

Medida de la FI completa del receptor de 22GHz

IT-OAN 2006-3

I.Malo, F.Tercero, J.A.L.Fernández, C.Almendros

*Centro Astronómico de Yebes
Apdo. 148 19080 Guadalajara
SPAIN*

Phone: +34 949 29 03 11 ext.208

Fax: +34 949 29 00 63

Medida de las características de la unidad de FI del receptor de 22GHz del CAY, siendo la entrada el módulo RF y la salida el módulo FI. Los osciladores locales empleados son los de la unidad de FI con los cables semirrígidos de conexión entre los módulos.

Fecha martes, 21 de marzo de 2006



Indice:

1	Introducción.....	3
2	Medidas de la FI completa con el VNA.	4
2.1	Medida del parámetro s_{11} en RCP y LCP	4
2.2	Medidas del parámetro s_{22} en RCP y LCP	6
2.3	Medidas de la ganancia de conversión.	9
2.3.1	Medidas en el canal RCP, modo VLBI.	10
2.3.2	Medidas en el canal RCP, modo SD.	11
2.3.3	Medidas en el canal LCP, modo VLBI.	12
2.3.4	Medidas en el canal LCP, en modo SD.	13
3	Medidas con el Analizador de Espectros de la FI.	14
	Referencias	17

1 Introducción

El receptor de 22GHz del CAY es un receptor de doble polarización circular (RCP y LCP), que permite realizar dos tipos de observación, VLBI y Single Dish (SD). Es un receptor superheterodino con doble conversión de frecuencia y ancho de banda a la salida de la frecuencia intermedia (FI) de 500MHz, en el caso de las observaciones de VLBI, y de triple conversión de frecuencia y ancho de banda de 100MHz, para las observaciones de SD.

En ambos modos de observación el receptor permite seleccionar entre dos bandas de frecuencia de observación, que denominaremos Upper Band (UB) y Lower Band (LB), y cuyos valores se muestran en la siguiente tabla, variando la frecuencia de operación del primer oscilador local (OL) entre 14.4GHz (UB) y 12.8GHz (LB).

VLBI (FI: 500-1000MHz)	UB	LB	
2°OL = 8.45GHz	23.35 – 23.85 GHz	21.75 – 22.25 GHz	
2°OL = 9.05GHz	23.95 – 24.45 GHz	22.35 – 22.85 GHz	
Total:	23.35 – 24.45 GHz	21.75 – 22.85 GHz	BW = 1.1 GHz BW _{FI} = 500 MHz

SD (FI: 170-270 MHz)	UB	LB	
2°OL = 8.45GHz	23.57 – 23.67 GHz	21.97 – 22.07 GHz	
2°OL = 9.05GHz	24.17 – 24.27 GHz	22.57 – 22.67 GHz	
Total:	23.57 – 24.27 GHz	21.97 – 22.67 GHz	BW = 700 MHz BW _{FI} = 100 MHz

Variando la frecuencia de operación del 2° OL el receptor permite seleccionar el ancho de banda a observar dentro de una banda más amplia. En VLBI, es posible seleccionar los 500MHz a observar simultáneamente de entre una banda de 1.1GHz. En SD, seleccionar 100MHz de entre una banda de 700MHz. La frecuencia de operación del 2° OL varía entre 8.45 – 9.05GHz.

El receptor de 22 GHz está compuesto por el criostato y varios módulos independientes interrelacionados: Módulo de RF, Módulo de FI, Módulo de Osciladores y Módulo de Alimentación y Control.

El criostato alberga bocina y lente hiperbólico-plana, polarizador, acoplador direccional y amplificador de bajo ruido (LNA), manteniéndolos a una temperatura de 12k. La salida del LNA se conecta al módulo de RF mediante un cable coaxial flexible de bajas pérdidas y la polarización de los LNA junto con otras tensiones de alimentación y control están conectadas al módulo de alimentación y control.

El módulo de RF realiza la primera conversión de frecuencia, filtrado en 1°FI de 1.1GHz de ancho de banda, y la segunda conversión de frecuencia, con una ganancia de conversión de 32dB[Ref1] y frecuencia intermedia de 0 a 1.6 GHz.

El módulo de FI se encarga de filtrar la 2° conversión, entre 500MHz y 1GHz. En modo VLBI ésta será la banda de salida de FI, con una ganancia de 17dB [Ref2]. En

modo SD, además del filtrado y amplificación, se realiza un posterior filtrado entre 720 y 820MHz y una tercera conversión con la frecuencia del 3° OL = 550MHz. Por tanto, en modo SD, el módulo de FI presenta una ganancia de 30.5dB y una banda de salida de FI de 170-270MHz. En ambos modos de operación la ganancia del módulo de FI puede disminuirse entre 0 y 40dB en pasos de 1dB mediante un atenuador manual variable situado a la entrada de dicho módulo.

2 Medidas de la FI completa con el VNA.

Las siguientes medidas tienen en común que se realizan con el analizador vectorial de redes ZVK de Rodhe&Schwarz (10MHz-40GHz). Con el generador de señal SMR40 de Rodhe&Schwarz (10MHz-40GHz) generamos la frecuencia entre 1.210-1.290GHz que, multiplicada por 7, es el segundo oscilador para la conversión a la segunda FI, y la referencia de 5MHz para enganchar los osciladores internos en fase.

2.1 Medida del parámetro s_{11} en RCP y LCP

Se hace la medida con el VNA realizando una calibración completa de un solo puerto en el rango de frecuencias de la entrada, 18-26,5GHz. Los parámetros del VNA para la medida son:

Medida	s11
Rango de Frecuencia	18 GHz-26,5 GHz
Filtro IF	10KHz
Número de puntos	401
Potencia source 1	-20dBm
Potencia source 2	-20dBm
Conector port1/port2	K(M)/K(M)
Calibración	TOSM
Average	NO
Smooth	NO

Tabla 1. Parámetros del VNA: Medida del S_{11}

La medida se realizó en UB con el 2°OL en 1250×7 MHz (2°OL = 8750 MHz) y modo VLBI. Medidas hechas a distintas frecuencias de los OL's demuestran que la adaptación de entrada es independiente de las frecuencias elegidas para los 2° OLs y del modo de trabajo, VLBI o SD.

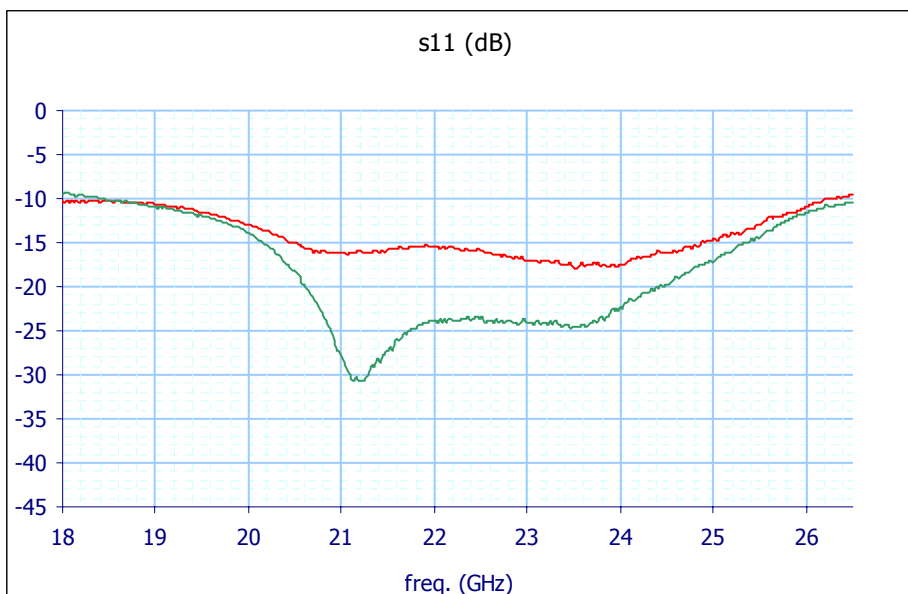


Figura 1. S_{11} VLBI, UB, 2°OL:1250x7, RCP en rojo y LCP en verde

Siendo la banda de entrada en RF, UB, de 23,35-24,45 GHz y la de LB de 21.75-22.85 GHz, se concluye que:

S_{11} (dB)	RCP	LCP
UB	-15	-20
LB	-15.4	-23.5

Tabla 2. S_{11} : resultados.

Comparando la adaptación de entrada de la FI completa [Figura 1] con la del submódulo RF [Figura 2], se ve que es prácticamente igual, como era de esperar.

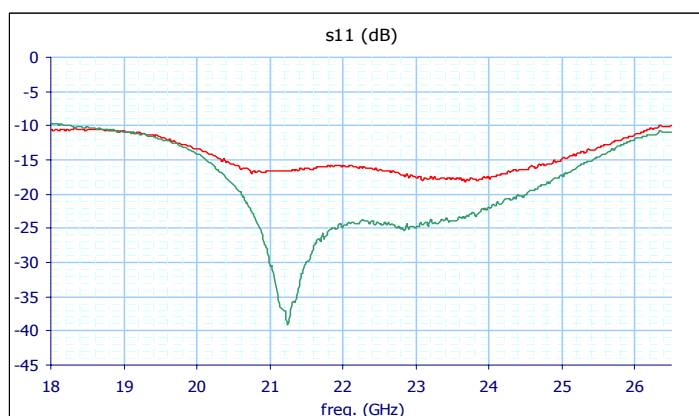


Figura 2. Modulo RF de la FI: S_{11} , VLBI, 2°OL:1250x7, RCP en rojo y LCP en verde

2.2 Medidas del parámetro s_{22} en RCP y LCP

Se realizó una calibración completa de un solo puerto en el rango de frecuencias de la salida. Los parámetros del VNA para la medida son:

Medida	s_{22}
Rango de Frecuencia	100 MHz – 1100MHz
Filtro IF	1 KHz
Número de puntos	401
Potencia source 1	-20 dBm
Potencia source 2	-20 dBm
Conector port1/port2	K(M)/K(M)
Calibración	TOSM
Average	NO
Smooth	NO

Tabla 3. Parámetros del VNA: Medida del S_{22} .

Se realizan medidas a distintas frecuencias de 1° (UB/LB) y 2° OL's que demuestran que la adaptación de la salida es independiente de ellos, por lo que se presentan las medidas realizadas en UB y con 1250x7 MHz para el 2°OL. Los resultados se presentan en dos gráficas, una con las medidas en modo VLBI, para las dos polarizaciones, y otra con las medidas realizadas en modo SD. Además se acompañan con las gráficas respectivas obtenidas al medir el S_{22} del submódulo FI del receptor para facilitar la comparación.

S_{22} (dB)	RCP	LCP
VLBI	-16.5	-19.5
SD	-10	-14

Tabla 4. S_{22} : resultados.

Las conclusiones que se pueden extraer son las siguientes:

- La adaptación es mejor en VLBI que en SD, en unos 6,5dB para RCP y en unos 5,5dB para LCP.
- En modo VLBI el S_{22} es mejor de -16,5dB para RCP y mejor de -19,5dB para LCP. La adaptación de salida es por tanto peor en RCP que en LCP.
- Frente a la adaptación de salida del submódulo de FI, el resultado es parecido salvo en el canal LCP, en la banda 900-1000MHz, en que se aprecia una considerable mejora de la adaptación de salida de la FI completa.
- En SD también sucede que la adaptación es peor en RCP que en LCP, siendo los valores más bajos de -10dB en RCP y de -14dB en LCP. Comparada con la medida realizada al submódulo de FI, vemos que el resultado es similar, en ambas polarizaciones, y ligeramente mejor en la FI completa del receptor.

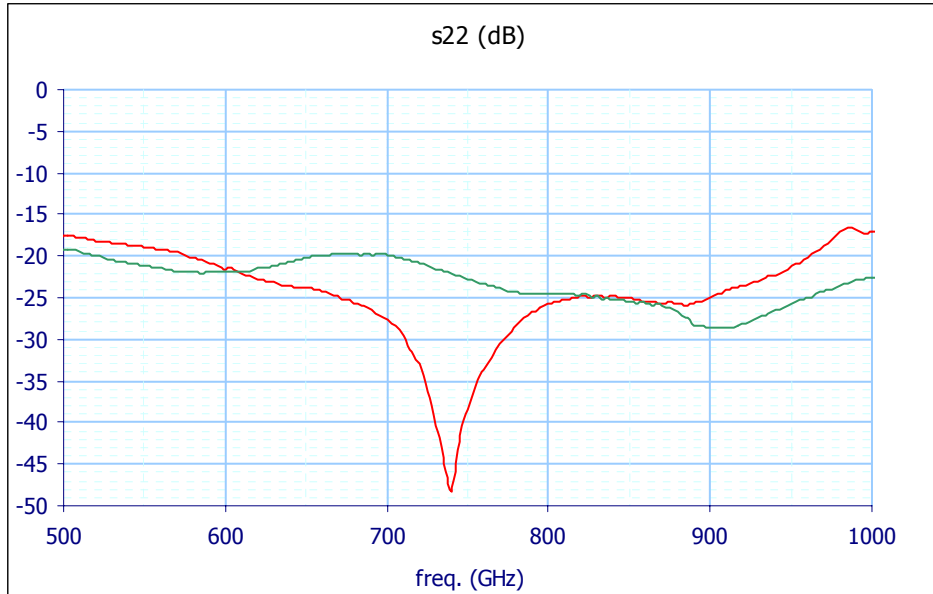


Figura 3.FI rx 22GHz: S_{22} , VLBI, UB, 2°ol:8.75GHz, RCP: rojo y LCP: verde

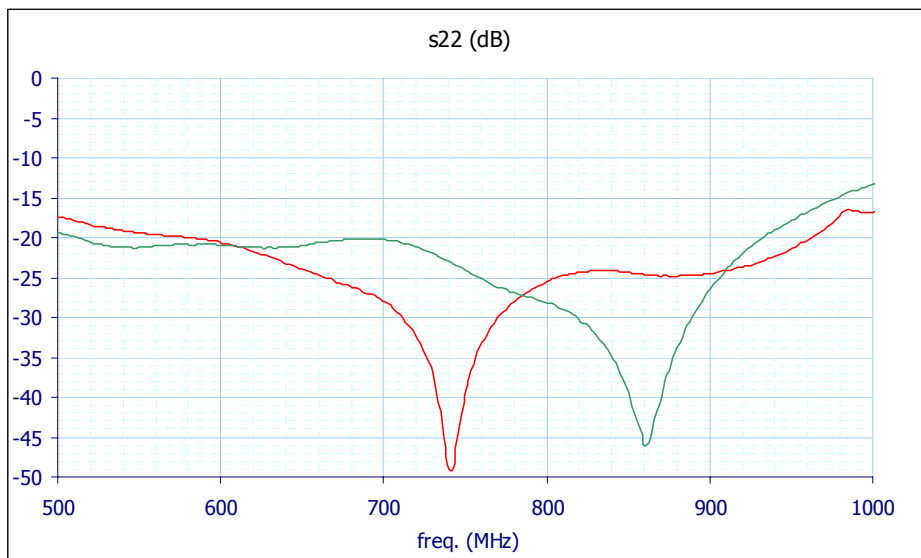


Figura 4. Submódulo FI: S_{22} , VLBI, RCP: rojo y LCP: verde

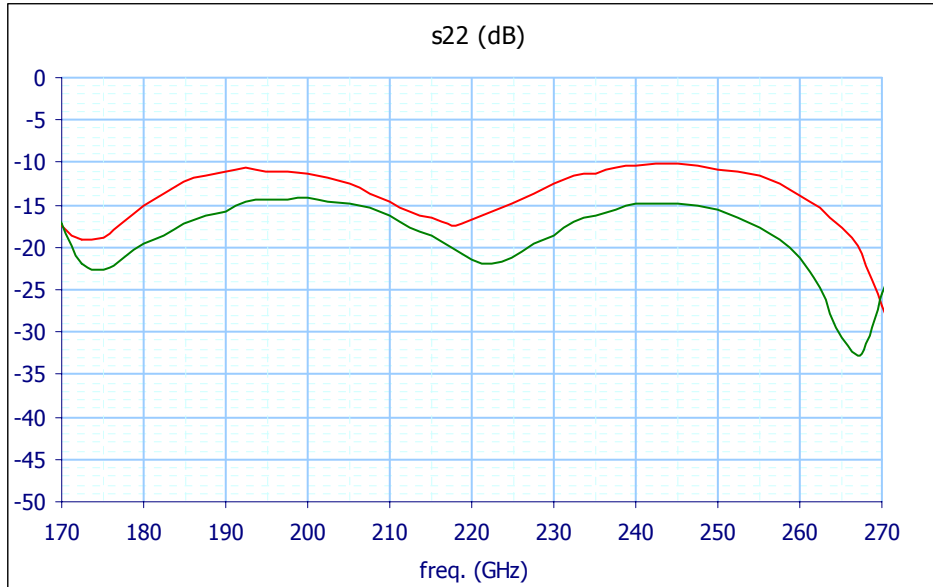


Figura 5. FI rx 22GHz: S_{22} , SD, UB, 2° ol:8.75GHz, RCP: rojo y LCP: verde

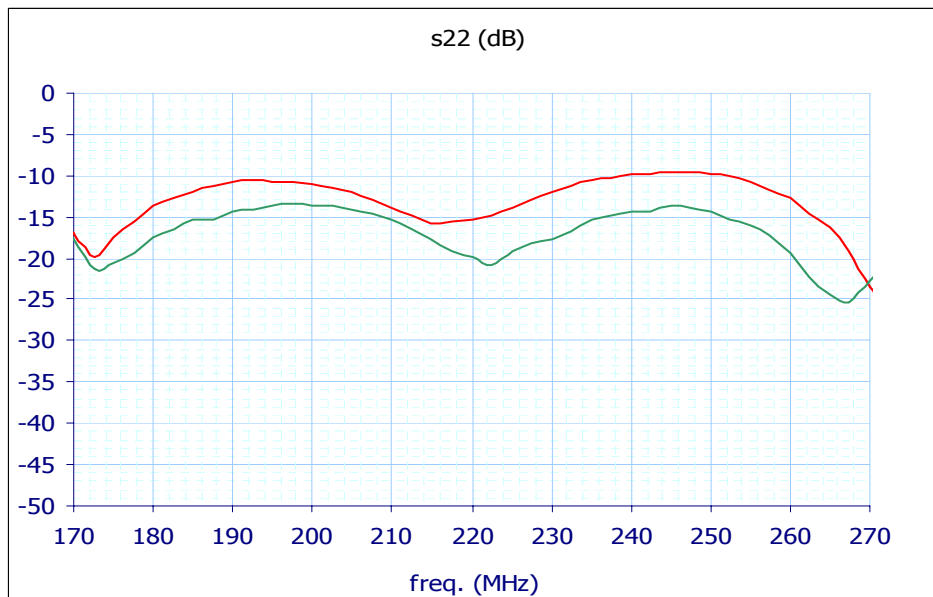


Figura 6. Submódulo FI: S_{22} ,SD, RCP: rojo y LCP: verde

2.3 Medidas de la ganancia de conversión.

Para estas medidas el VNA no se calibra y los parámetros con los que se realiza la medida son:

Medida	b2/Pa1
Frecuencia Base	IF 10 MHz – 1500MHz
Frecuencia Fija	VLBI LB: LO 21.27, 21.55, 22.83 GHz UB: LO 22.87, 23.15, 23.43 GHz SD LB: LO 23.42, 23.70, 23.98 GHz UB: LO 21.82, 22.10, 22.38 GHz
Filtro IF	10 KHz
Número de puntos	401
Potencia source 1	-20 dBm
Potencia source 2	-20 dBm
Atenuadores	a1=40dB, a2=70dB, b1=b2=0dB
Conector port1/port2	K(M)/K(M)
Calibración	NO
Average	NO
Smooth	NO

Tabla 5. Parámetros del VNA: Medida de la ganancia de conversión en modo VLBI del canal RCP.

Las medidas se realizan para las tres frecuencias 1210, 1250 y 1290 MHz (2°OL de 8470, 8750 y 9030 MHz, respectivamente) y para UB y LB.

El resultado de todas las medidas se muestra en la siguiente tabla:

	Promedio (dB)	Máximo (dB)	Mínimo (dB)	Rizado (dB)
RCP / VLBI				
UB	49.5	50.9	44	± 3.5
LB	50.9	52.1	45.9	± 3.1
RCP / SD				
UB	62.4	63.8	59.1	± 2.3
LB	63	64.6	60.8	± 1.9
LCP / VLBI				
UB	47.6	49.4	42.2	± 3.6
LB	49.2	51	43.7	± 3.6
LCP / SD				
UB	63	63.6	60.8	± 1.4
LB	64.5	65.2	62.3	± 1.4

Conclusiones:

- La ganancia en VLBI en el canal RCP es 1.8dB mayor que en el LCP.
- La ganancia en SD en el canal RCP es alrededor de 1dB mayor que en LCP.
- La ganancia en UB es menor que en LB, con unos 1.5dB de diferencia.
- En SD el rizado de la ganancia en la banda es menor (aunque hay que tener en cuenta que la anchura de la banda de SD es cinco veces menor que la de VLBI).

2.3.1 Medidas en el canal RCP, modo VLBI.

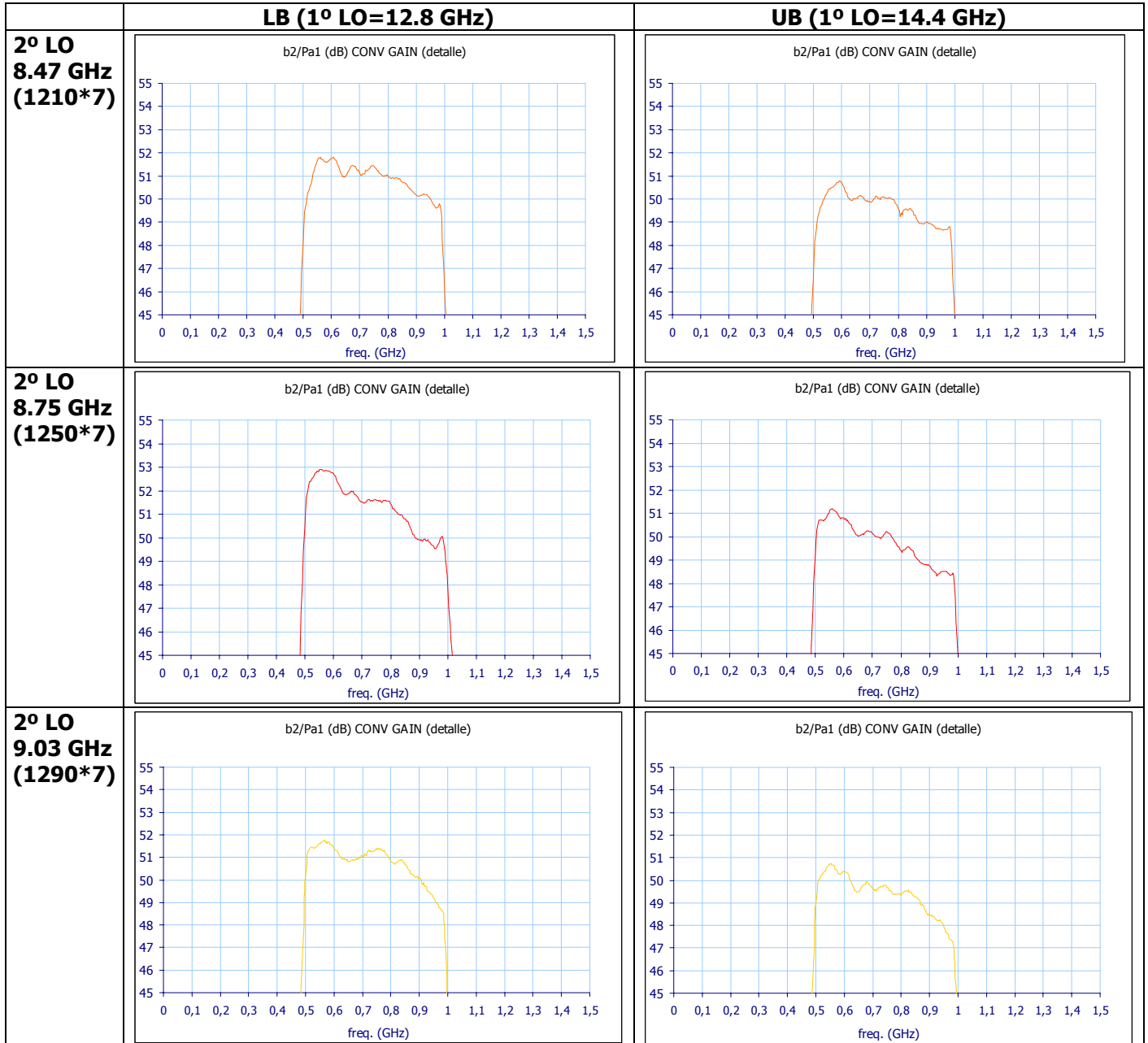


Figura 7. Medidas del canal RCP, en modo VLBI, de la FI del 22GHz.



2.3.2 Medidas en el canal RCP, modo SD.

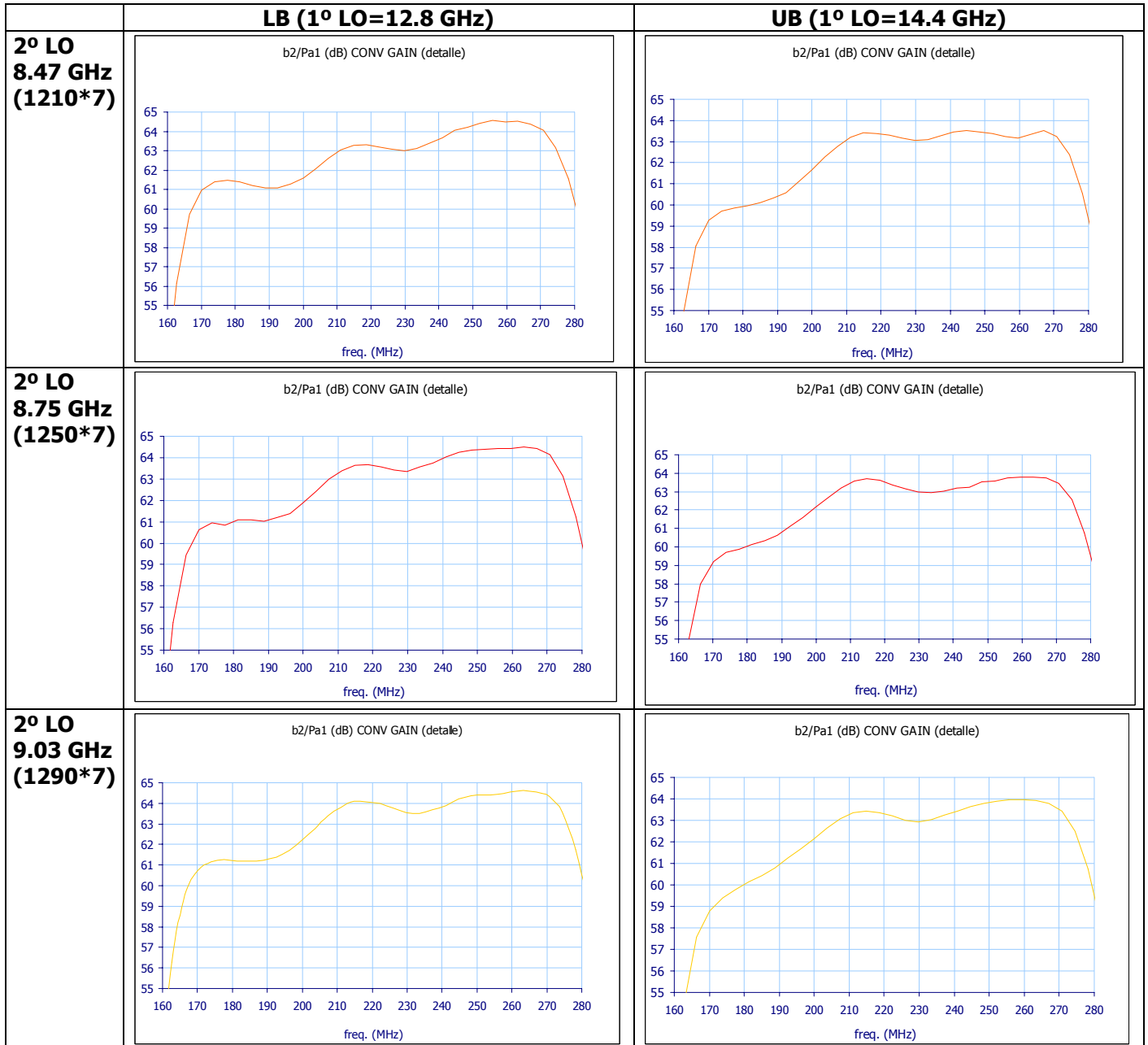


Figura 8. Medidas del canal RCP, modo SD, de la FI del 22GHz.



2.3.3 Medidas en el canal LCP, modo VLBI.

Hay que tener precaución con los resultados en la banda 900-1000MHz, ya que la ganancia cae 6dB en esta banda.

La ganancia en el canal LCP al variar la frecuencia del 2º OL es más estable, en forma y en valor, que en el canal RCP.

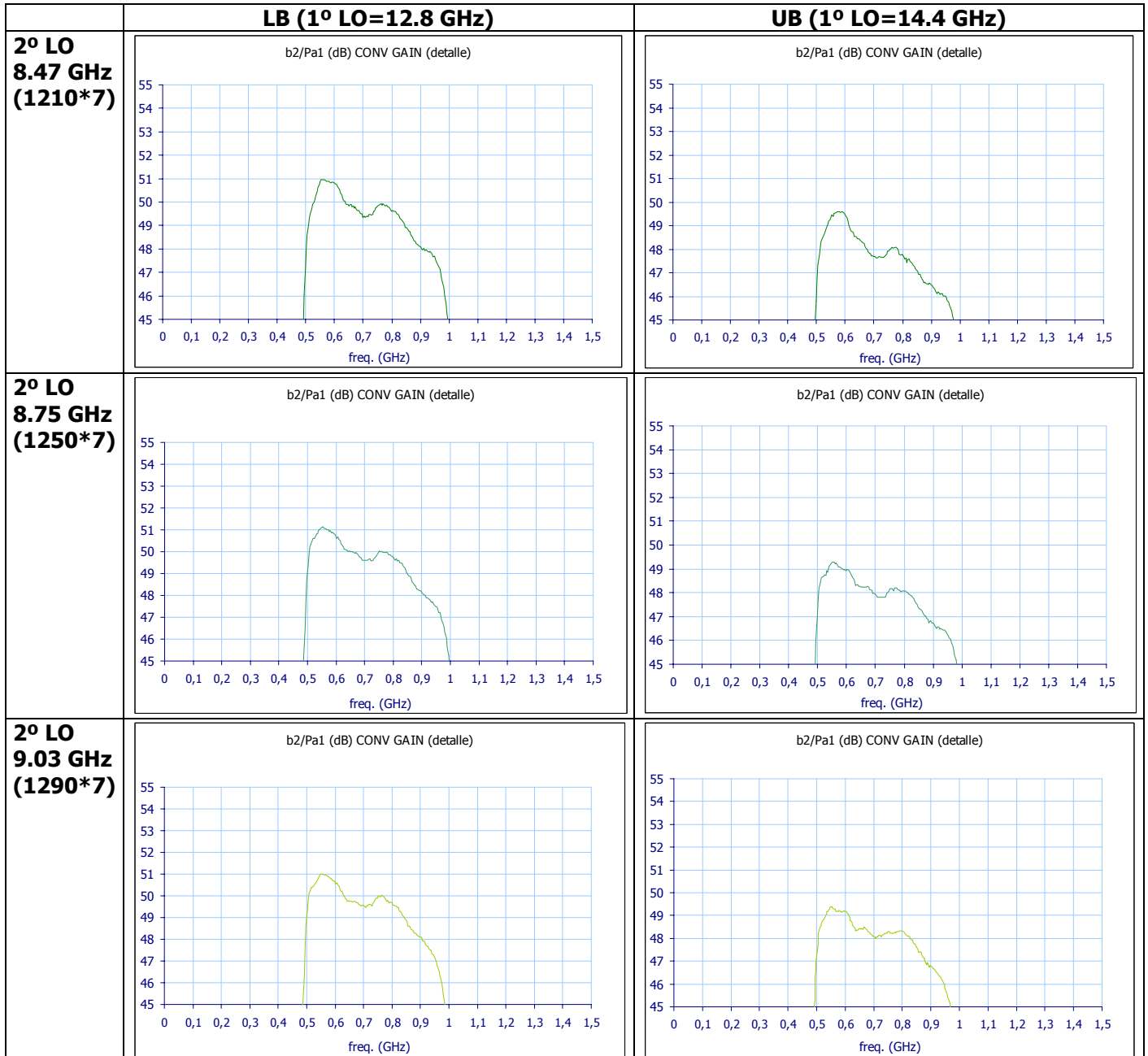


Figura 9. Medidas del canal LCP, modo VLBI, de la FI del 22GHz.



2.3.4 Medidas en el canal LCP, en modo SD.

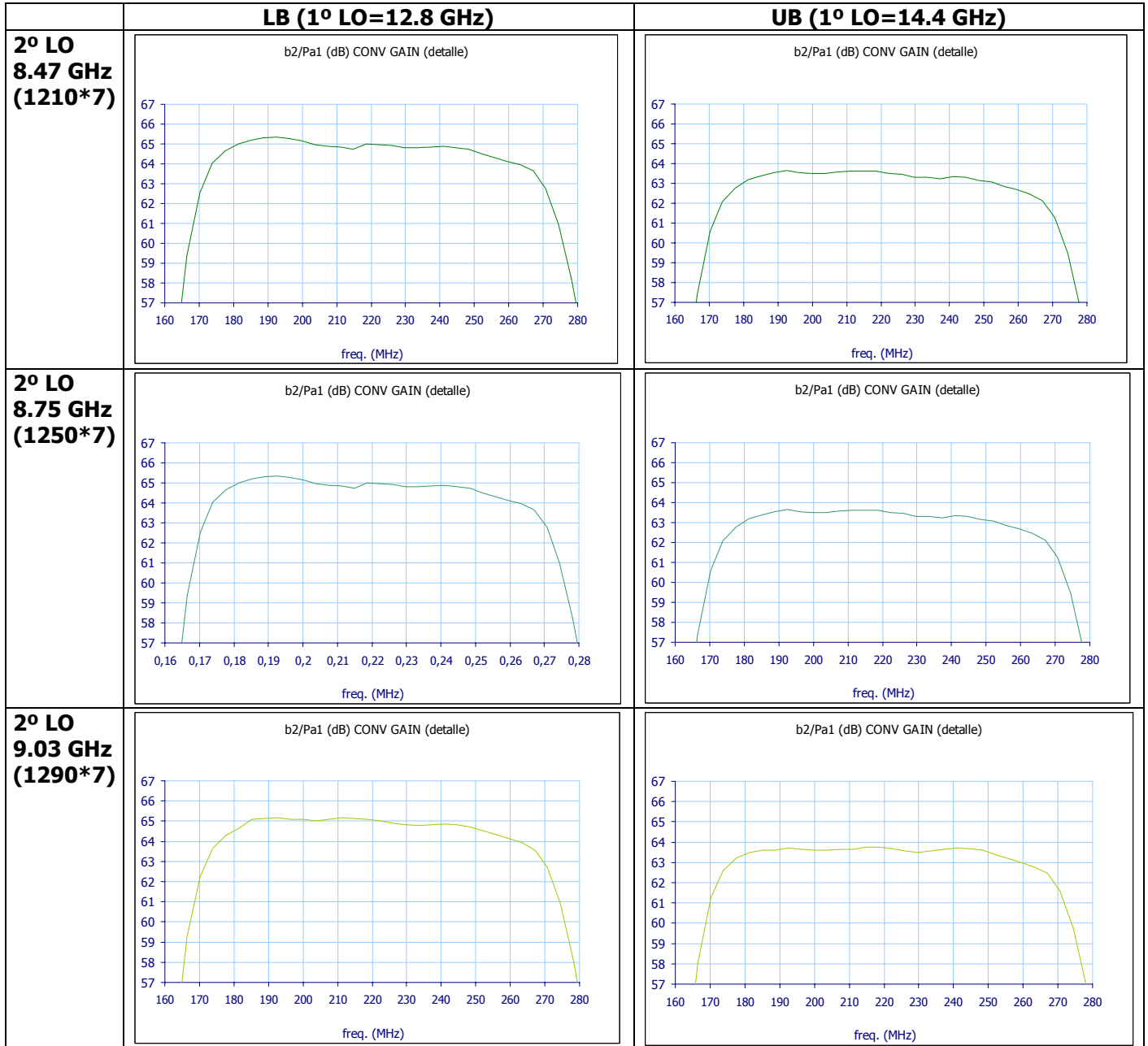


Figura 10. Medidas del canal LCP, modo SD, de la FI del 22GHz.

3 Medidas con el Analizador de Espectros de la FI.

Conectando el analizador de espectros Agilent 8565EC (30Hz-50GHz) a la salida de la FI, se mide la banda de paso de la FI del receptor de 22GHz, para las distintas configuraciones del mismo (para la frecuencia del 2°OL=8.75GHz en todas las medidas). A la entrada de la FI se introduce un tono centrado en la banda de RF a observar, con el generador de señal SMR40 de Rodhe&Schwarz (10MHz-40GHz), de potencia -88dBm (unos 15dB superior al ruido):

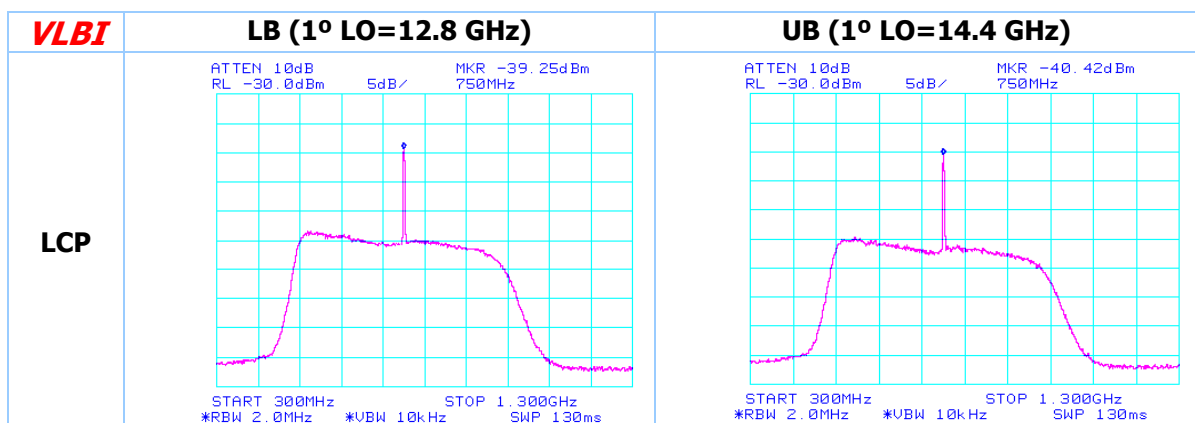
	UB	LB
VLBI: 750MHz	23.9 GHz	22.3 GHz
SD: 220MHz	23.92 GHz	22.32 GHz

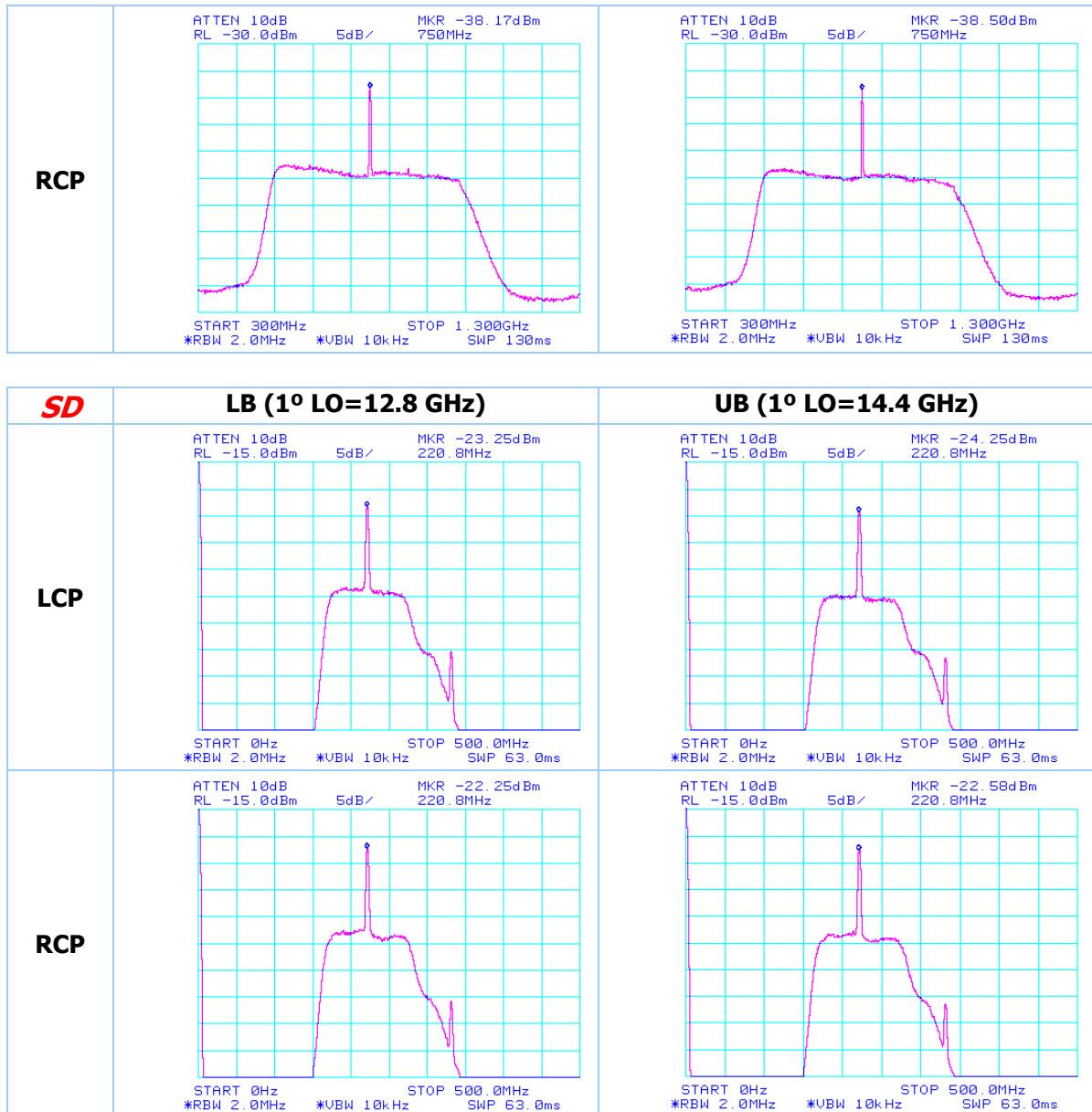
Calculando la potencia de ruido mediante la fórmula $P=kTBG$, con $k=1.38 \cdot 10^{-23}$, $T=300K$, $B=2MHz$ (ancho del filtro RBW del analizador de espectros):

VLBI	G = 49dB	P = -61.8 dBm
SD	G = 63dB	P = -47.8 dBm

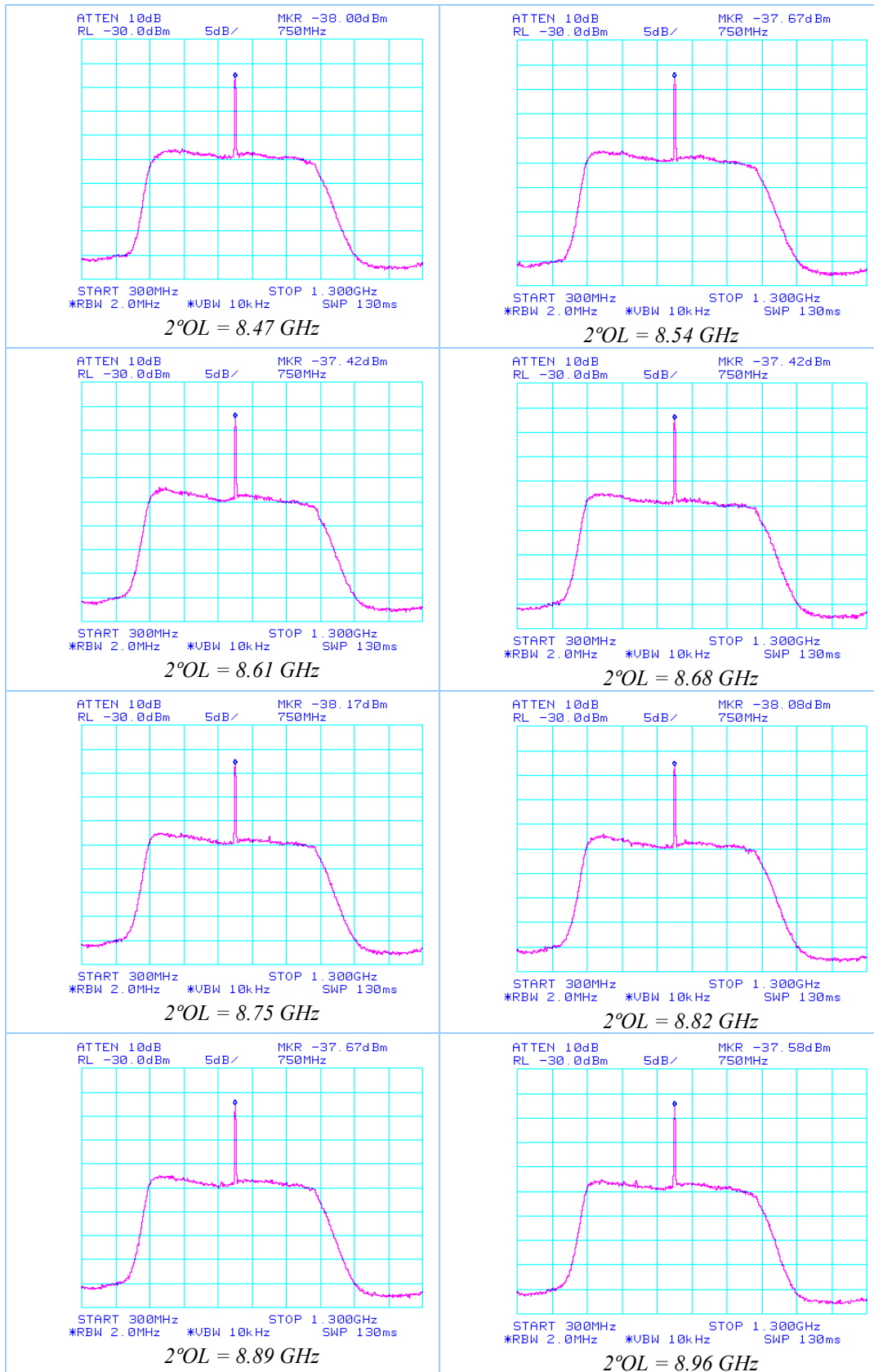
La amplitud del rango dinámico medido difiere ligeramente de este valor debido a que el generador de señal introduce ruido además del tono de RF.

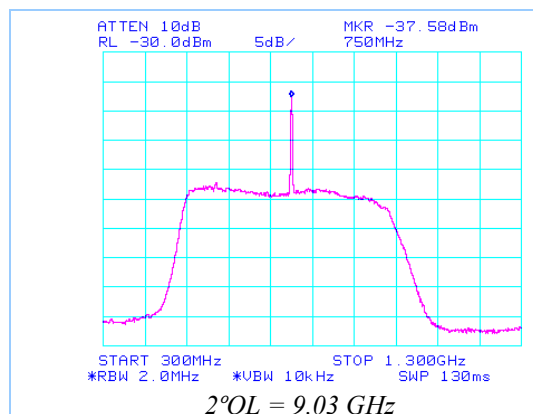
Tanto la forma de la banda como la relación entre la potencia obtenida en las distintas configuraciones está completamente relacionada con las ganancias de conversión respectivas, como se observa al compararlas con las medidas realizadas en el Apartado 2.3. En general, como allí se concluía y aquí se observa, la ganancia del canal RCP es mayor que la del LCP y la ganancia en LB es mayor que en UB.





La forma de la banda del receptor varía al cambiar la frecuencia del 2°OL, esto es, al variar el rango de frecuencias del cielo observables para cada configuración del receptor (RCP vs LCP, UB vs LB, VLBI vs SD). Se presentan a continuación las medidas realizadas en el canal RCP, Lower Band, modo VLBI, para distintos valores del 2° OL. Una medida más precisa (con mayor resolución en la amplitud (eje y)) se encuentra en Ref4.





Referencias

- Ref1. *Medida del módulo de RF del receptor de 22GHz.* F. Tercero, I. Malo, J.A.L.Fernández, C. Almendros, J.A. Abad. Informe Interno
- Ref2. *Medida de la etapa de frecuencia intermedia del Receptor de 22 GHz.* F.Tercero, I.Malo, J.A.L.Fernández, Informe Interno nº4. Diciembre 2004
- Ref3. *Medidas preliminares de ruido del 22GHz.* F.Tercero, J.A.L.Fernández. IT 2001-6.
- Ref4. *Medidas del receptor de 22GHz.* I.Malo, J.A.L.Fernández, M.Azuaga, J.Fernández. IT-OAN 2006-4 .Marzo 2006.