son las fuentes celestes más intensas en la región milimétrica del espectro electromagnético. En este caso, la prueba de apuntado lleva la complicación de que los objetos pueden no ser visibles. Sin embargo, para hacer las pruebas de apuntado deberán utilizarse los máseres asociados con estrellas gigantes rojas por lo que es posible determinar su posición óptica (Ver Sección 5 de este reporte).

9. APÉNDICE C: CARTA DE ACEPTACIÓN DEL RECEPTOR



Puebla, Pue.
29 de Septiembre de 2010

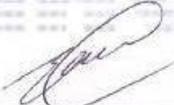
DR. DAVID HIRIART
Investigador Titular IAUNAM

Por medio de la presente me dirijo a usted, de la manera más atenta para hacer constar que recibimos el receptor de 43 GHz que construyeron bajo su dirección con base en el convenio INAOE-IAUNAM 02-2005. El receptor opera de acuerdo a las características técnicas establecidas en el mencionado convenio por lo cual hago de su conocimiento que por nuestra parte consideramos cumplido dicho convenio.

Agradezco su apoyo para llevar a buen término el acuerdo plasmado en el convenio y espero podamos mantener la colaboración en futuras ocasiones.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente



José Eduardo Mendoza Torres
Responsable del Proyecto RT5

Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica

Luis Enrique Erro No. 1 Santa María Tonantzintla, Puebla C.P. 72840 Apartado Postal 51 y 216 Puebla C.P. 72000 Conmutador 266-31-00

Dirección General Tel. 247 40 44 Fax: 247 25 80
Dirección de Investigación Tel. 247 40 05

Dirección de Administración y Finanzas Tel. 247 43 21 Fax: 247 01 81
Dirección de Desarrollo Tecnológico Tel. 247 43 14

Coordinación Astrofísica Tel. 247 22 31
Coordinación Óptica Tel. 247 29 40

Coordinación Electrónica Tel. 247 05 17
Dirección de Formación Académica Tel. 247 27 42