

**Diseño, montaje y medida de  
la unidad de FI  
del receptor de 3mm**

D. Cordobés, J.A. López Pérez,  
C. Almendros, J.A. Abad,  
J.M. Yagüe, S. Henche

Informe Técnico IT - OAN 2009 - 04

# CONTENIDO

<b>I. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>II. Diseño de la unidad de FI</b>	<b>4</b>
2.1.-Características técnicas de la unidad	5
<b>III. Montaje de la unidad de FI</b>	<b>6</b>
3.1.-Módulo H Input	6
3.2.-Módulo V Input	8
3.3.-Módulo IRAM H Input	9
3.4.-Módulo IRAM V Input	10
3.5.-Módulo IF Unit	11
3.5.1- Conexionado DC del módulo	13
<b>IV. Medidas de la unidad de FI</b>	<b>15</b>
4.1.-Módulo H Input	15
4.2.-Módulo V Input	16
4.3.-Módulo IF UNIT	17
4.3.1- Bloque de phase-cal	17
4.3.1.1-Medidas de ganancia	18
4.3.1.2-Medidas de pureza espectral	19
4.3.2- Bloque de FI	21
4.3.2.1-Medidas de ganancia	22
4.3.2.2-Medidas de pureza espectral	24
4.3.2.3-Medidas de productos de intermodulación	26

<b>4.4.-Unidad de FI completa</b>	<b>28</b>
<b>4.4.1-Canal H</b>	<b>29</b>
4.4.1.1-Medidas de ganancia	30
4.4.1.2-Medidas de pureza espectral	32
4.4.1.3-Medidas de productos de intermodulación	34
4.4.1.4-Medidas de phase-cal	38
<b>4.4.2-Canal V</b>	<b>40</b>
4.4.2.1-Medidas de ganancia	40
4.4.2.2-Medidas de pureza espectral	42
4.4.2.3-Medidas de productos de intermodulación	44
4.4.2.4-Medidas de phase-cal	49
<b>Apéndice A. Medidas de los componentes</b>	<b>51</b>
<b>A.1.-Filtros Lorch BP7</b>	<b>51</b>
A.1.1- Especificaciones	51
A.1.2-Medidas	51
<b>A.2.- Aislador Dítom D310223</b>	<b>56</b>
A.2.1- Especificaciones	56
A.2.2- Medidas	56
<b>A.3.- Aisladores Narda 4946</b>	<b>58</b>
A.3.1- Especificaciones	58
A.3.2- Medidas	59
<b>A.4.- Aisladores SMT SMS1020</b>	<b>60</b>
A.4.1- Especificaciones	60
A.4.2- Medidas	60
<b>A.5.- Acopladores Minicircuits ZFDC -20 -5+</b>	<b>65</b>
A.5.1- Especificaciones	65
A.5.2- Medidas	66

<b>A.6.- Acopladores Pulsar CS10-03-436/7</b>	<b>69</b>
A.6.1- Especificaciones	69
A.6.2- Medidas	69
<b>A.7.- Divisores Pulsar PS2-09-450/3S</b>	<b>72</b>
A.7.1- Especificaciones	72
A.7.2- Medidas	73
<b>A.8.- Conmutadores Narda SS123DHS-80</b>	<b>77</b>
A.8.1- Especificaciones	77
A.8.2- Medidas	78
<b>A.9.-Conmutador Narda SS122DHS</b>	<b>81</b>
A.9.1- Especificaciones	81
A.9.2- Medidas	82
<b>A.10.- Amplificador Miteq AFS1</b>	<b>84</b>
A.10.1- Especificaciones	84
A.10.2- Medidas	84
<b>A.11.-Mezclador Miteq DM0104LA1</b>	<b>86</b>
A.11.1- Especificaciones	86
A.11.2- Medidas	86
<b>A.12.- Oscilador Miteq BCO-10-2250-3-15P</b>	<b>94</b>
A.12.1- Especificaciones	94
A.12.2- Medidas	95

## I. Introducción

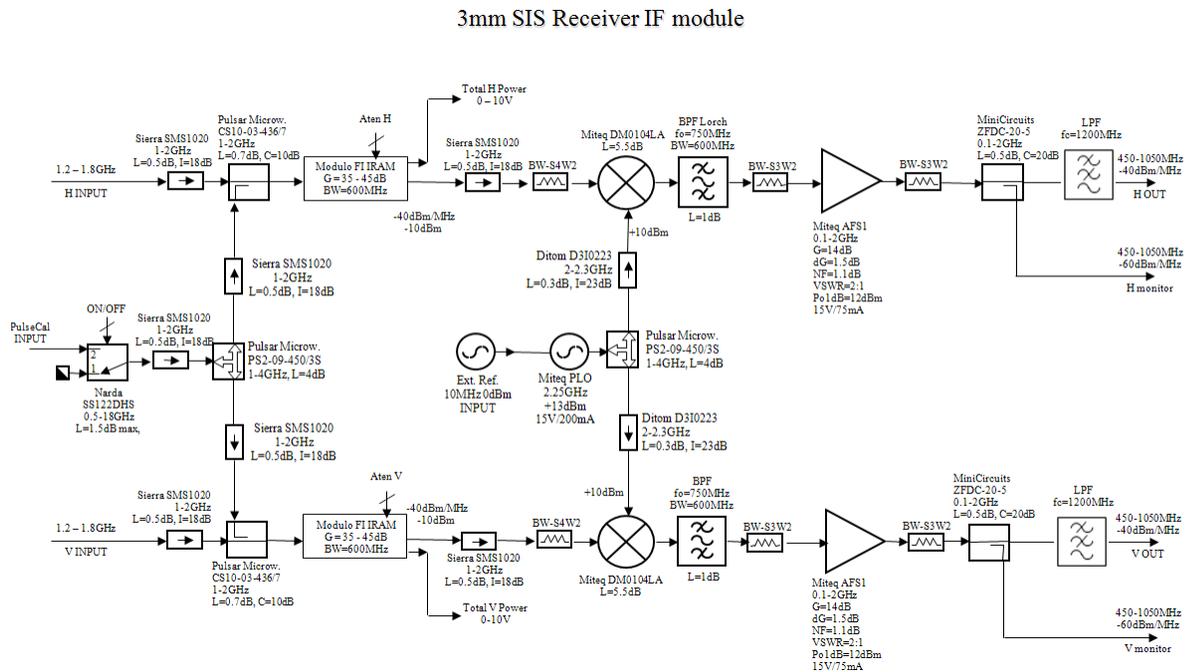
En este informe se documenta el diseño, montaje y medida de la unidad de FI (Figura 1) para el nuevo receptor de 3mm, que irá instalado en el radiotelescopio de 40 metros de diámetro del Centro Astronómico de Yebes.



**Figura 1.-** Unidad de FI del receptor de 3mm.

## II. Diseño de la unidad de FI

El diagrama de bloques de la unidad se muestra en la **Figura 2**. El esquema es el clásico de un sistema heterodino: la señal de RF de entrada se adecúa en nivel (por medio de un bloque de amplificación con ganancia variable), se baja de frecuencia en un mezclador ( $f_{FI} = f_{OL} - f_{RF}$ ), se filtra paso banda para eliminar armónicos indeseados, se amplifica y se presenta en la salida. Se dispone de dos canales de RF (H y V), que se corresponden con frecuencias de cielo de 100 y 230GHz, respectivamente. A estos canales se les puede añadir una señal de *phase-cal* para propósitos de calibración. El filtrado adicional en la salida se realiza para reducir aún más el nivel de los productos de intermodulación generados por el mezclador. Los atenuadores presentes en la entrada RF de los mezcladores mejoran su adaptación, lo que se traduce en un menor rizado de la señal de salida de la unidad.



**Figura 2.-** Diagrama de bloques de la unidad de FI del receptor de 3mm.

## 2.1) Características técnicas de la unidad

- **Ganancia media:**
  - 45dB (con módulo IRAM G=45dB).
  - 25dB (con módulo IRAM G=25dB).
  
- **Rizado pico-pico:** 5dB max.
  
- **Punto compresión 1dB:** -35dBm en la entrada.
  
- **Nivel de ruido en la salida medido con analizador de espectros:**
  - $\leq -80\text{dBc}$  @ 500KHz de la portadora (RBW = 10KHz).
  - $\leq -85\text{dBc}$  @ 50Hz de la portadora (RBW = 1Hz).
  
- **Adaptación en la entrada**  $S_{11} < -15\text{dB}$
- **Adaptación en la salida**  $S_{22} < -15\text{dB}$
  
- **Phase-cal:**
  - **Ganancia media:**
    - 31dB (con módulo IRAM G=45dB).
    - 11dB (con módulo IRAM G=25dB).
  
  - **Rizado pico-pico:** 4dB max.
  
  - **Punto compresión 1dB:** -15dBm en la entrada.
  
  - **Adaptación en la entrada**  $S_{11} < -15\text{dB}$
  - **Adaptación en la salida**  $S_{22} < -15\text{dB}$

### III. Montaje de la unidad de FI

El montaje final de la unidad se ha realizado sobre un rack Schroff de 19". Se han integrado cinco módulos independientes.

#### 3.1) Módulo *H Input*

Contiene dos aisladores y un divisor de potencia. Se corresponde con la parte de la unidad de FI señalada en rojo en la figura siguiente:

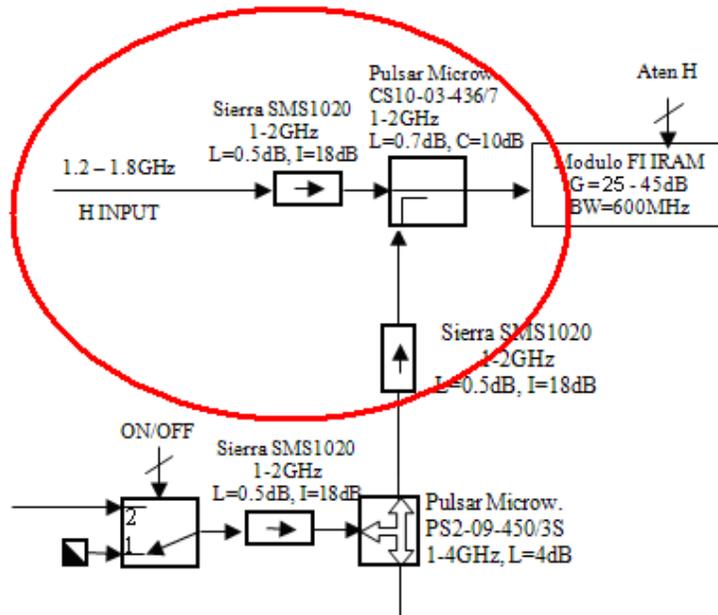
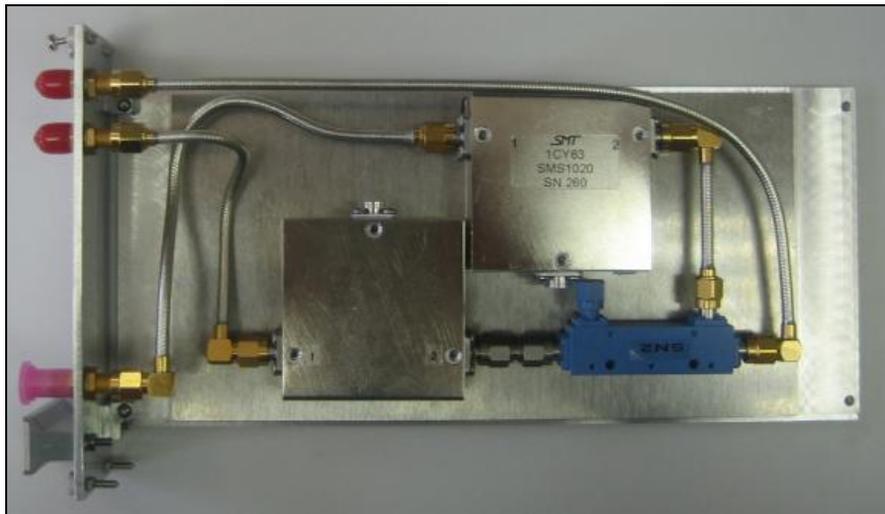


Figura 3.- Módulo *H Input*

En la **Figura 4** se muestra el módulo *H Input* finalmente montado.



**Figura 4a.-** Módulo *H Input*



**Figura 4b.-** Frontal del módulo *H Input*

### 3.2) Módulo *V Input*

Contiene dos aisladores y un divisor de potencia. Se corresponde con la parte de la unidad de FI señalada en rojo en la figura siguiente:

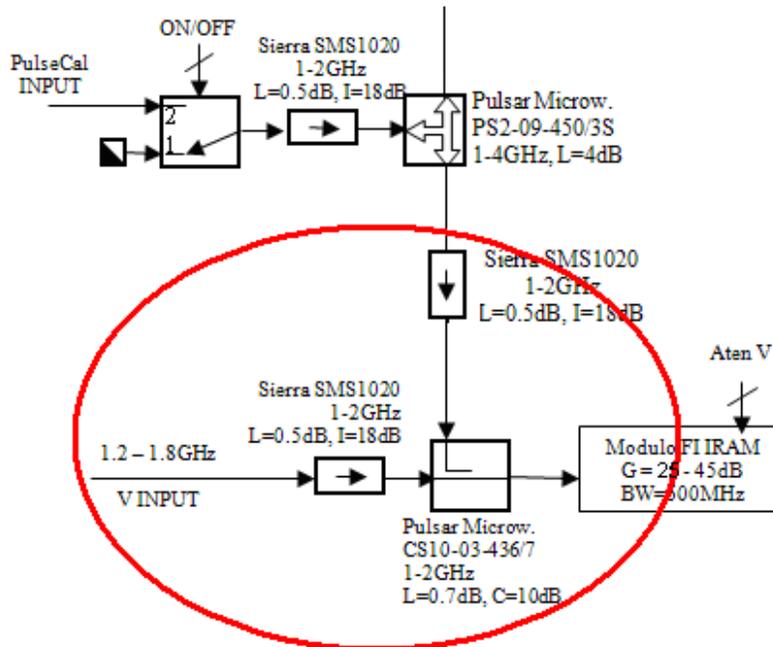


Figura 5.- Módulo *V Input*

El montaje es idéntico al mostrado en el punto anterior.

### 3.3) Módulo IRAM H INPUT

Este módulo es amplificador de ganancia variable construido por IRAM. El valor de la ganancia se controla gracias a un atenuador variable de 20dB que se encuentra al final del módulo (**Figura 6**), de tal forma que cuando el valor de atenuación es de 0dB, la ganancia del módulo es de 45dB, mientras que cuando es de 20dB, la ganancia se reduce a 25dB. El módulo dispone de una salida BNC en la que se puede leer la tensión DC proporcionada por un detector de continuo. Esta tensión es proporcional al nivel de potencia presente en la salida del módulo y ofrece valores entre 0V y 11.2V (saturación).

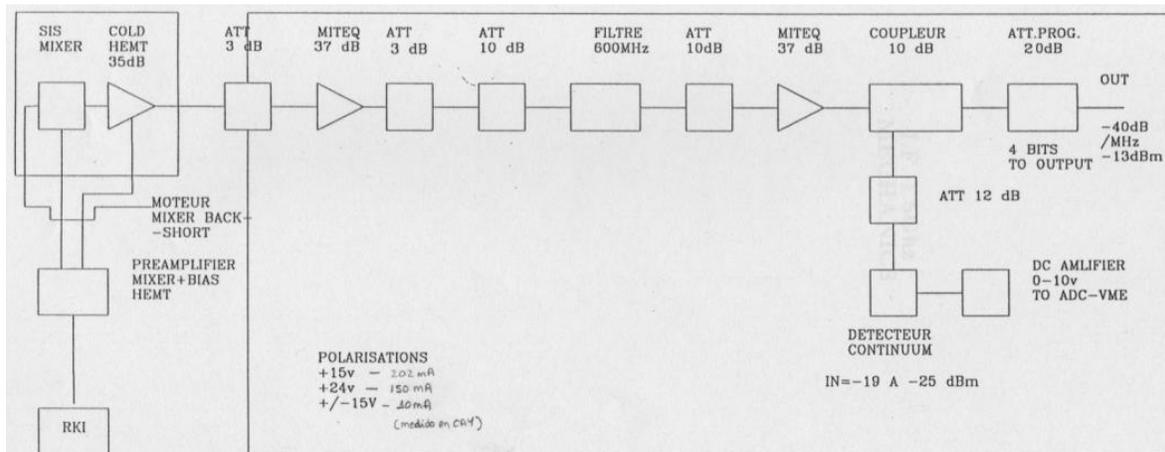
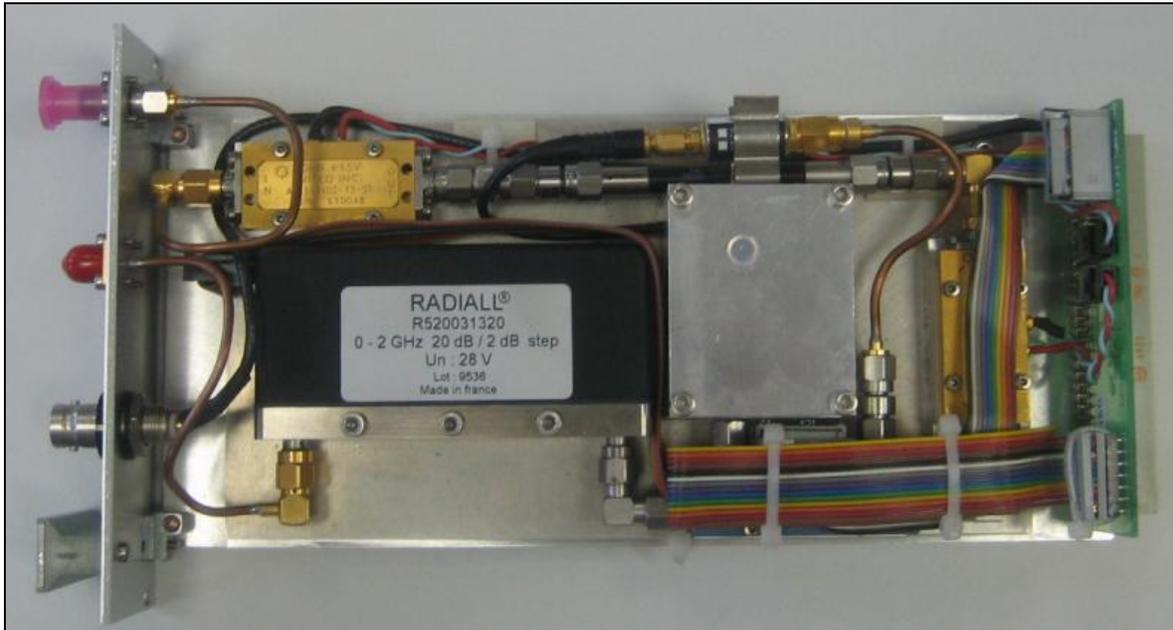


Figura 6.- Módulo IRAM H Input

El módulo se muestra en las figuras siguientes.



**Figura 7a.-** Módulo IRAM H Input



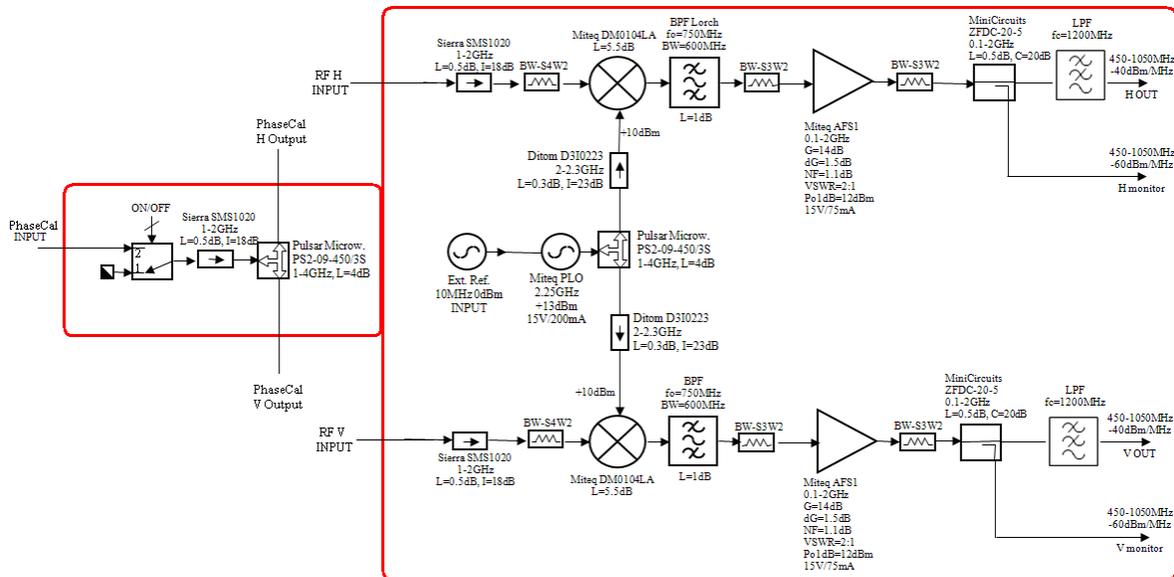
**Figura 7b.-** Frontal del módulo IRAM H Input

### 3.4) Módulo FI IRAM V INPUT

Este módulo es idéntico al presentado en el apartado anterior.

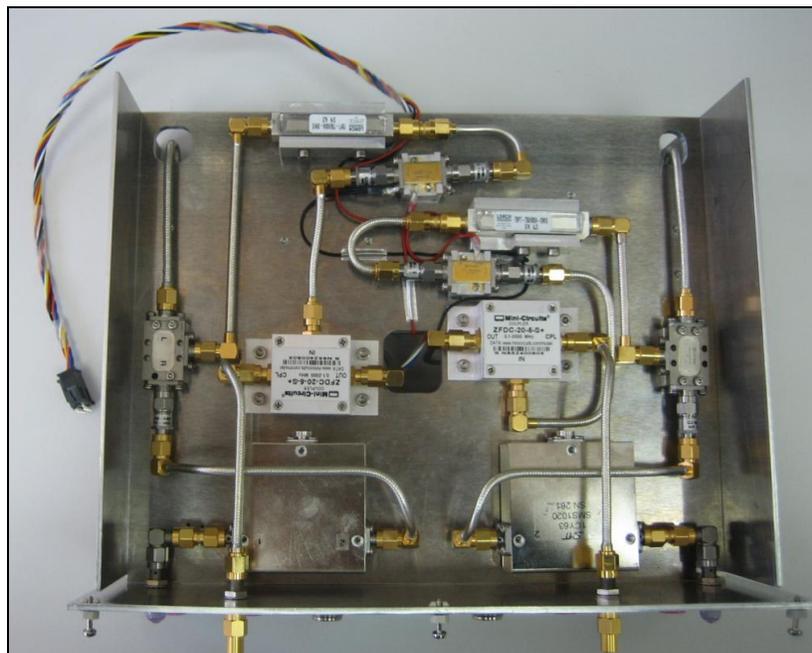
### 3.5) Módulo IF UNIT

Contiene la mayor parte de los componentes de la unidad de FI. Se corresponde con la parte de la unidad de FI señalada en rojo en la figura siguiente:

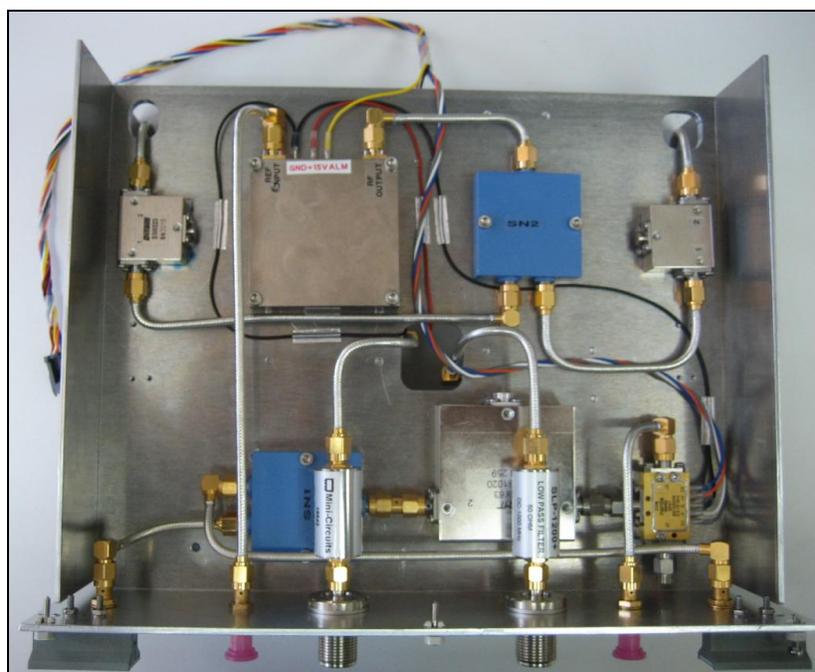


**Figura 8.-** Módulo IF Unit

En la **Figura 9** se muestra el aspecto del módulo montado.



**Figura 9a.-** Módulo *IF Unit* – Cara superior



**Figura 9b.-** Módulo *IF Unit* – Cara inferior

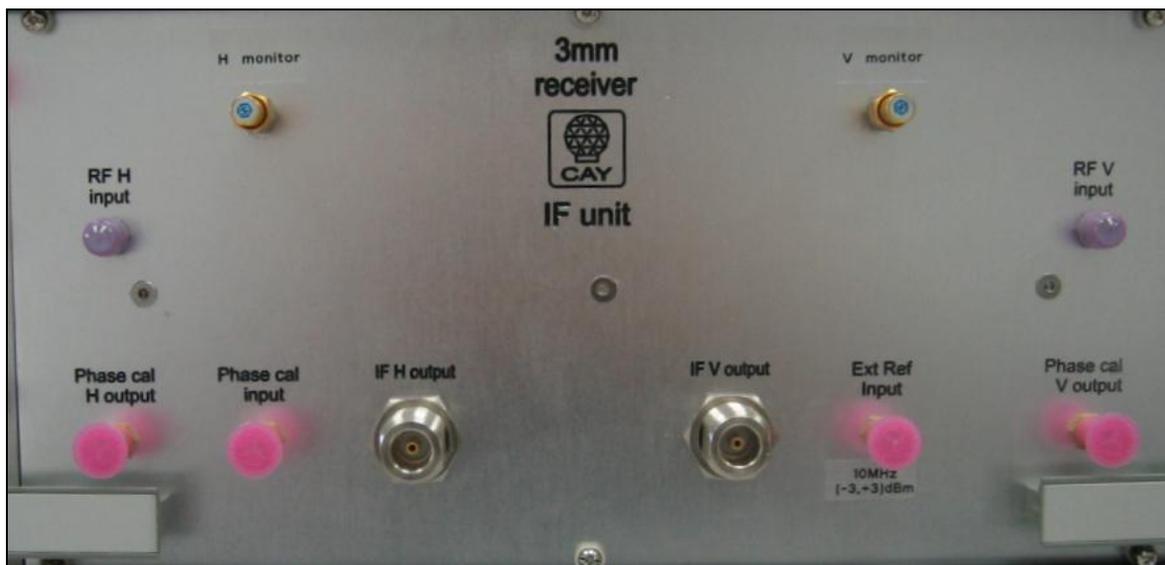


Figura 9c.- Módulo *IF Unit* – Frontal

### 3.5.1) Conexión DC del módulo

El módulo *IF Unit* dispone de un conector de 10 pines (**Figura 10**), que contiene las señales DC que permiten alimentar los componentes, controlar el estado del enganche del oscilador interno y comandar el conmutador de *Phase-cal*.

	<p><b>Pin 1 -&gt; GND (Cable negro)</b> <b>Pin 2 -&gt; Alarma enganche (Cable amarillo)</b> <b>Pin 3 -&gt; Conmutador en posición 1 (Cable gris)</b> <b>Pin 4 -&gt; Conmutador en posición 2 (Cable azul)</b> <b>Pin 5 -&gt; NC</b> <b>Pin 6 -&gt; +15V (Cable rojo)</b> <b>Pin 7-&gt; -12V (Cable blanco)</b> <b>Pin 8 -&gt; +5V (Cable naranja)</b> <b>Pin 9 -&gt; NC</b> <b>Pin 10 -&gt; NC</b></p>
---	--

Figura 10.- Conector de DC del módulo *IF Unit*

- **Consumos**

- Tensión +15V: Alimenta los amplificadores, los módulos IRAM y el sintetizador.  
Consumo: 560mA.
- Tensión +5V: Alimenta el conmutador de *phase-cal*. Consumo: 60mA.
- Tensión -12V: Alimenta el conmutador de *phase-cal*. Consumo: 50mA.
- Tensión -15V: Alimenta los módulos IRAM. Consumo: 20mA.
- Tensión +24V: Alimenta los módulos IRAM. Consumo: 30mA.

- **Control del phase-cal**

- Phase-cal ON: Pin 4 a GND, Pin 3 a +5V.
- Phase-cal OFF: Pin 4 a +5V, Pin 3 a GND.

- **Estado del enganche del sintetizador**

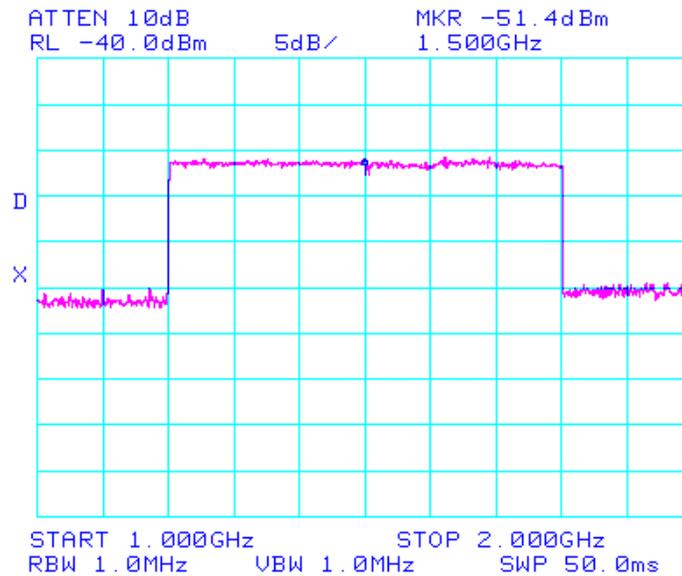
El sintetizador necesita una señal de 10MHz con una potencia de  $0 \pm 3\text{dBm}$ . Es de lógica negada.

- Enganchado: Tensión en el pin 2 de  $0.2 \pm 0.2\text{V}$
- No enganchado: Tensión en el pin 2 de  $4.5 \pm 0.2\text{V}$

## IV. Medida de la unidad de FI

### 4.1) Módulo *H Input*

Se ha introducido una señal de frecuencia 1.2 – 1.8GHz con una potencia de -50dBm. Los resultados se muestran a continuación.



**Figura 11a.-** Banda de salida de la rama directa del módulo.

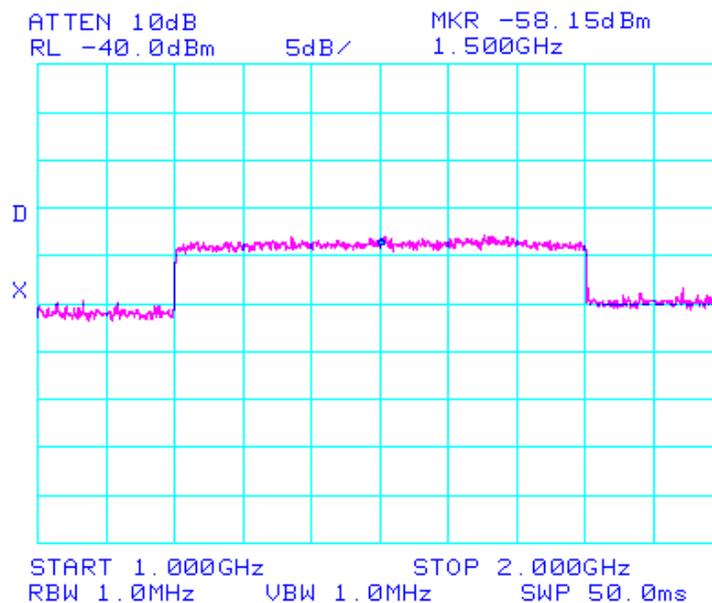


Figura 11b.- Banda de salida de la rama acoplada del módulo (phase-cal).

## 4.2) Módulo *V Input*

Se ha introducido una señal de frecuencia 1.2 – 1.8GHz con una potencia de -50dBm. Los resultados se muestran a continuación.

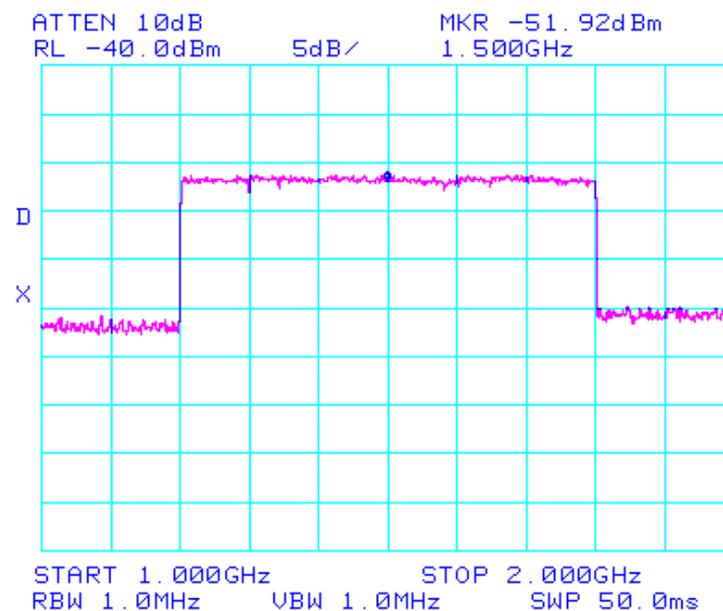
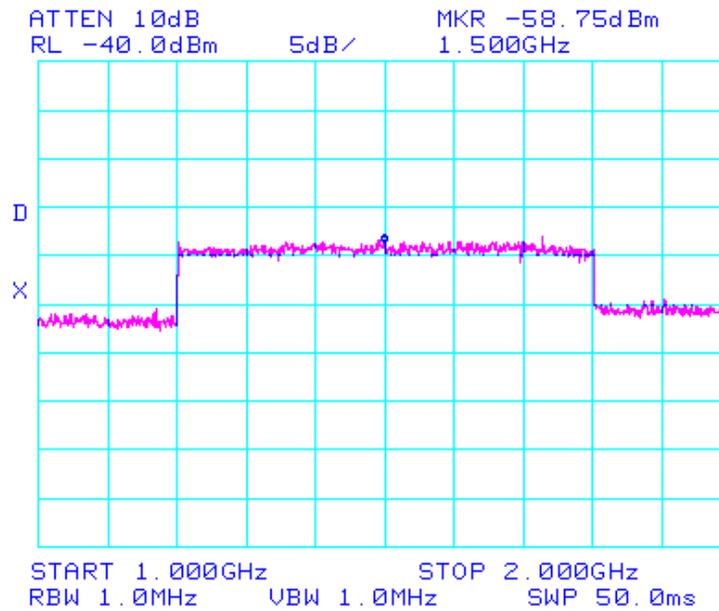


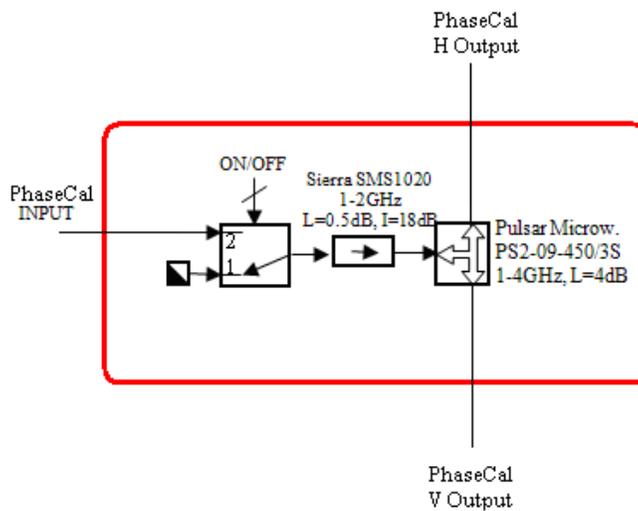
Figura 12a.- Banda de salida de la rama directa del módulo.



**Figura 12b.-** Banda de salida de la rama acoplada del módulo (phase-cal).

### 4.3) Unidad *IF UNIT*

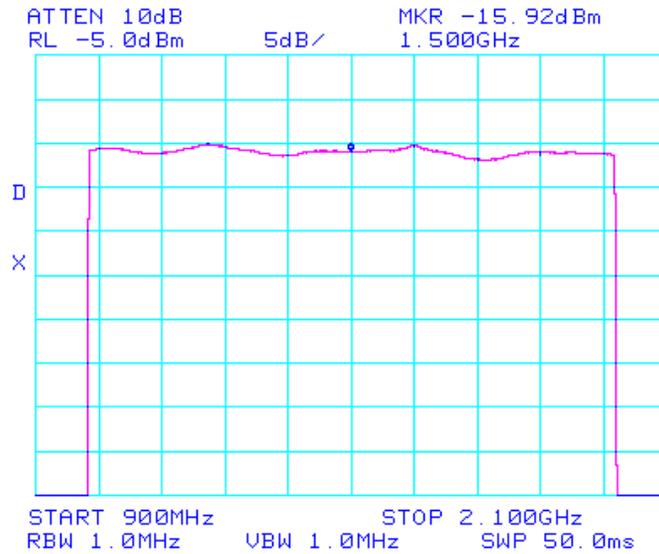
#### 4.3.1) Bloque de Phase-Cal



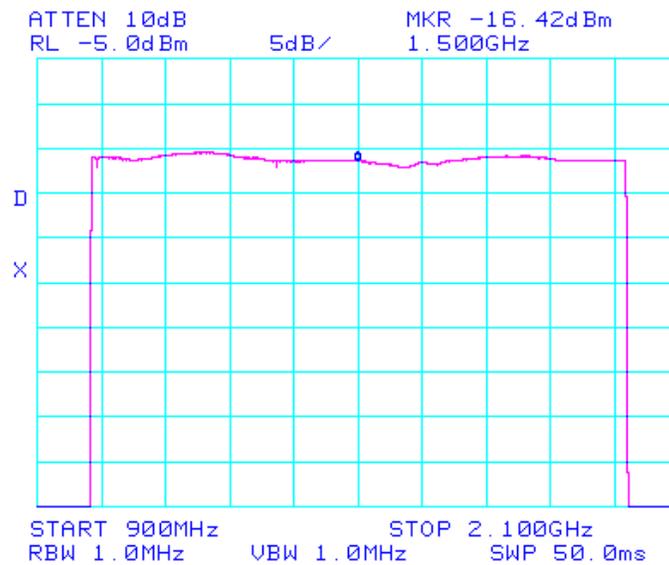
**Figura 13.-** Elementos de *phase-cal* de la unidad *IF UNIT*

#### 4.3.1.1) Medidas de ganancia

##### 1) Potencia de entrada: -10dBm. Barrido en frecuencia: 1 – 2GHz. Canal H

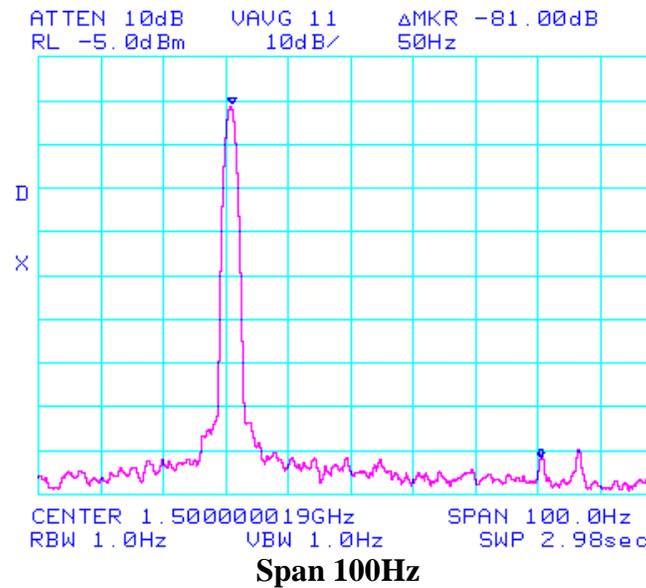
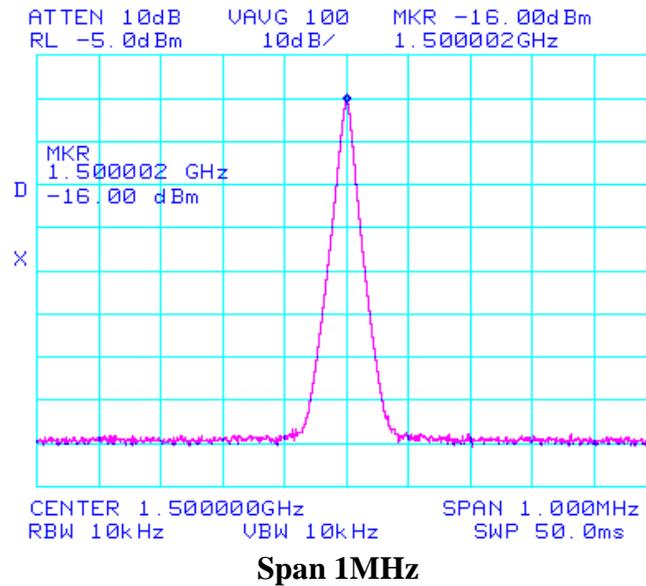


##### 2) Potencia de entrada: -10dBm. Barrido en frecuencia: 1 – 2GHz. Canal V

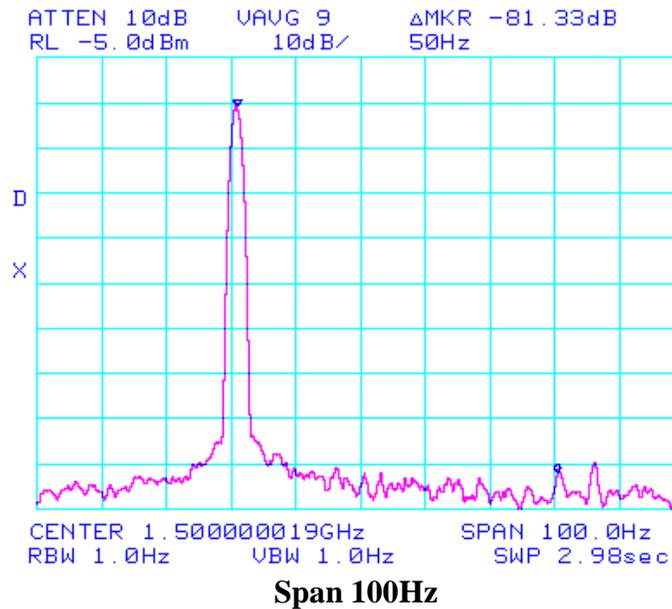
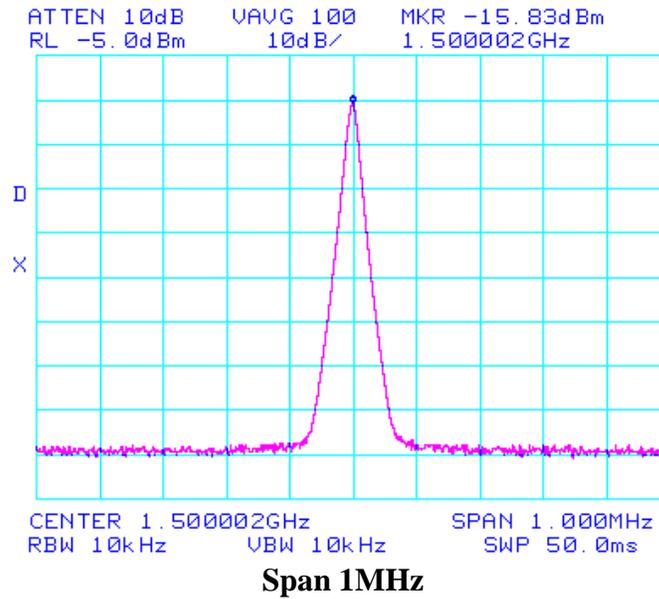


### 4.3.1.2) Medidas de pureza espectral

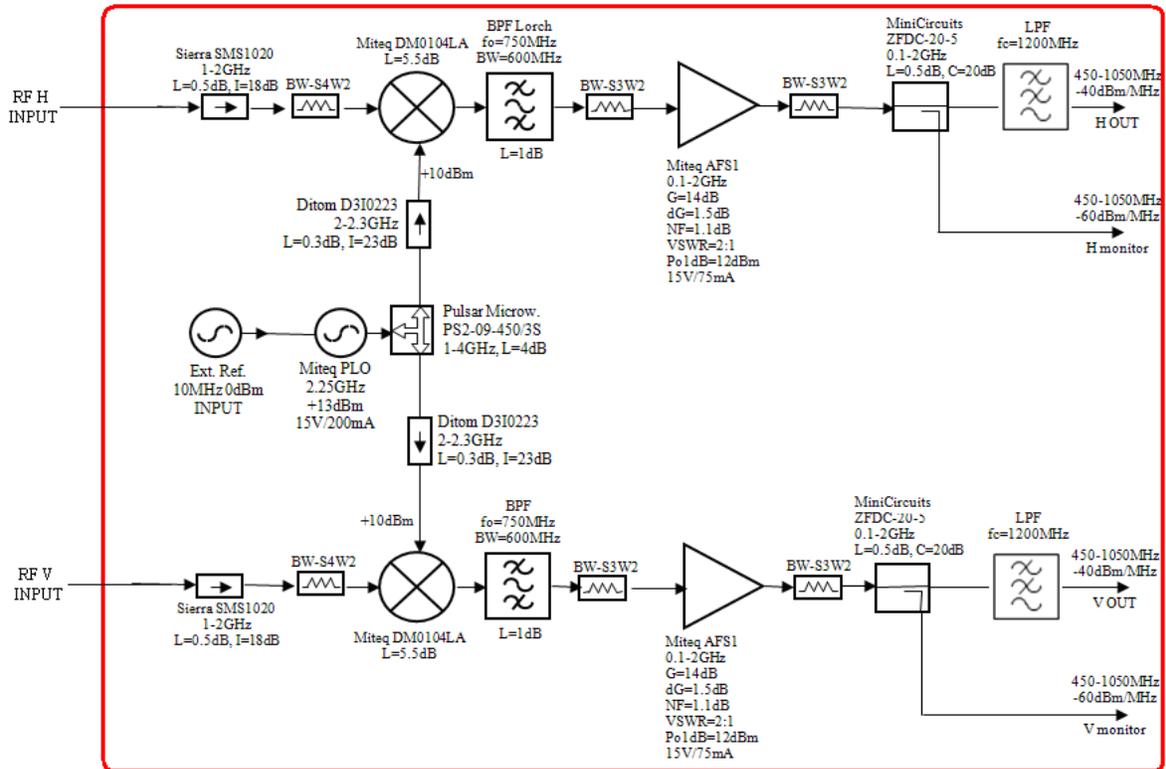
#### 3) Potencia de entrada: -10dBm. Frecuencia 1.5GHz. Canal H



4) Potencia de entrada: -10dBm. Frecuencia 1.5GHz. Canal V.



### 4.3.2) Bloque FI

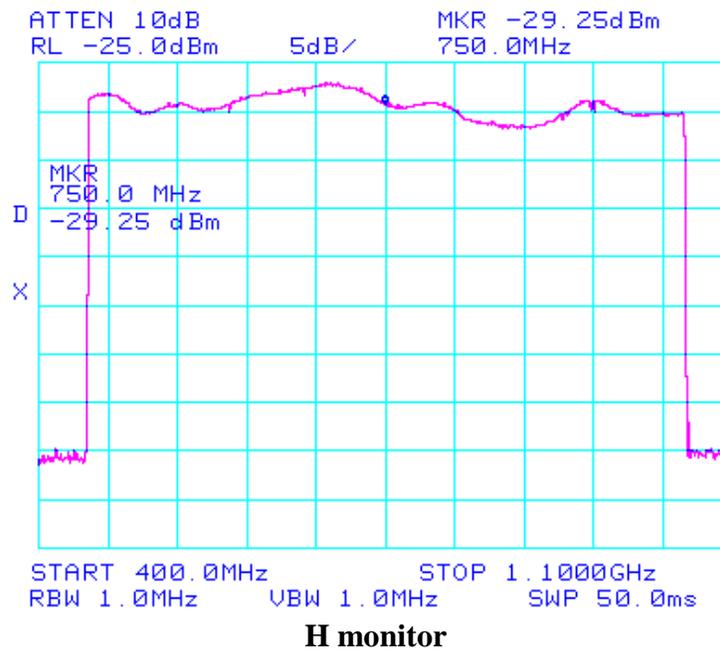
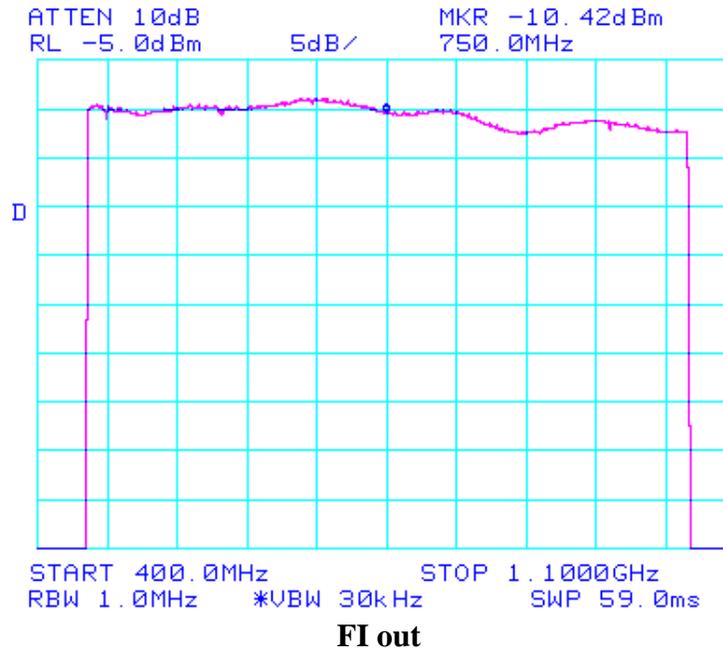


**Figura 14.-** Elementos del bloque FI de la unidad *IF UNIT*

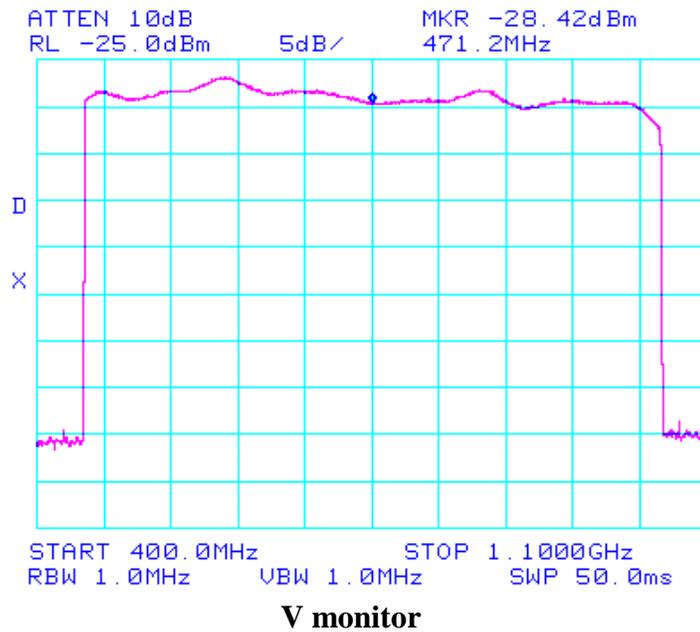
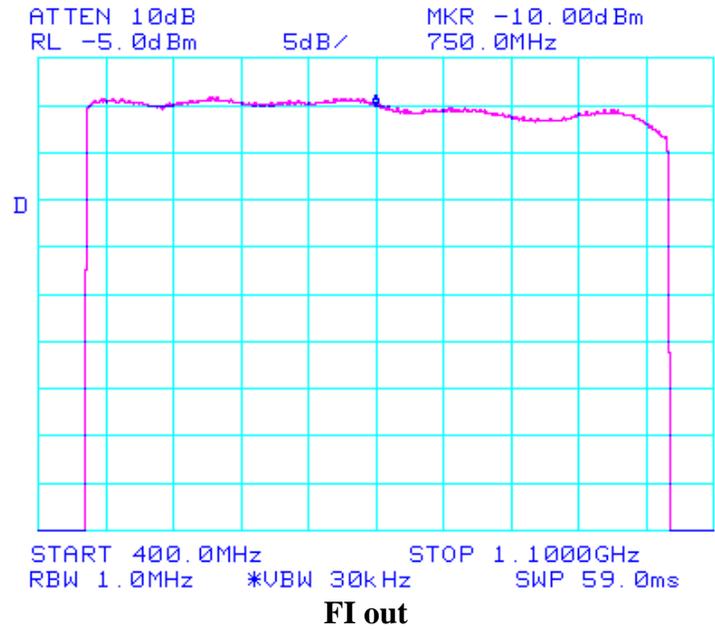
- **Características técnicas del módulo:**
- **Ganancia media:** 0dB
- **Rizado pico-pico:** 4dB max.
- **Punto compresión 1dB:** 10dBm en la entrada.
- **Adaptación en la entrada**  $S_{11} < -15dB$
- **Adaptación en la salida**  $S_{22} < -15dB$

### 4.3.2.1) Medidas de ganancia

- 1) **Potencia de entrada: -10dBm. Barrido en frecuencia: 1.2 – 1.8GHz. Canal H.**

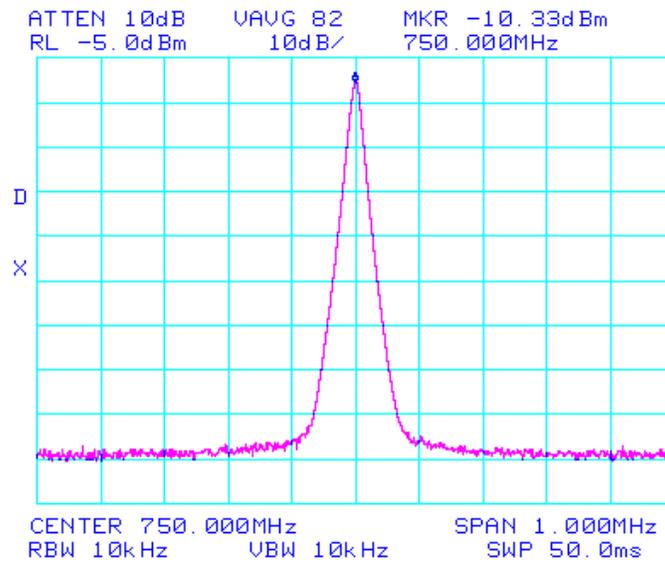


2) Potencia de entrada: -10dBm. Barrido en frecuencia: 1.2 – 1.8GHz.  
Canal V.

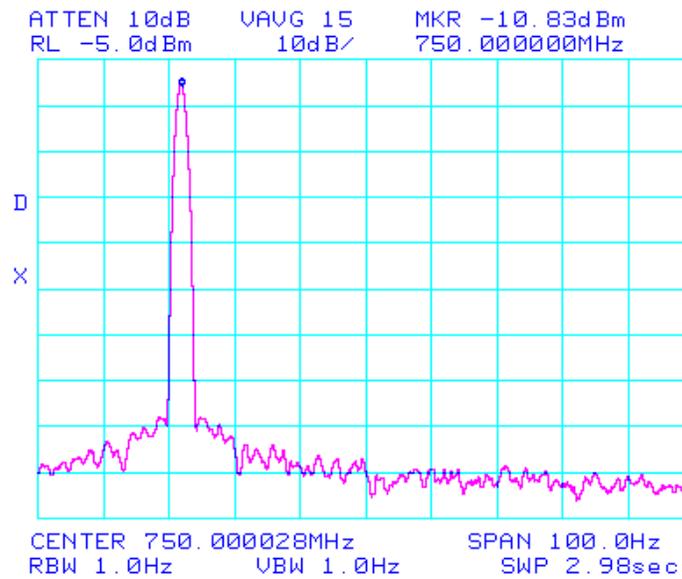


### 4.3.2.2) Medidas de pureza espectral

#### 3) Potencia de entrada: -10dBm. Frecuencia: 1.5GHz. Canal H.

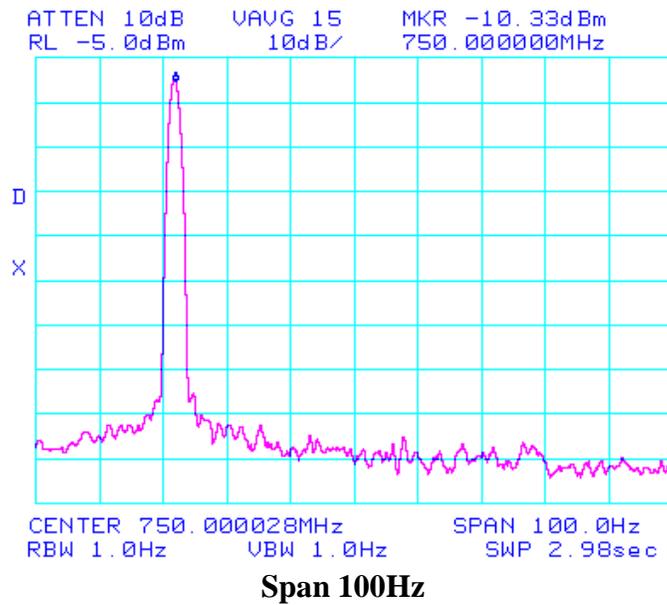
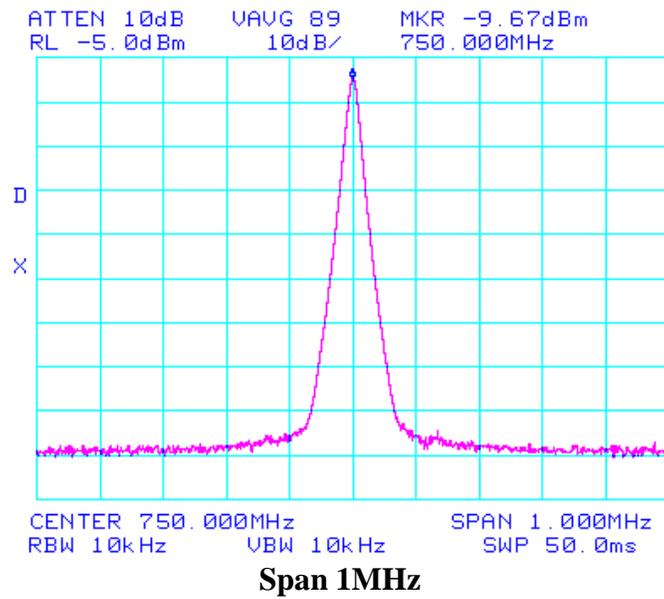


**Span 1MHz**



**Span 100Hz**

4) Potencia de entrada: -10dBm. Frecuencia: 1.5GHz. Canal V.



### 4.3.2.3) Medidas de productos de intermodulación

Los mezcladores generan productos de intermodulación. El más importante es el resultante de  $2RF-OL$ , que tiene un nivel máximo de  $-43\text{dBc}$  y cae en la banda de salida del receptor.

Se han hecho medidas para determinar la potencia de este producto y los resultados se muestran a continuación:

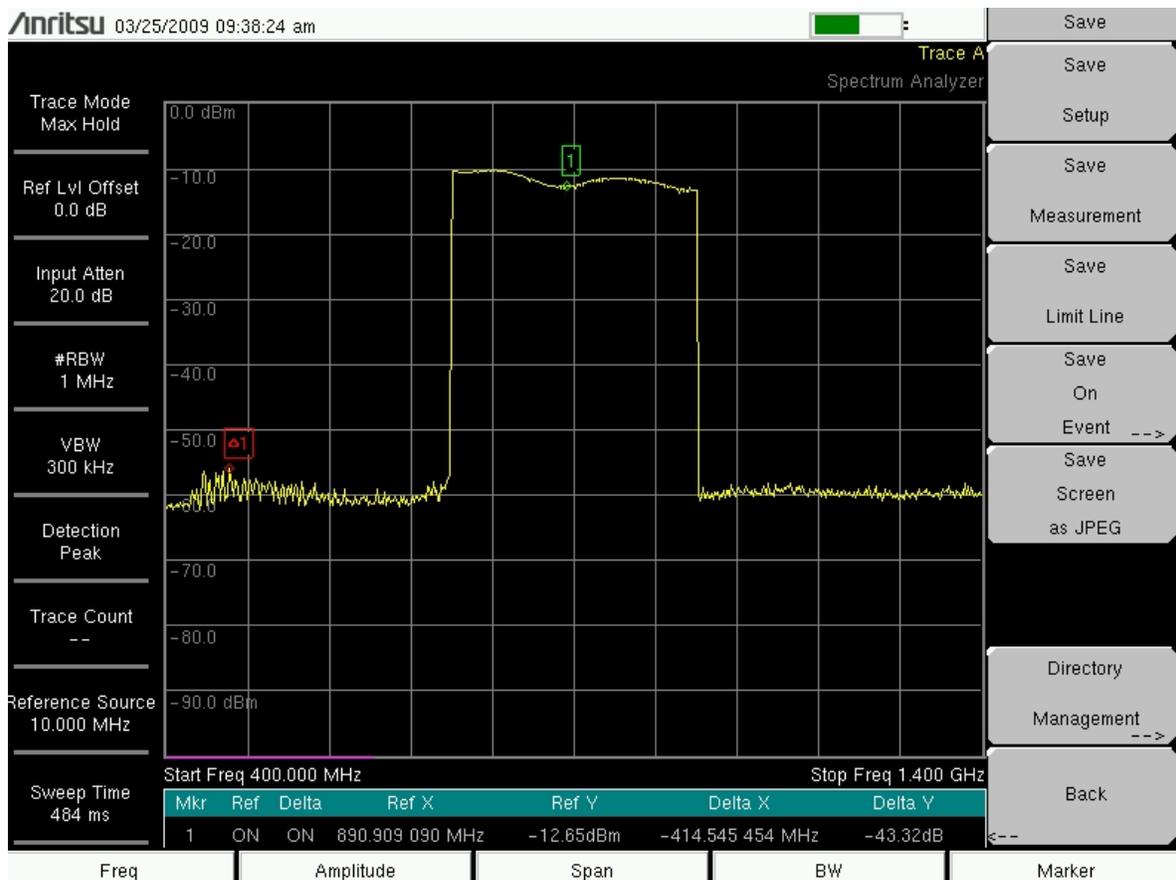
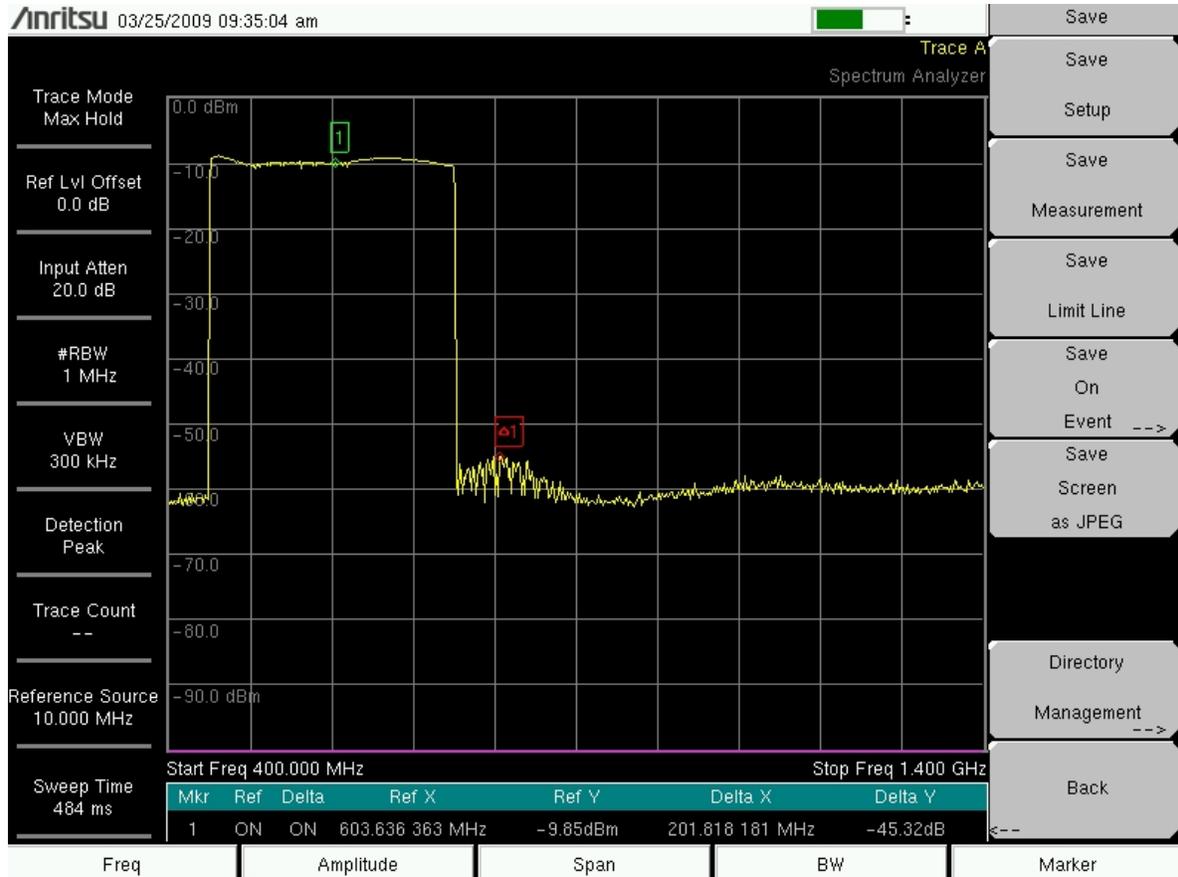


Figura 15.- Productos de intermodulación para una RF de  $-10\text{dBm}$  @  $1.2 - 1.5\text{GHz}$



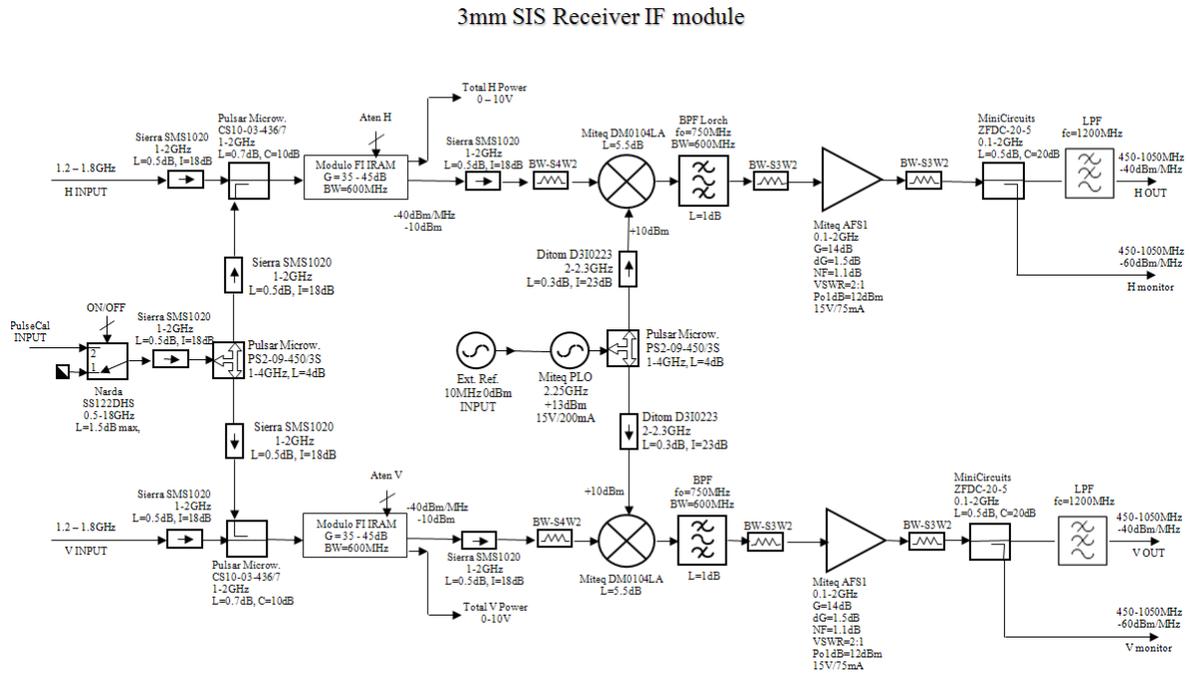
**Figura 16.-** Productos de intermodulación para una RF de -10dBm @ 1.5 – 1.8GHz

Como se puede ver, el nivel máximo de potencia del producto de intermodulación es de -43dB respecto al de la portadora.

Otro producto de intermodulación que se genera es el 2OL-2RF, pero su nivel ya queda por debajo de los -60dBc en todos los casos.

## 4.4) Unidad de FI completa

En este apartado se presentan las medidas realizadas a la unidad de FI completa.



- **Características técnicas de la unidad:**

- **Ganancia media:**

- 45dB (con módulo IRAM G=45dB).
- 25dB (con módulo IRAM G=25dB).

- **Rizado pico-pico:** 5dB max.

- **Punto compresión 1dB:** -35dBm en la entrada.

- **Nivel de ruido en la salida medido con analizador de espectros:**

- $\leq -80\text{dBc}$  @ 500KHz de la portadora (RBW = 10KHz).
- $\leq -85\text{dBc}$  @ 50Hz de la portadora (RBW = 1Hz).

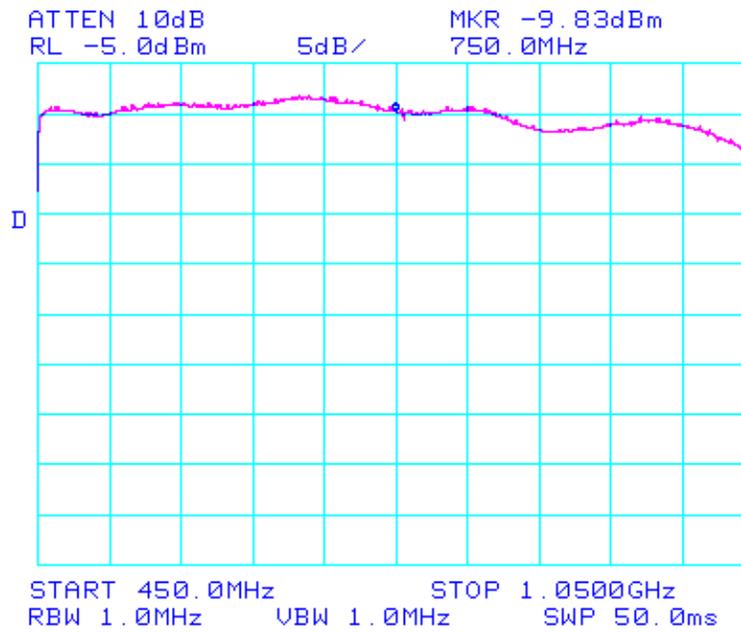
- **Adaptación en la entrada**  $S_{11} < -15dB$
- **Adaptación en la salida**  $S_{22} < -15dB$
  
- **Phase cal:**
  - **Ganancia media:** 31dB con módulo IRAM  $G=45dB$  / 11dB con módulo de IRAM  $G=25dB$ .
  - **Rizado pico-pico:** 4dB max.
  - **Punto compresión 1dB:** -15dBm en la entrada.
  - **Adaptación en la entrada**  $S_{11} < -15dB$
  - **Adaptación en la salida**  $S_{22} < -15dB$

#### 4.4.1) Canal H

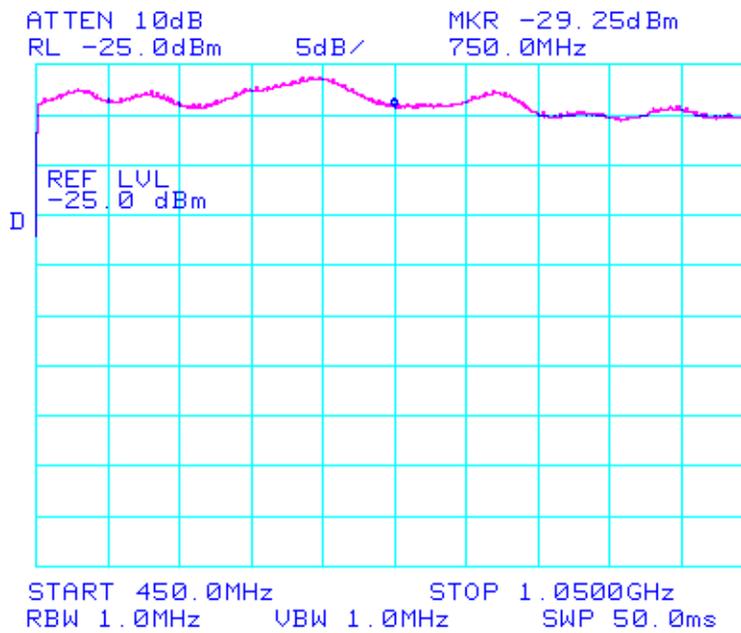
Para cada tipo de medida, se han realizado dos tandas de medida, una con el módulo IRAM proporcionando una ganancia de 45dB y otra con 25dB. El nivel de potencia en la entrada de RF se ha seleccionado para obtener una potencia en la salida de la unidad en torno a -10dBm.

#### 4.4.1.1) Medidas de ganancia

- 1) **Potencia de entrada: -35dBm. Barrido en frecuencia: 1.2 - 1.8GHz.  
Ganancia módulo IRAM: 25dB**

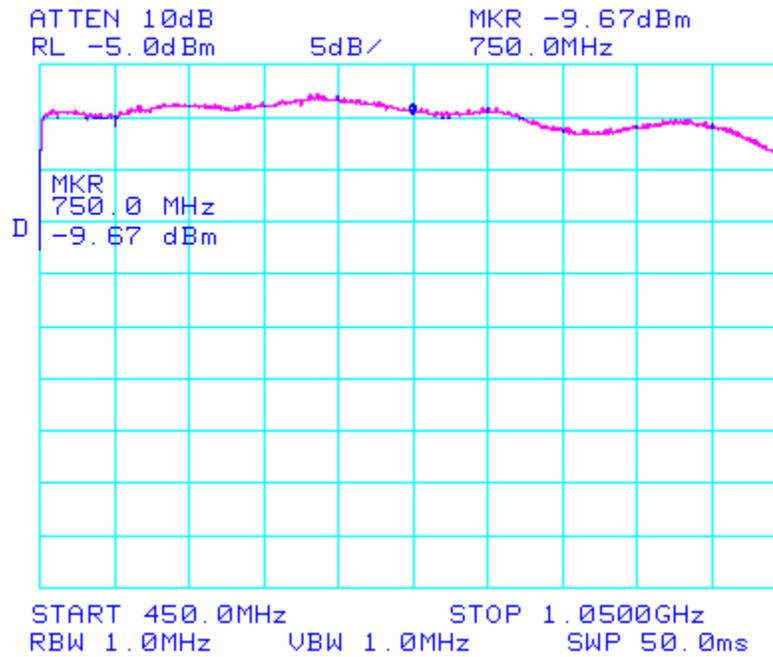


**FI H out**

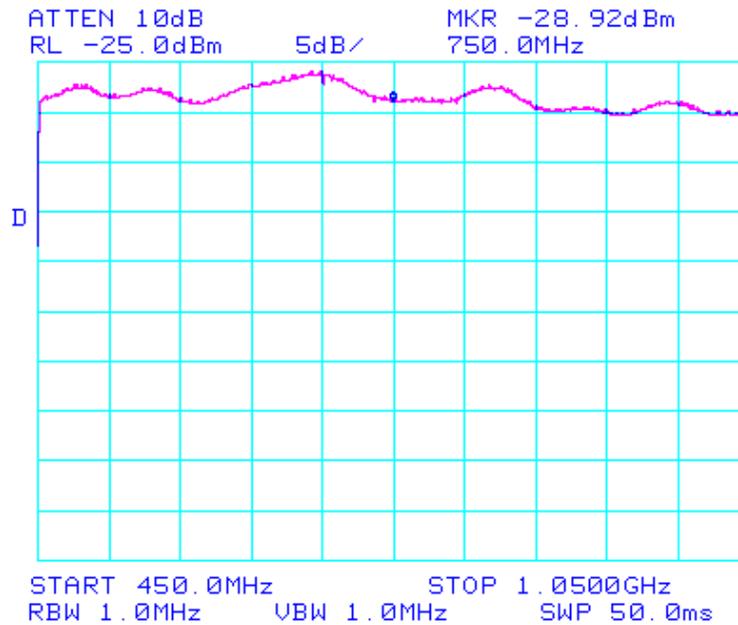


**H monitor**

- 2) **Potencia de entrada: -55dBm. Barrido en frecuencia: 1.2 - 1.8GHz.  
Ganancia módulo IRAM: 45dB.**



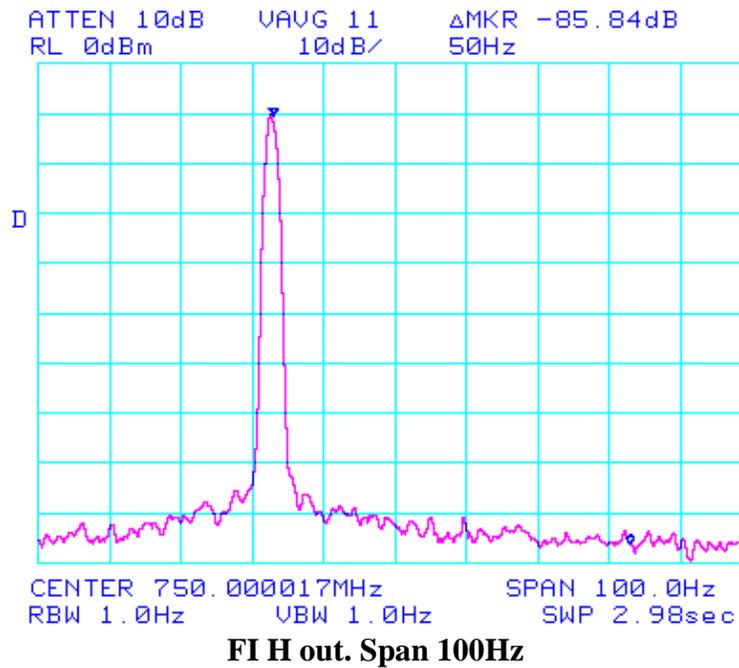
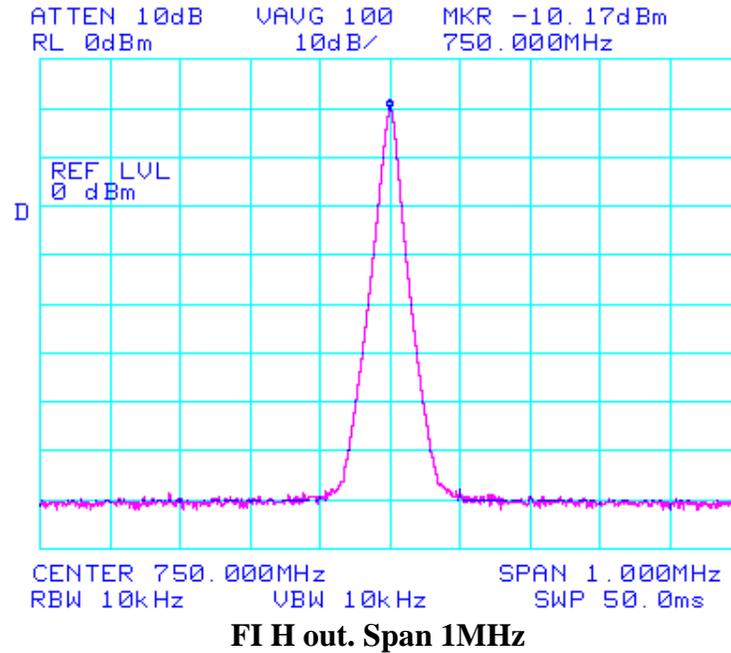
**FI H out**



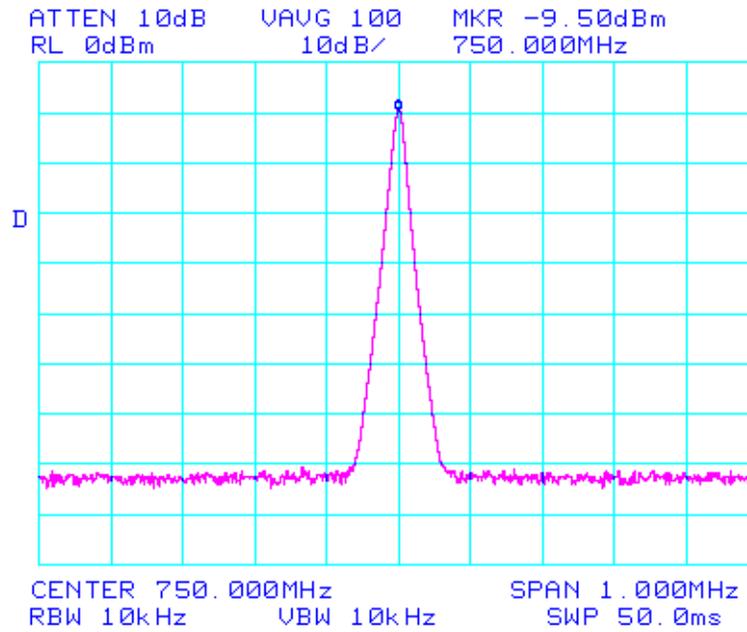
**H monitor**

### 4.4.1.2) Medidas de pureza espectral

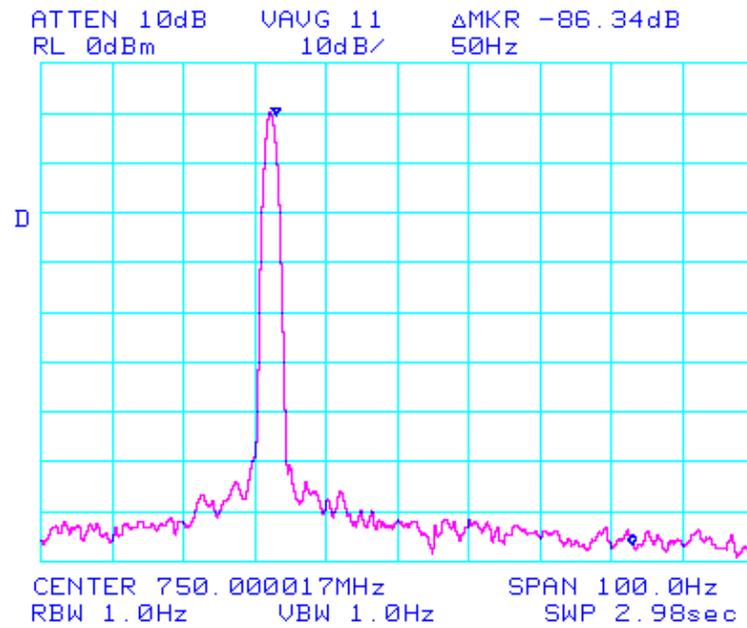
#### 3) Potencia de entrada: -35dBm. Ganancia módulo IRAM: 25dB.



4) Potencia de entrada: -55dBm. Ganancia módulo IRAM: 45dB.



FI H out. Span 1MHz



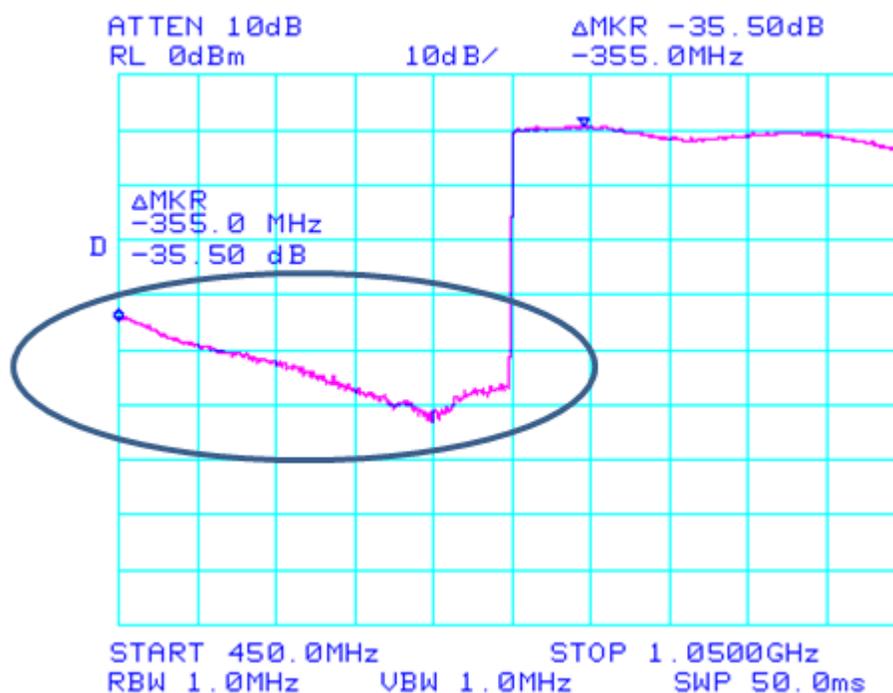
FI H out. Span 100Hz

#### 4.4.1.3) Medidas de productos de intermodulación

Los mezcladores generan productos de intermodulación. El más importante es el resultante de  $2RF-OL$ , el cual cae en la banda de salida del receptor (450MHz – 1050MHz).

Se han hecho medidas para determinar la potencia de este producto y los resultados se muestran a continuación:

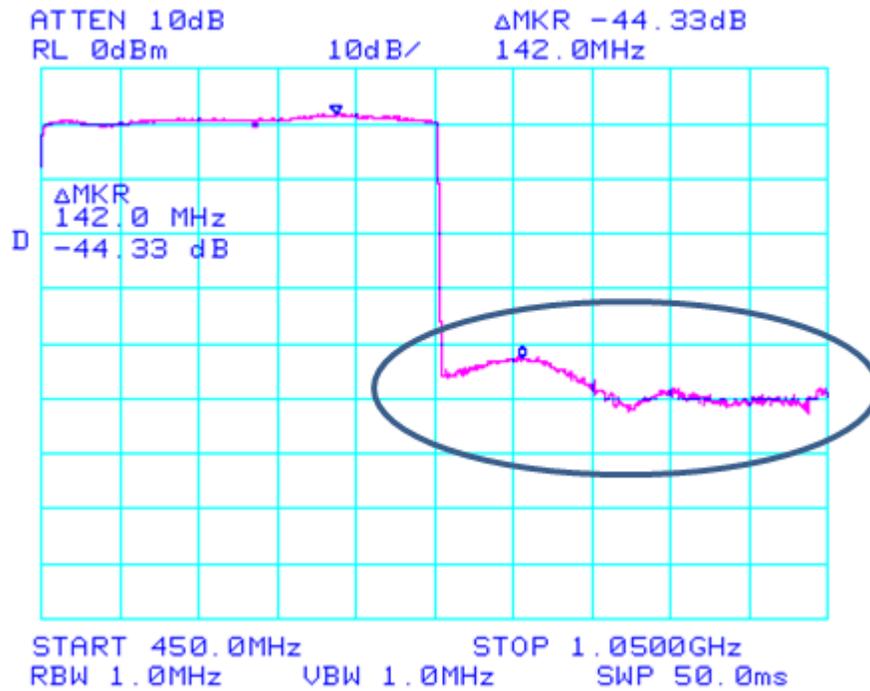
#### 5) Potencia de entrada: -35dBm. Ganancia módulo IRAM: 25dB.



FI H out

Esta figura se ha obtenido haciendo un barrido de 1.2 a 1.5GHz en la entrada de RF de la unidad. Los productos de intermodulación se han señalado con un círculo y como se puede apreciar, su nivel máximo es de -35.5dBc.

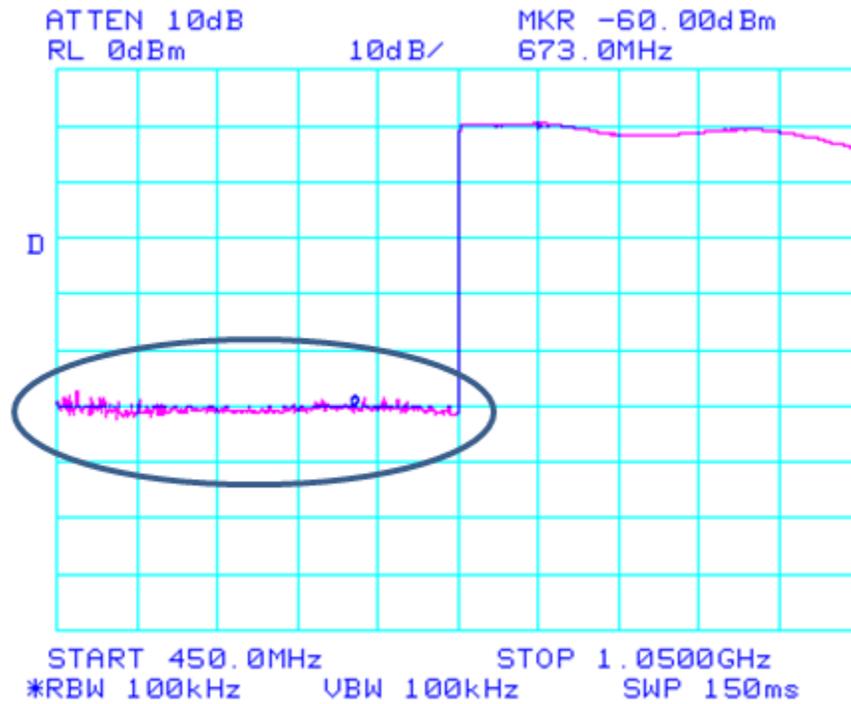
6) Potencia de entrada: -35dBm. Ganancia módulo IRAM: 25dB.



**FI H out**

Esta figura se ha obtenido haciendo un barrido de 1.5 a 1.8GHz en la entrada de RF de la unidad. Los productos de intermodulación se han señalado con un círculo y como se puede apreciar, su nivel máximo es de -44dBc.

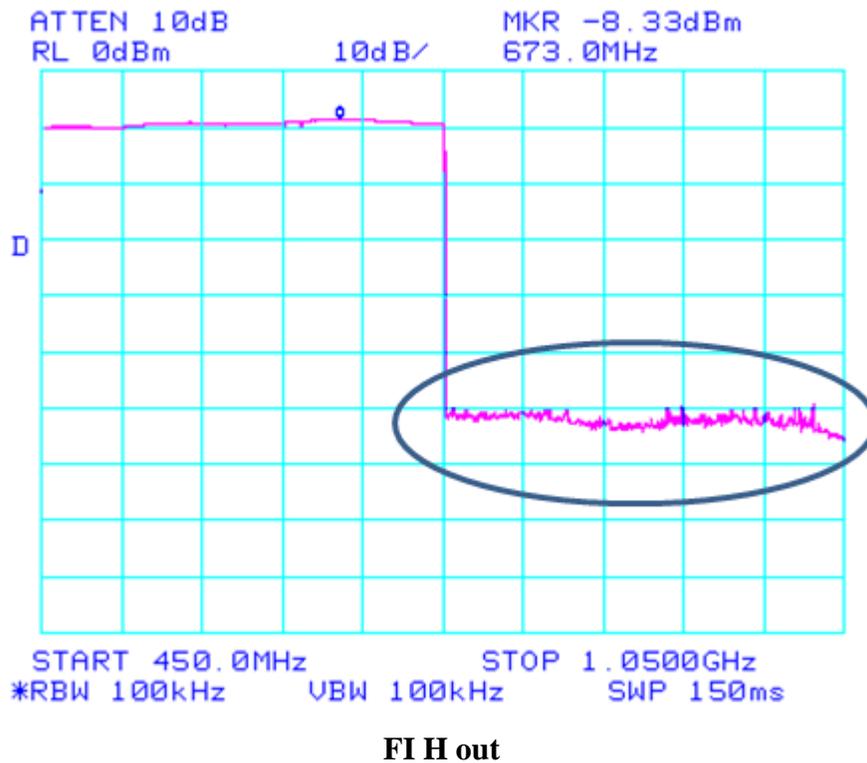
7) Potencia de entrada: -55dBm. Ganancia módulo IRAM: 45dB.



**FI H out**

Esta figura se ha obtenido haciendo un barrido de 1.2 a 1.5GHz en la entrada de RF de la unidad. Los productos de intermodulación se han señalado con un círculo y como se puede apreciar, su nivel máximo es de -48dBc.

8) Potencia de entrada: -35dBm. Ganancia módulo IRAM: 25dB.

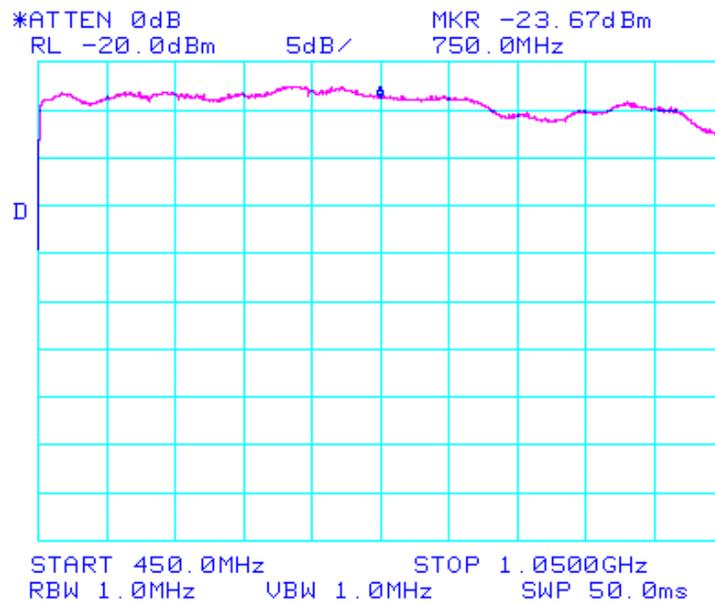


Esta figura se ha obtenido haciendo un barrido de 1.5 a 1.8GHz en la entrada de RF de la unidad. Los productos de intermodulación se han señalado con un círculo y como se puede apreciar, su nivel máximo es de -50dBc.

A la vista de estos resultados, se concluye como era de esperar, que el nivel de los armónicos es mayor contra mayor es la potencia de entrada en RF.

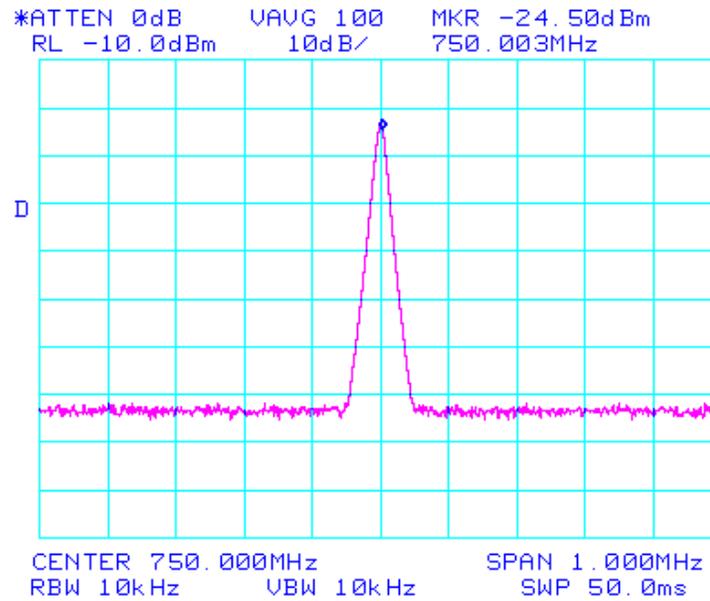
#### 4.4.1.4) Medidas de phase-cal

- 9) Medida de ganancia. Potencia de entrada: -55dBm. Barrido en frecuencia: 1.2 - 1.8GHz. Ganancia módulo IRAM: 45dB.

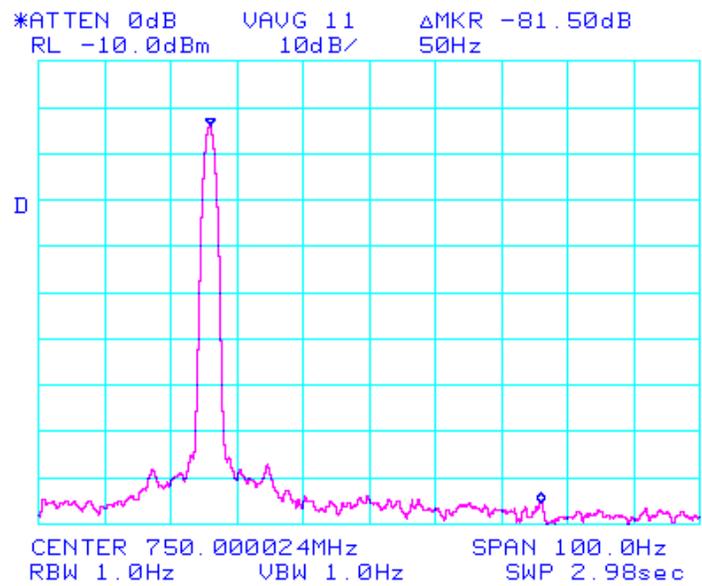


**FI H out**

**10) Potencia de entrada: -55dBm. Barrido en frecuencia: 1.2 - 1.8GHz.  
Ganancia módulo IRAM: 45dB.**



**FI H out . Span 1MHz**



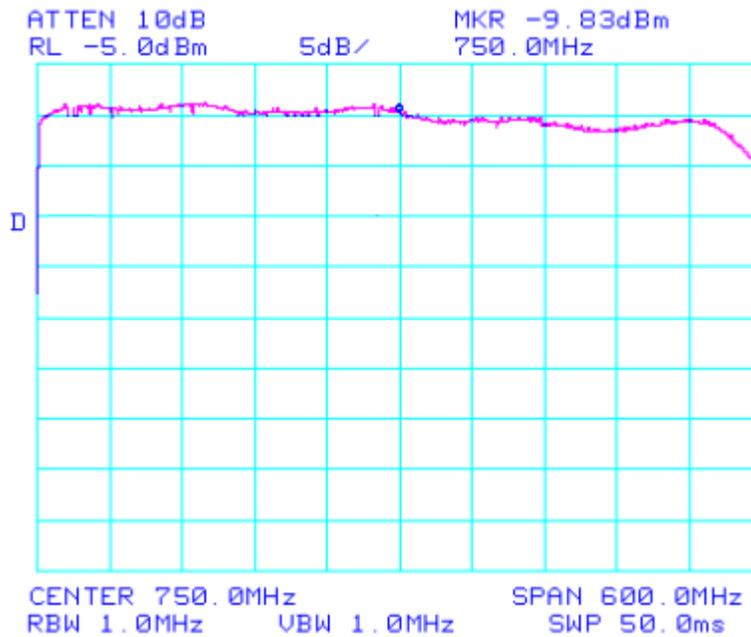
**FI H out. Span 100Hz**

## 4.4.2) Canal V

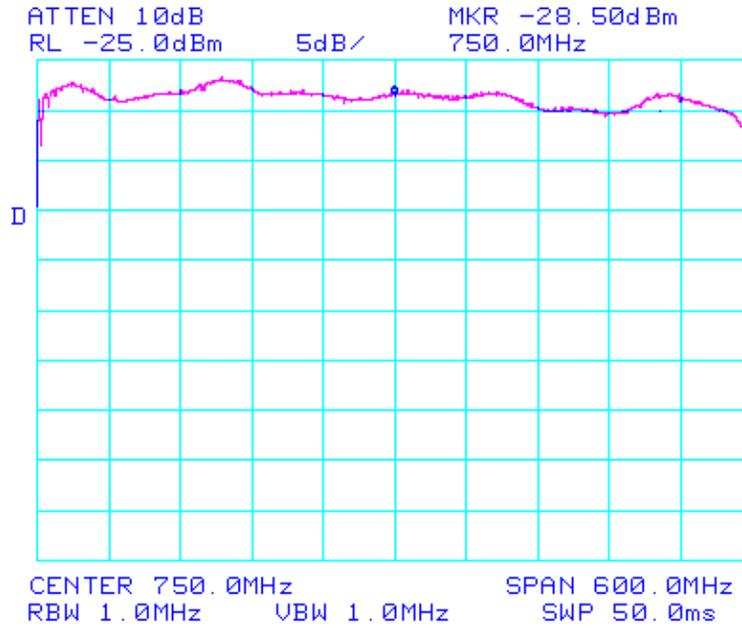
Para cada tipo de medida, se han realizado dos tandas de medida, una con el módulo IRAM proporcionando una ganancia de 45dB y otra con 25dB. El nivel de potencia en la entrada de RF se ha seleccionado para obtener una potencia en la salida de la unidad en torno a -10dBm.

### 4.4.2.1) Medidas de ganancia

- 1) Potencia de entrada: -35dBm. Barrido en frecuencia: 1.2 - 1.8GHz.  
Ganancia módulo IRAM: 25dB

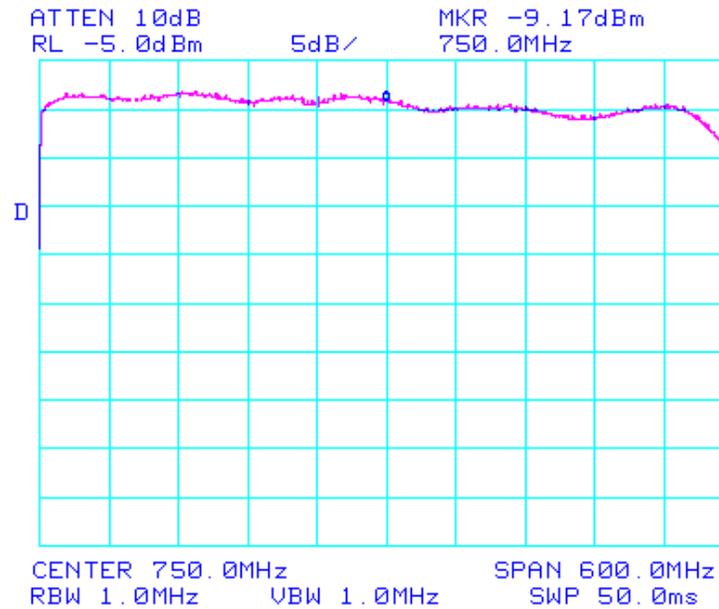


FI V out

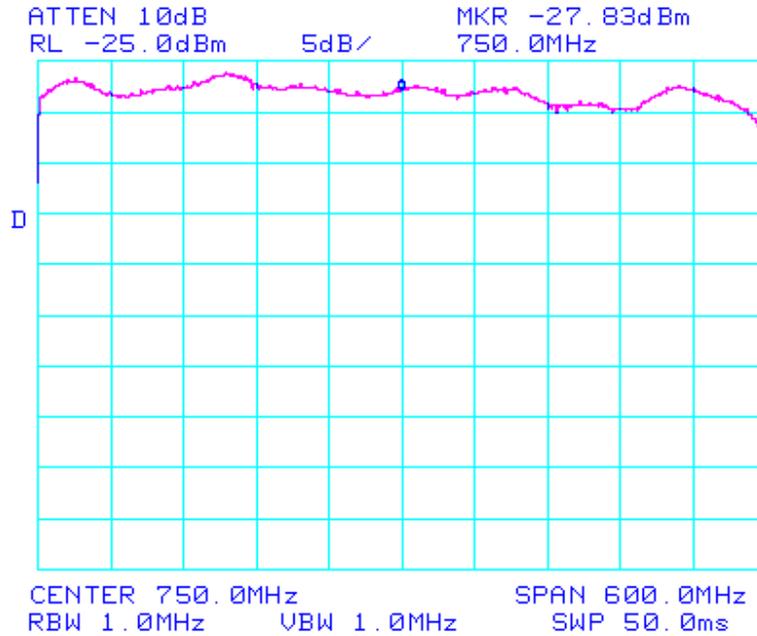


**V monitor**

- 2) **Potencia de entrada: -55dBm. Barrido en frecuencia: 1.2 - 1.8GHz.  
Ganancia módulo IRAM: 45dB.**



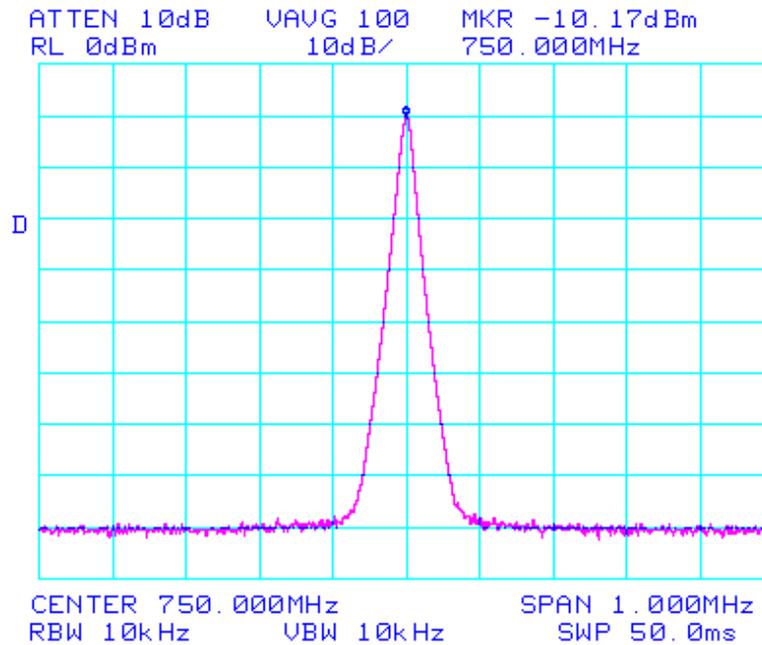
**FI V out**



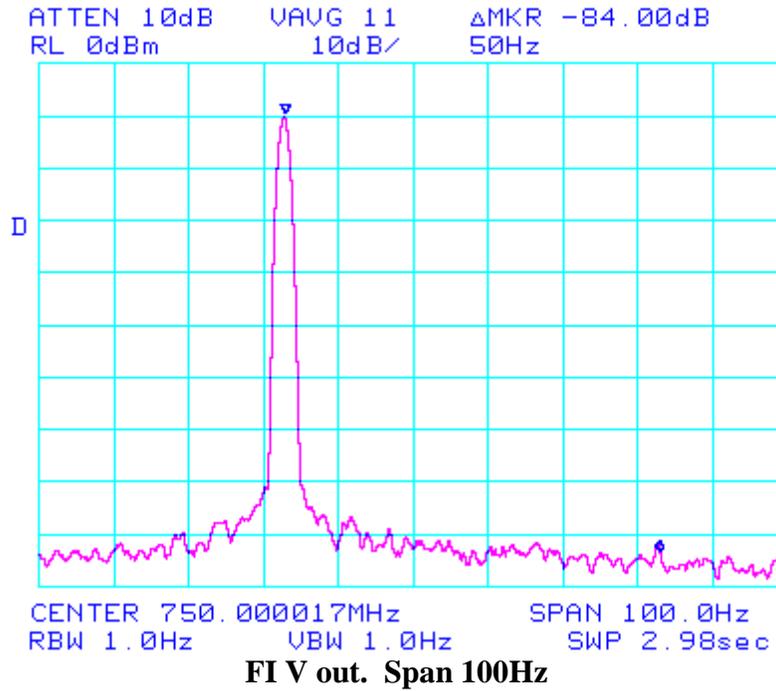
**V monitor**

#### 4.4.2.2) Medidas de pureza espectral

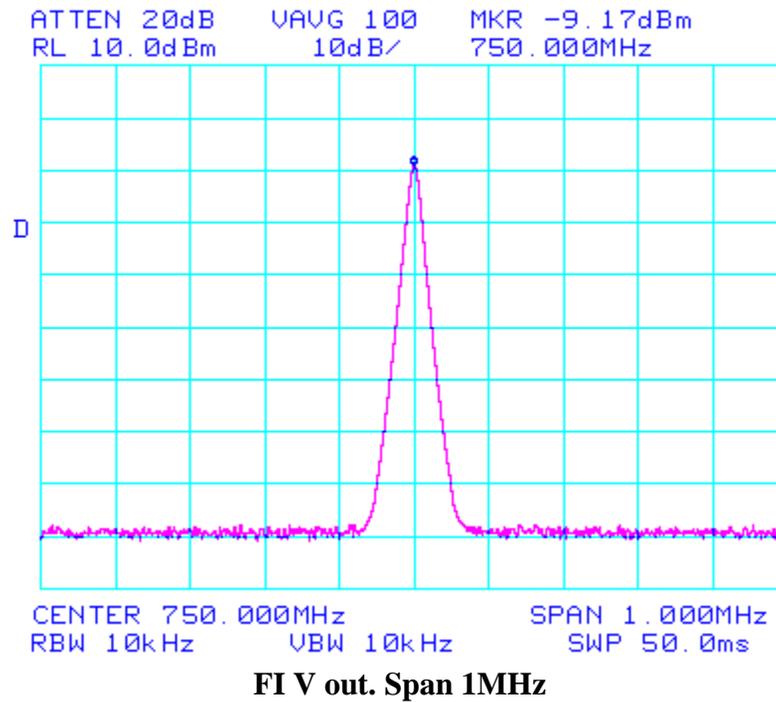
3) Potencia de entrada: -35dBm. Ganancia módulo IRAM: 25dB.

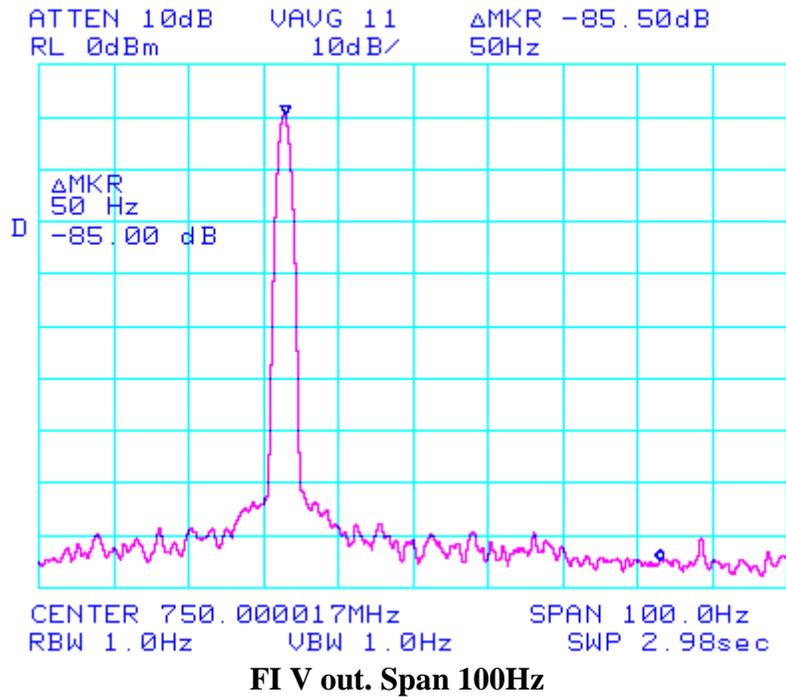


**FI V out. Span 1MHz**



**4) Potencia de entrada: -55dBm. Ganancia módulo IRAM: 45dB.**



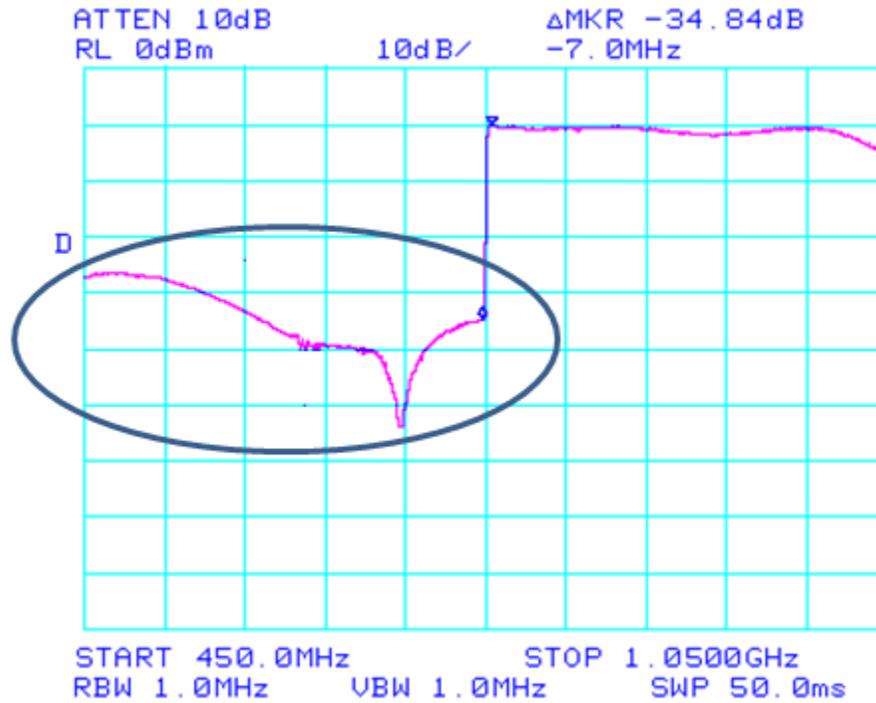


#### 4.4.2.3) Medidas de productos de intermodulación

Los mezcladores generan productos de intermodulación. El más importante es el resultante de  $2RF-OL$ , el cual cae en la banda de salida del receptor (450MHz – 1050MHz).

Se han hecho medidas para determinar la potencia de este producto y los resultados se muestran a continuación:

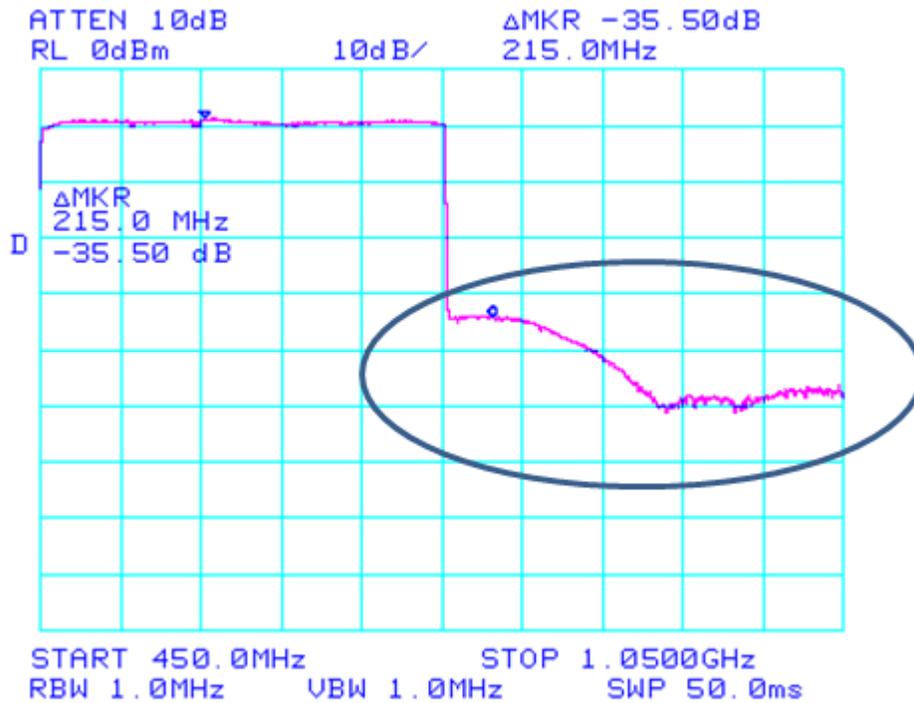
5) Potencia de entrada: -35dBm. Ganancia módulo IRAM: 25dB.



FI V out

Esta figura se ha obtenido haciendo un barrido de 1.2 a 1.5GHz en la entrada de RF de la unidad. Los productos de intermodulación se han señalado con un círculo y como se puede apreciar, su nivel máximo es de -27dBc.

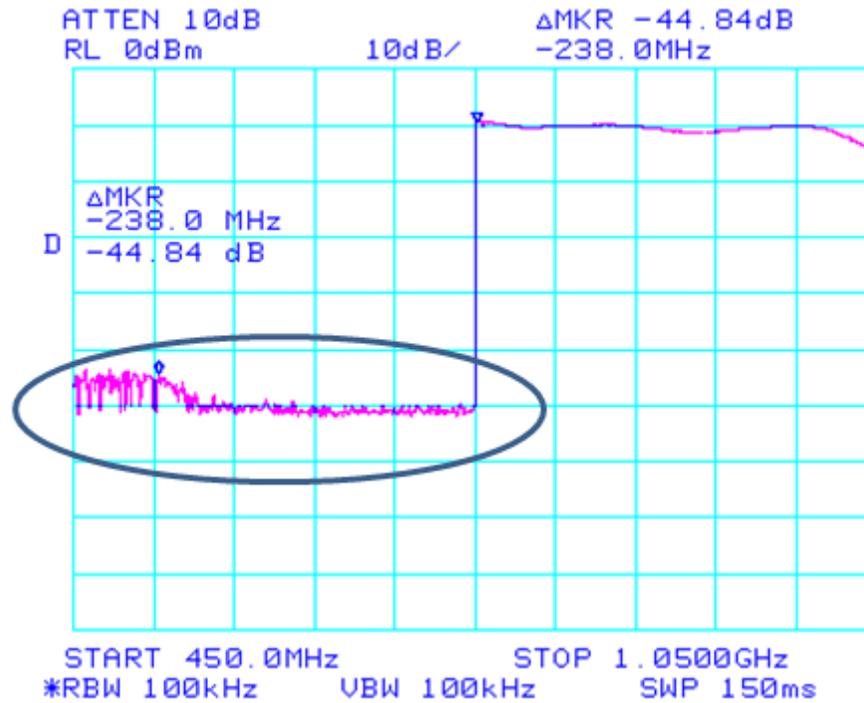
6) Potencia de entrada: -35dBm. Ganancia módulo IRAM: 25dB.



FI V out

Esta figura se ha obtenido haciendo un barrido de 1.5 a 1.8GHz en la entrada de RF de la unidad. Los productos de intermodulación se han señalado con un círculo y como se puede apreciar, su nivel máximo es de -35.5dBc.

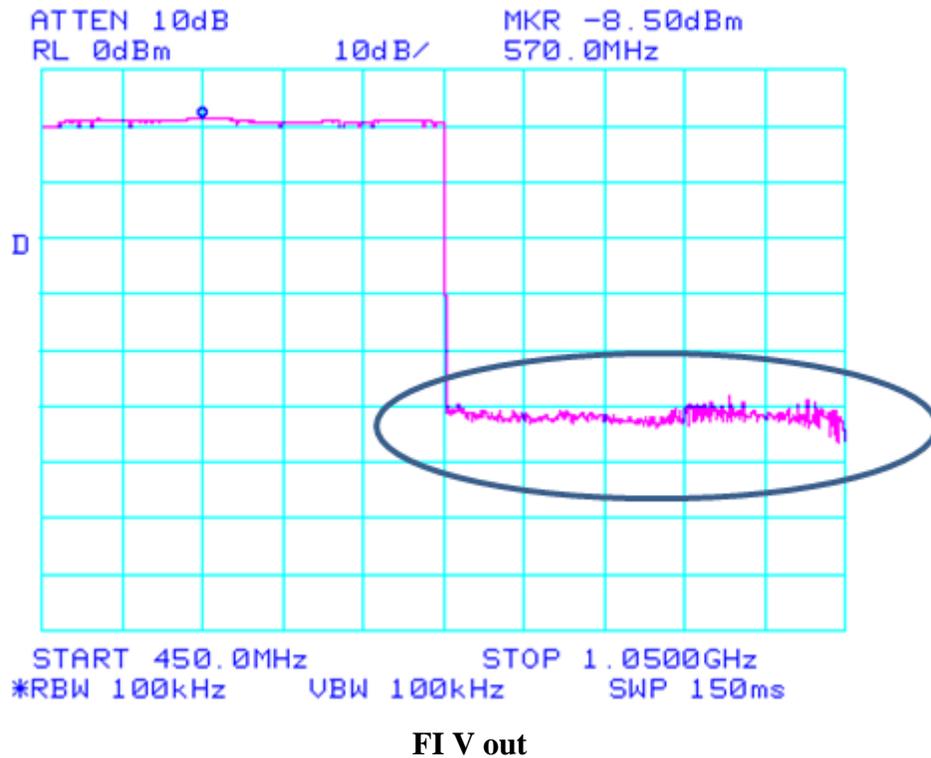
7) Potencia de entrada: -55dBm. Ganancia módulo IRAM: 45dB.



FI V out

Esta figura se ha obtenido haciendo un barrido de 1.2 a 1.5GHz en la entrada de RF de la unidad. Los productos de intermodulación se han señalado con un círculo y como se puede apreciar, su nivel máximo es de -45dBc.

**8) Potencia de entrada: -35dBm. Ganancia módulo IRAM: 25dB.**

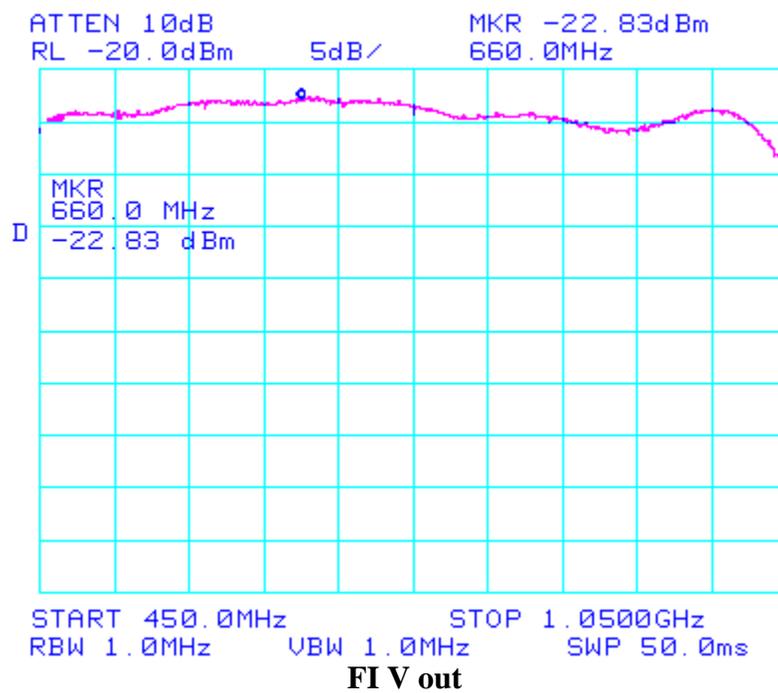


Esta figura se ha obtenido haciendo un barrido de 1.5 a 1.8GHz en la entrada de RF de la unidad. Los productos de intermodulación se han señalado con un círculo y como se puede apreciar, su nivel máximo es de -48dBc.

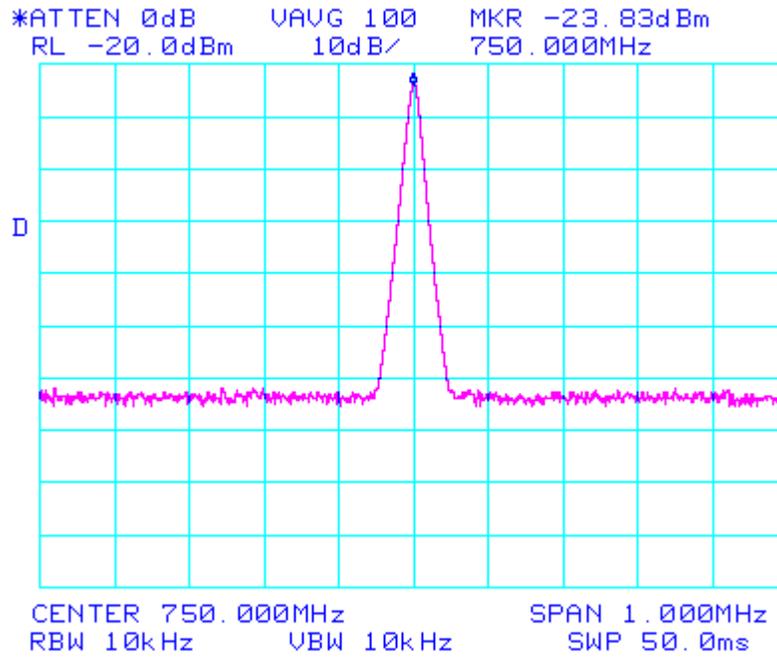
A la vista de estos resultados, se concluye como era de esperar, que el nivel de los armónicos es mayor contra mayor es la potencia de entrada en RF.

#### 4.4.2.4) Medidas de phase-cal

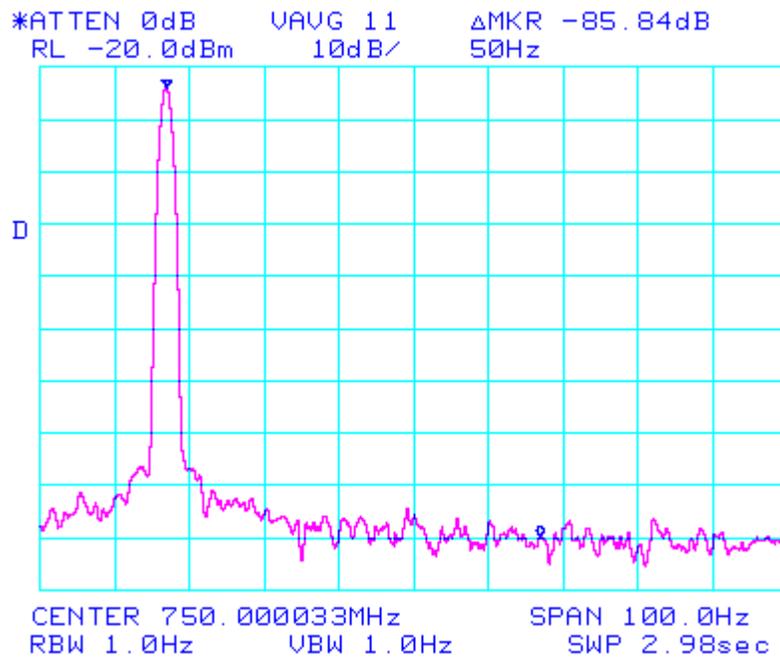
- 9) Medida de ganancia. Potencia de entrada: -55dBm. Barrido en frecuencia: 1.2 - 1.8GHz. Ganancia módulo IRAM: 45dB.



**10) Medidas de pureza espectral. Potencia de entrada: -55dBm. Ganancia módulo IRAM: 45dB.**



**FI V out. Span 1MHz**



**FI V out. Span 100Hz**

## Apéndice A: Medidas de los componentes

A continuación se presentan las medidas realizadas de los componentes en el VNA.

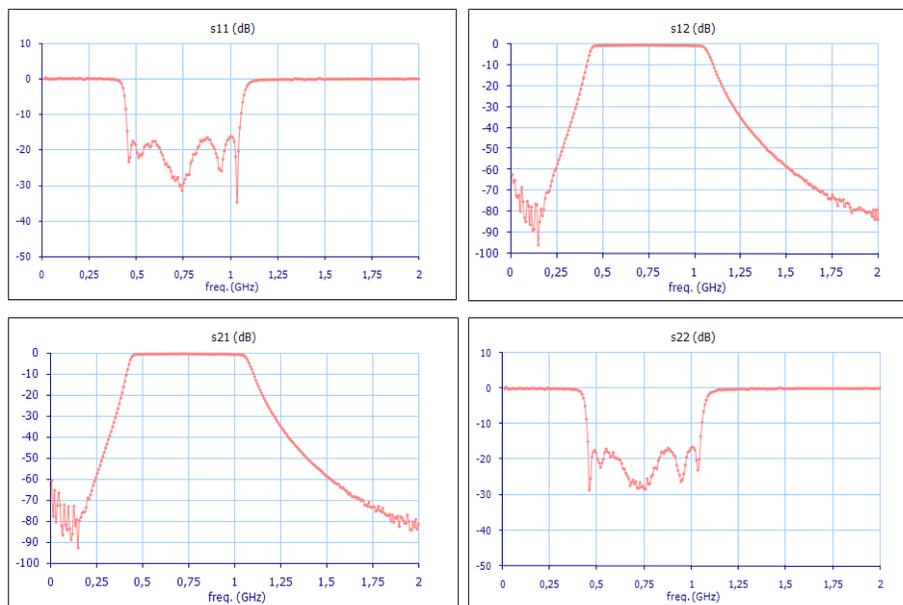
### A.1) Filtros Lorch BP7

#### A.1.1) Especificaciones:

- Frecuencia central: 750MHz
- Ancho de banda: 600MHz
- VSWR: 1.5:1
- Pérdidas de inserción: 1.4dB max

#### A.1.2) Medidas:

- **7BP7-750-A500 / SN: AJ1**



**Figura A. 1.1.-** Parámetros de Scattering del filtro entre 0 y 2GHz.

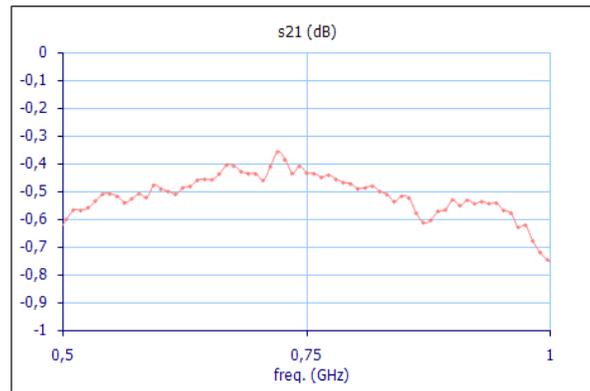


Figura A. 1.2.- Rizado en la banda pasante del filtro

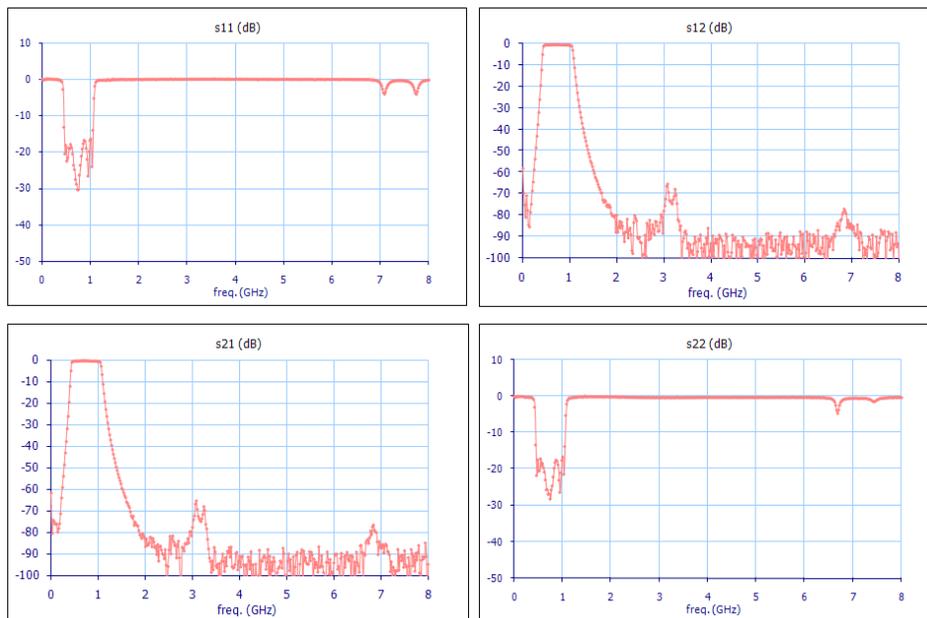


Figura A. 1.3.- Parámetros de Scattering del filtro entre 0 y 8GHz.

- 7BP7-750-A500 / SN: AJ2

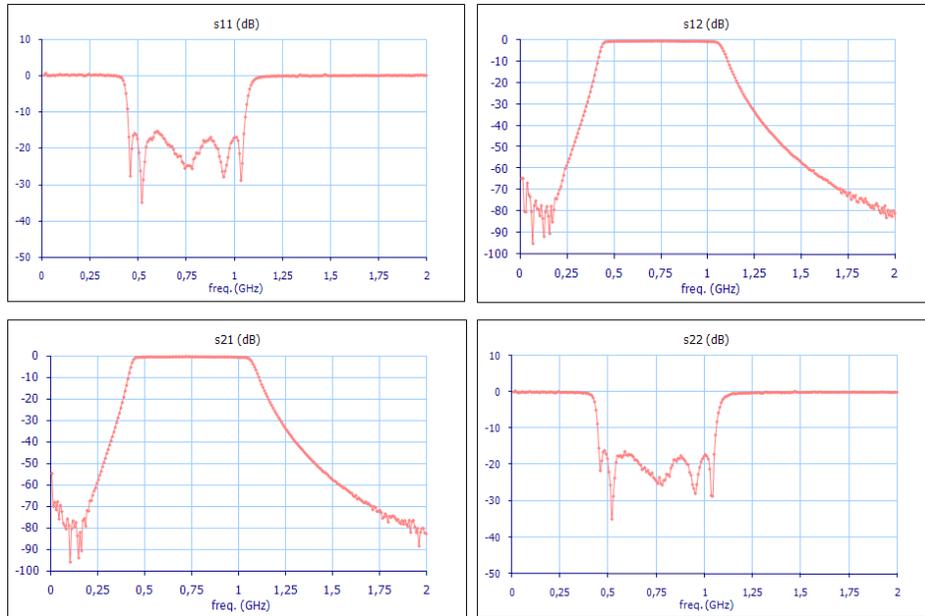


Figura A. 2.1.- Parámetros de Scattering del filtro entre 0 y 2GHz.

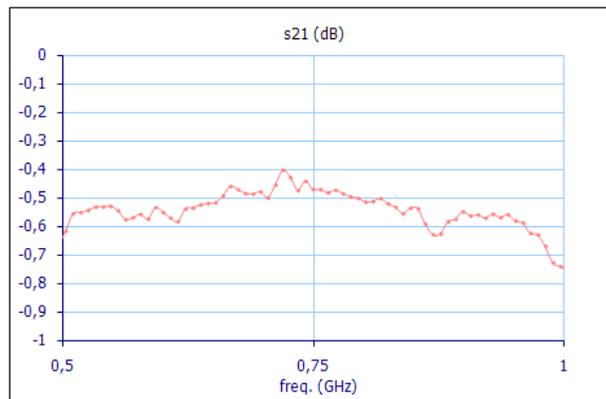


Figura A. 2.2.- Rizado en la banda pasante del filtro

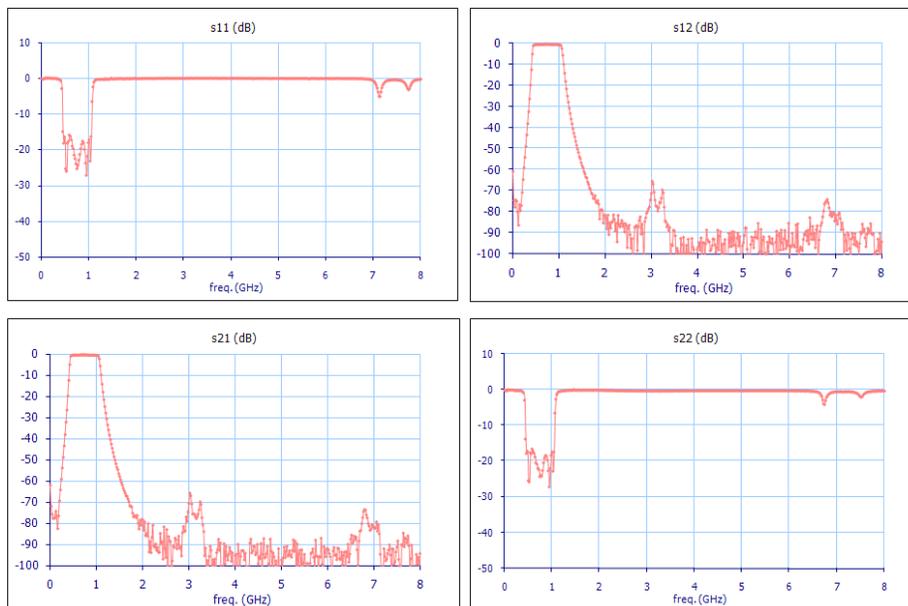


Figura A. 2.3.- Parámetros de Scattering del filtro entre 0 y 8GHz.

- 7BP7-750-A500 / SN: AJ3

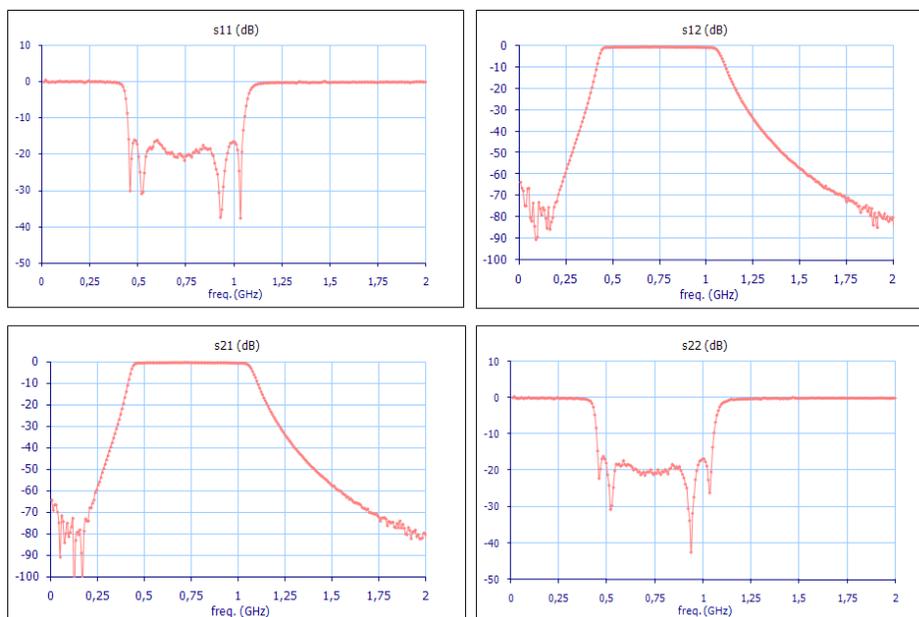
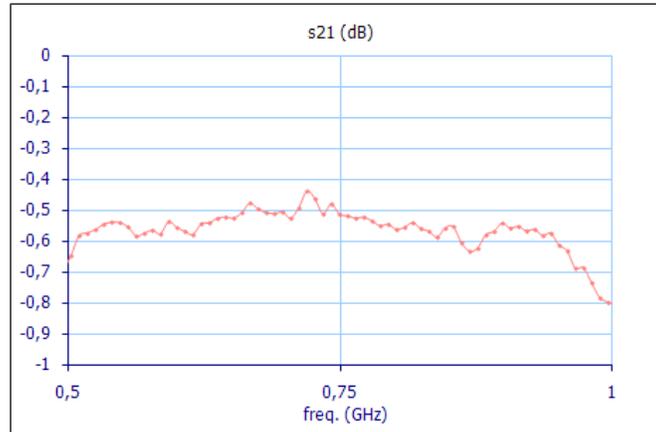
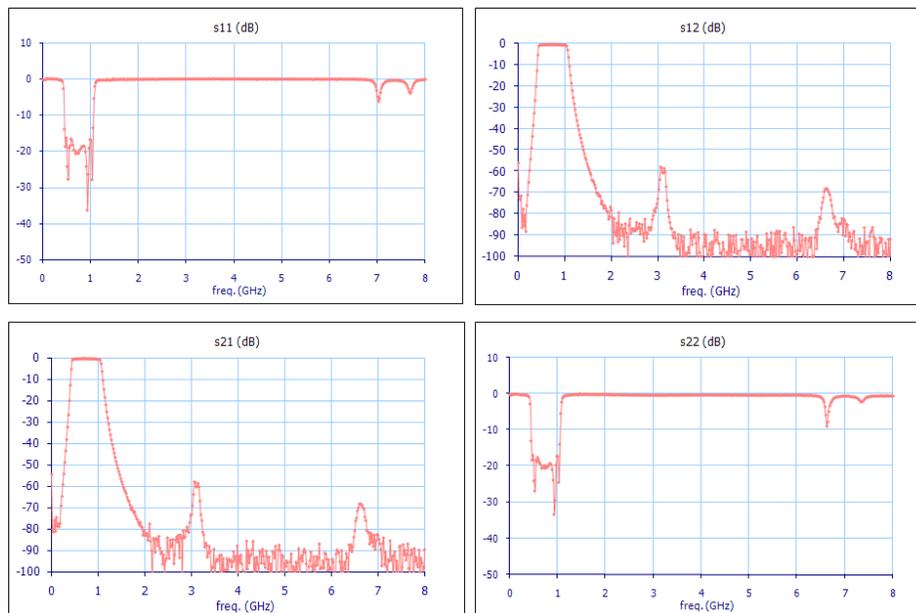


Figura A. 3.1.- Parámetros de Scattering del filtro entre 0 y 2GHz.



**Figura A. 3.2.-** Rizado en la banda pasante del filtro



**Figura A. 3.3.-** Parámetros de Scattering del filtro entre 0 y 8GHz.

A la vista de las figuras, se concluye que los filtros funcionan correctamente en base a las especificaciones del fabricante.

## A.2) Aisladores Ditom D310223

### A.2.1) Especificaciones:

- Rango frecuencial: 2 a 2.3GHz
- Aislamiento: 20dB min
- VSWR: 1.15:1
- Pérdidas de inserción: 0.5dB max

### A.2.2) Medidas:

- SN 2015

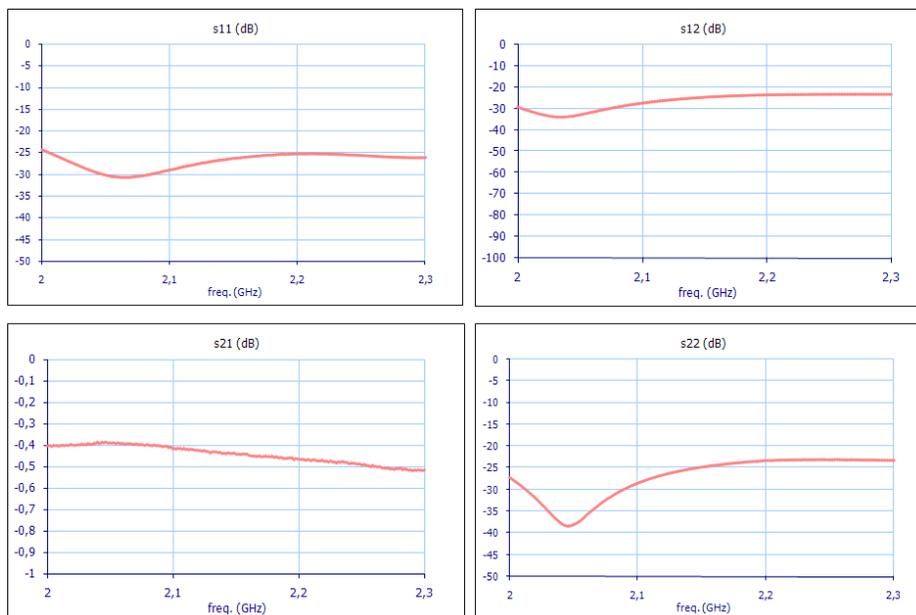


Figura A. 4.- Parámetros de Scattering del aislador

- SN 2016

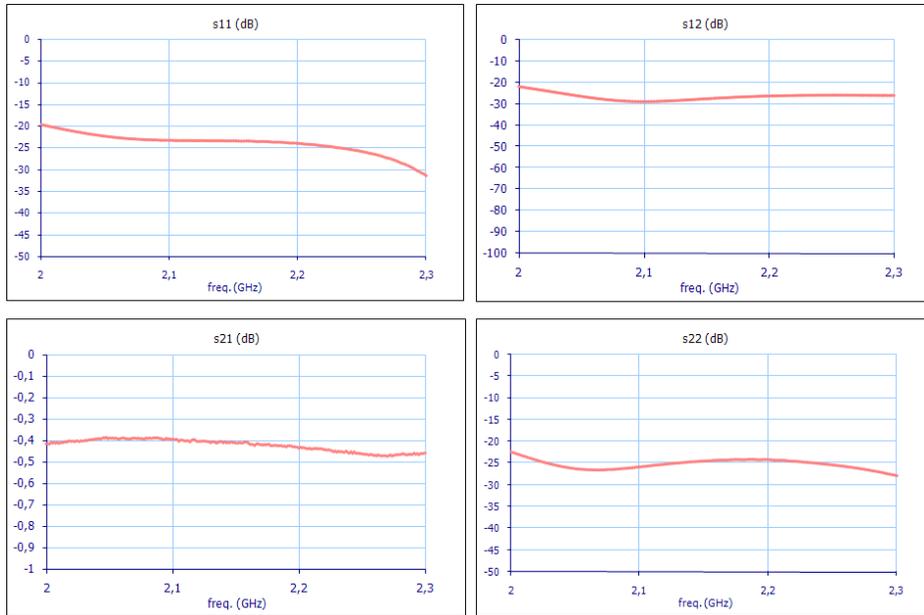


Figura A. 5.- Parámetros de Scattering del aislador

- SN 2017

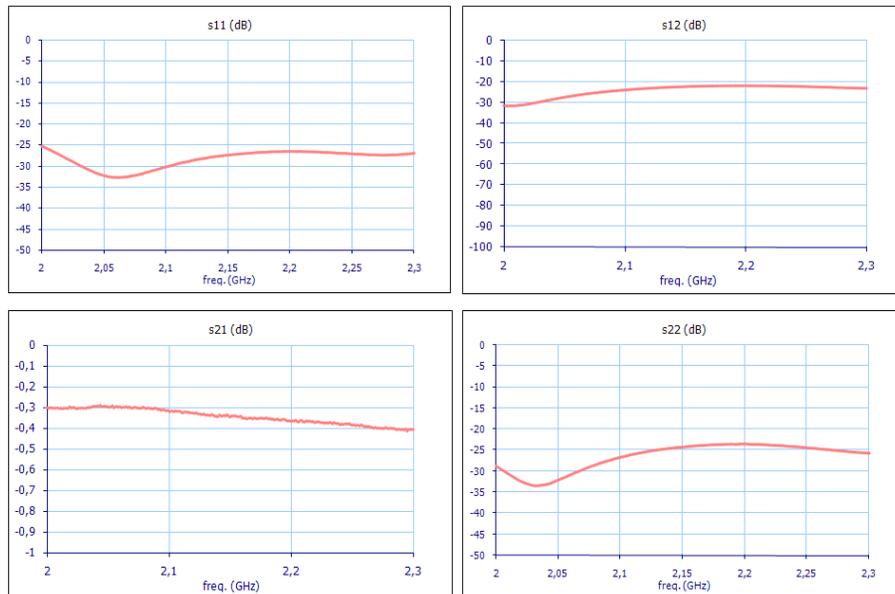
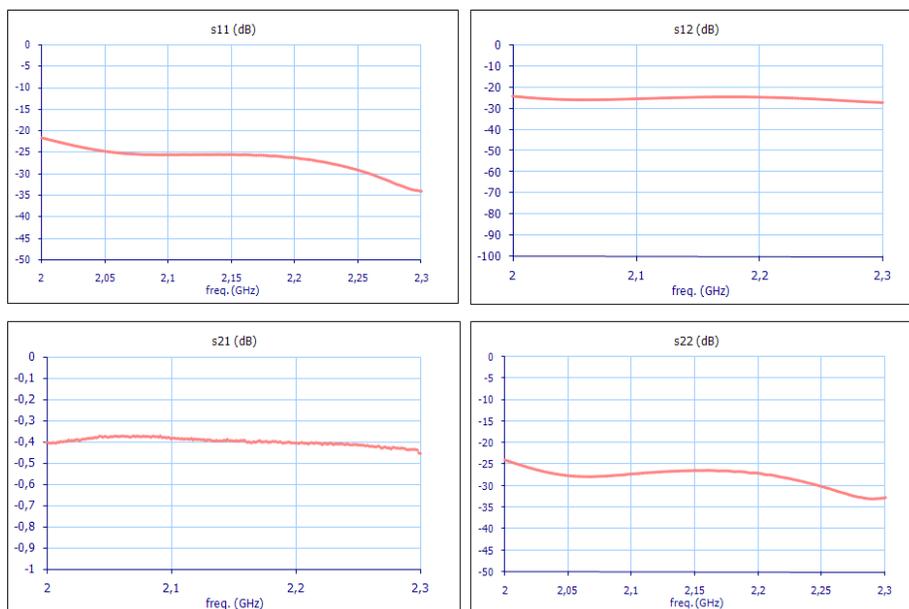


Figura A. 6.- Parámetros de Scattering del aislador

- **SN 2018**



**Figura A. 7.-** Parámetros de Scattering del aislador

A la vista de las figuras, se concluye que los aisladores funcionan correctamente en base a las especificaciones del fabricante.

### A.3) Aisladores Narda 4946

#### A.3.1) Especificaciones:

- Rango frecuencial: 8 a 18GHz
- Aislamiento: 16dB min
- VSWR: 1.45:1
- Pérdidas de inserción: 0.8dB max

### A.3.2) Medidas:

- SN 7

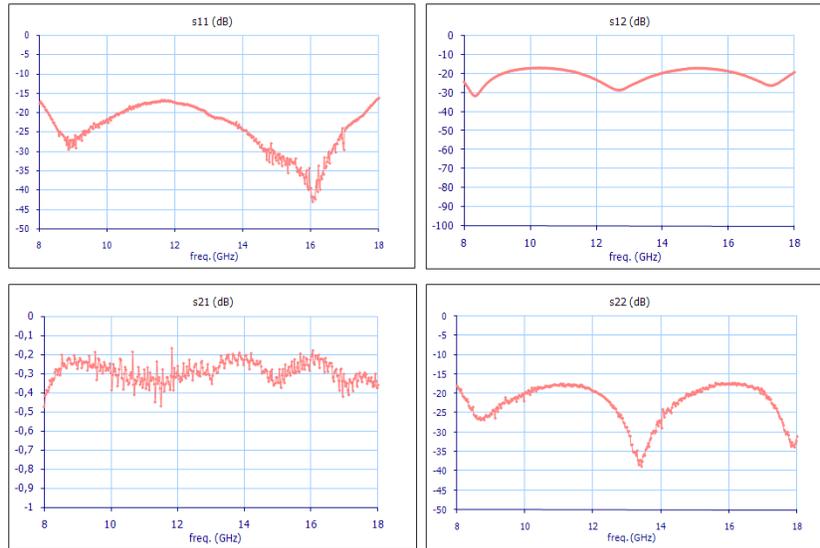


Figura A. 8.- Parámetros de Scattering del aislador

- SN 10

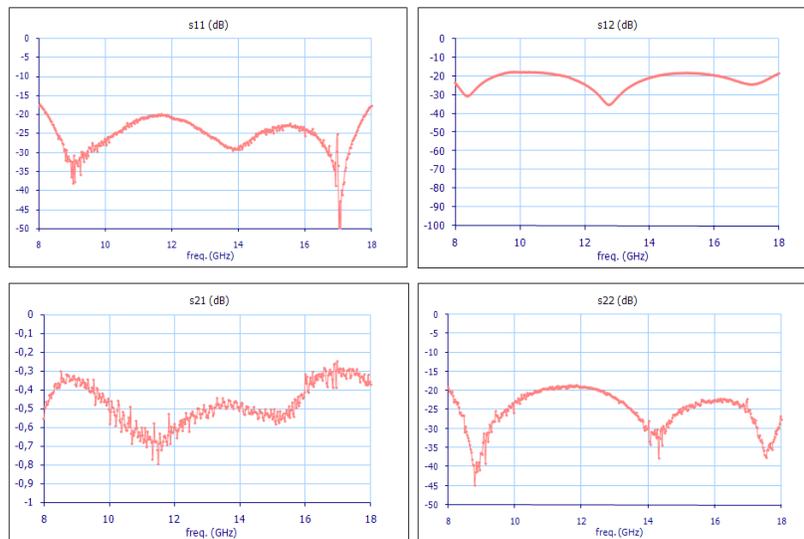


Figura A. 9.- Parámetros de Scattering del aislador

A la vista de las medidas, se concluye que los aisladores cumplen las especificaciones impuestas por el fabricante.

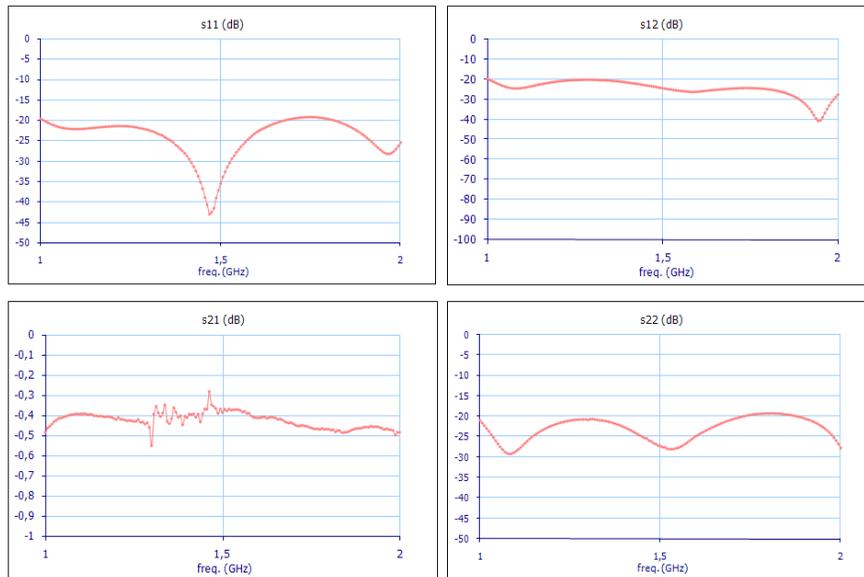
## A.4) Aisladores SMT SMS1020

### A.4.1) Especificaciones:

- Rango frecuencial: 1 a 2GHz
- Aislamiento: 18dB min
- VSWR: 1.3:1
- Pérdidas de inserción: 0.6dB max

### A.4.2) Medidas:

- SN 256



**Figura A. 10.-** Parámetros de Scattering del aislador

- SN 257

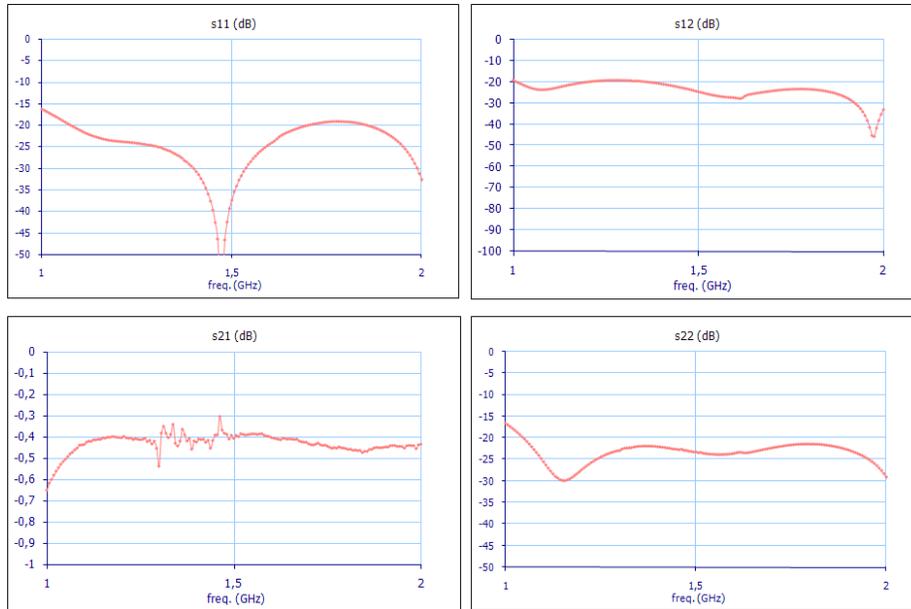


Figura A. 11.- Parámetros de Scattering del aislador

- SN 258

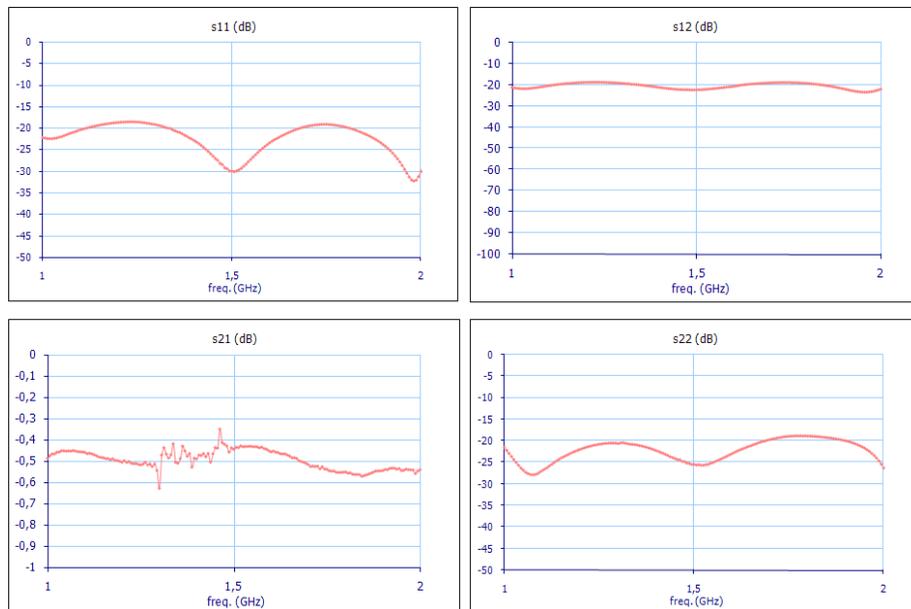


Figura A. 12.- Parámetros de Scattering del aislador

- SN 259

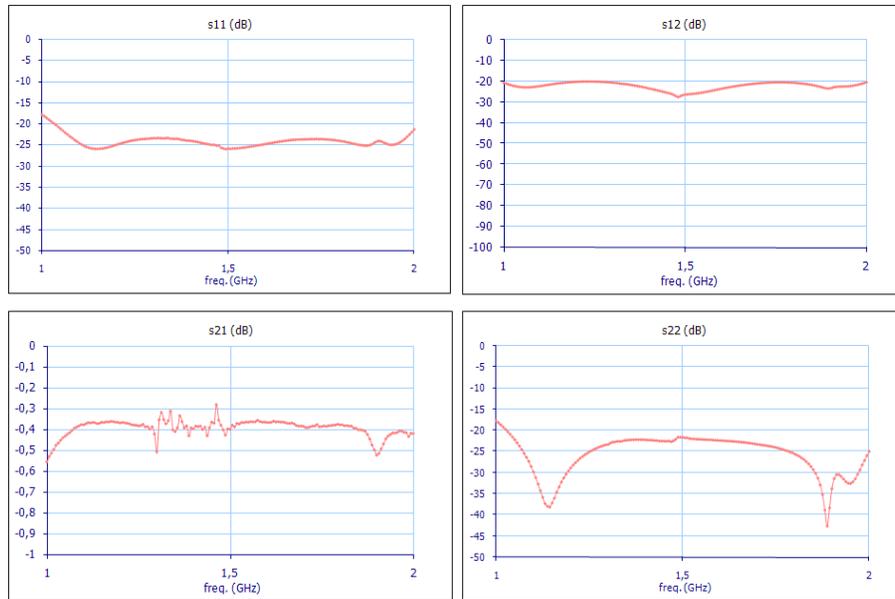


Figura A. 13.- Parámetros de Scattering del aislador

- SN 260

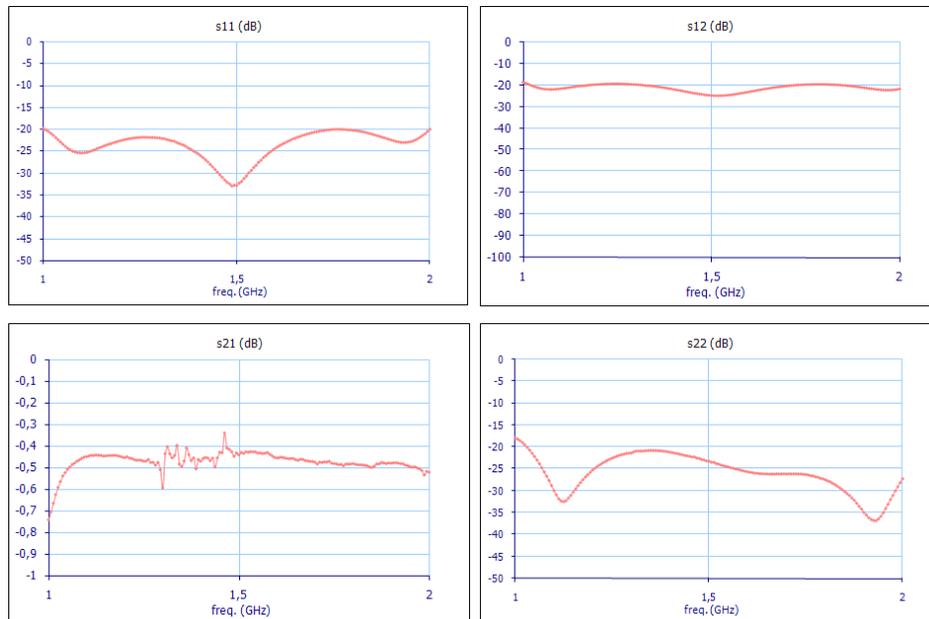


Figura A. 14.- Parámetros de Scattering del aislador

- SN 261

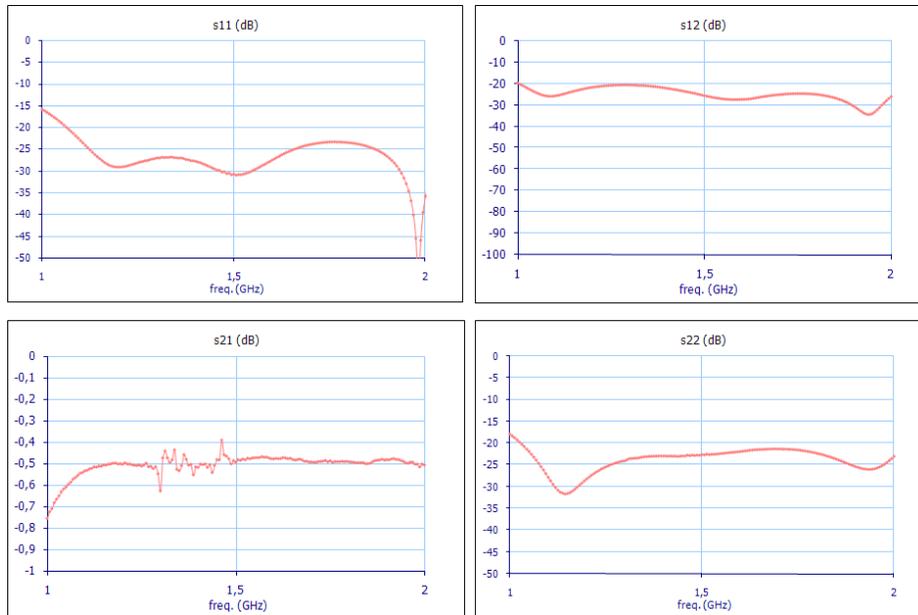


Figura A. 15.- Parámetros de Scattering del aislador

- SN 262

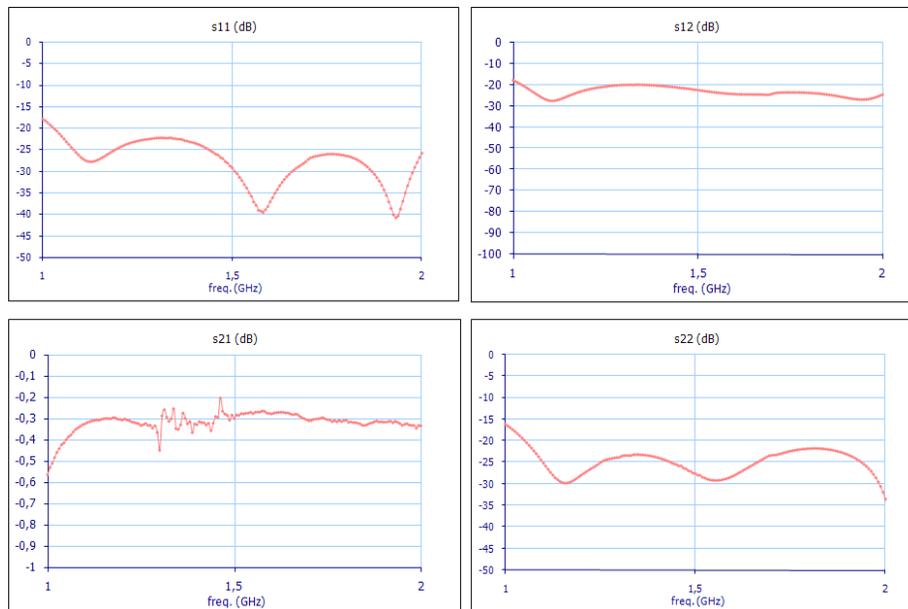


Figura A. 16.- Parámetros de Scattering del aislador

- SN 263

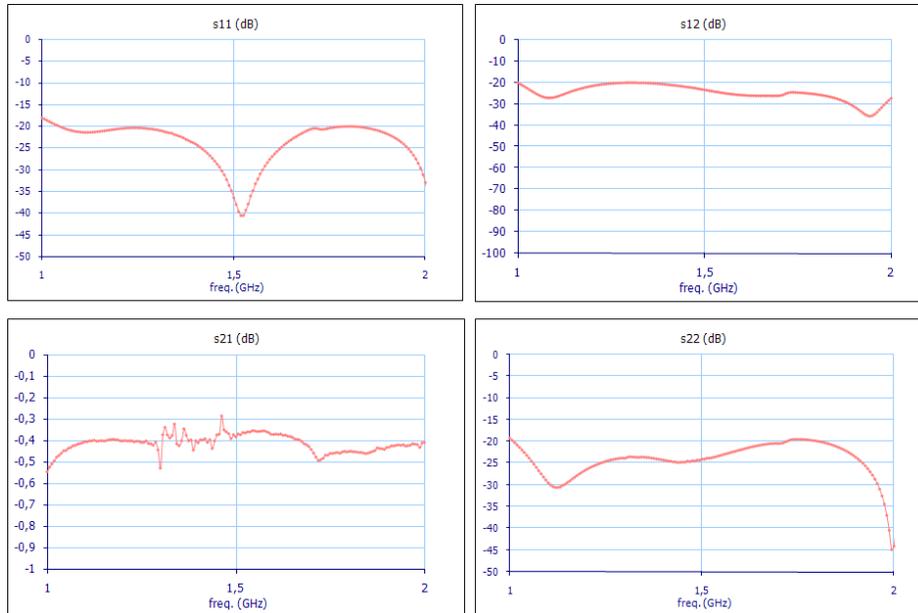


Figura A. 17.- Parámetros de Scattering del aislador

- SN 264

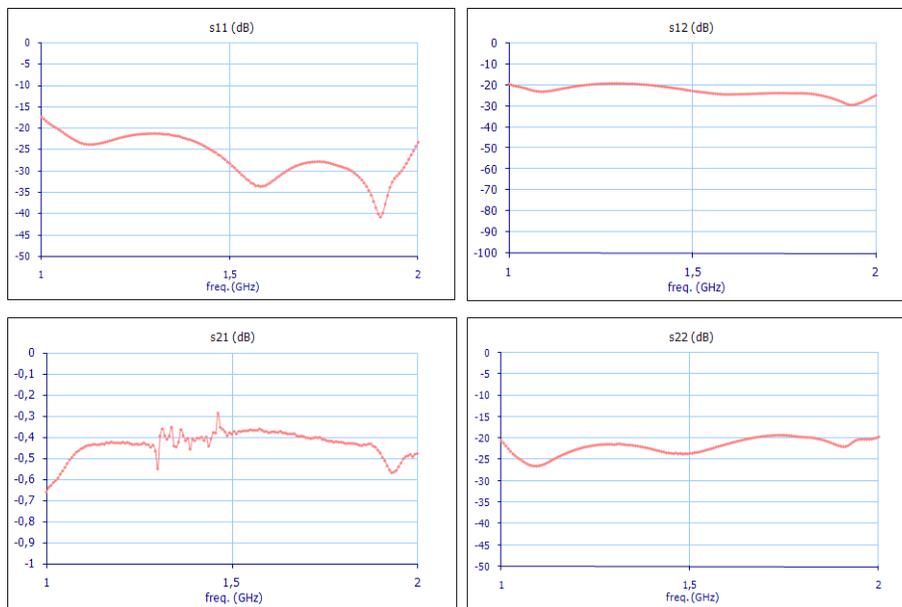
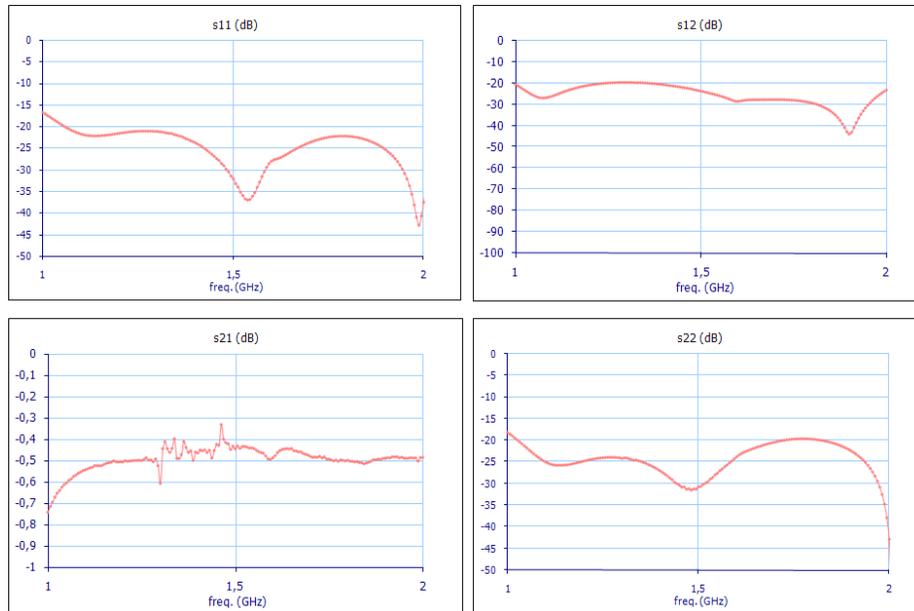


Figura A. 18.- Parámetros de Scattering del aislador

- SN 265



**Figura A. 19.-** Parámetros de Scattering del aislador

A la vista de las figuras, se concluye que los aisladores funcionan correctamente en base a las especificaciones del fabricante.

## A.5) Acopladores Minicircuits ZFDC-20-5+

### A.5.1) Especificaciones:

- Rango frecuencial: 0.1 a 2GHz
- Pérdidas de inserción: 2.3dB max
- Pérdidas de acoplamiento:  $19.5 \pm 0.5$ dB
- VSWR: 1.2:1

### A.5.2) Medidas:

- SN 1

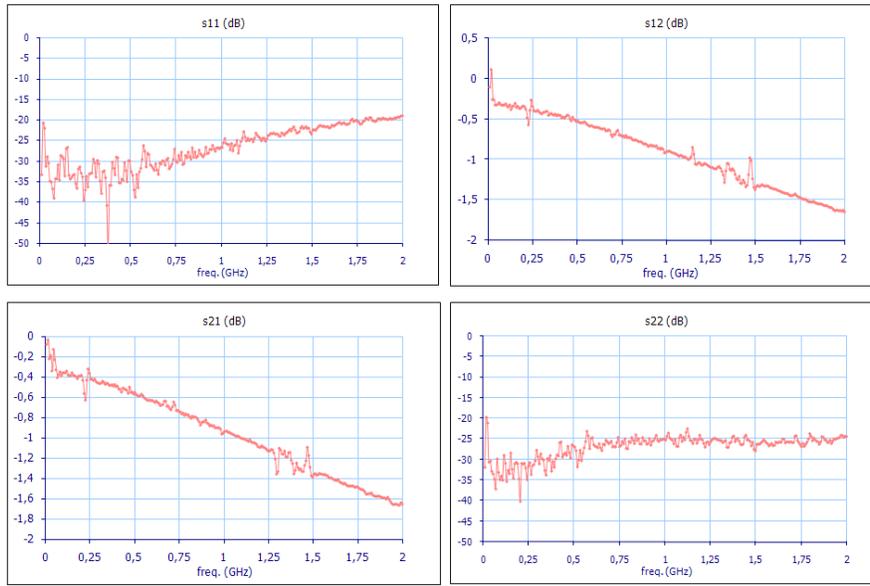


Figura A. 20.1.- Parámetros de Scattering de la rama directa del acoplador

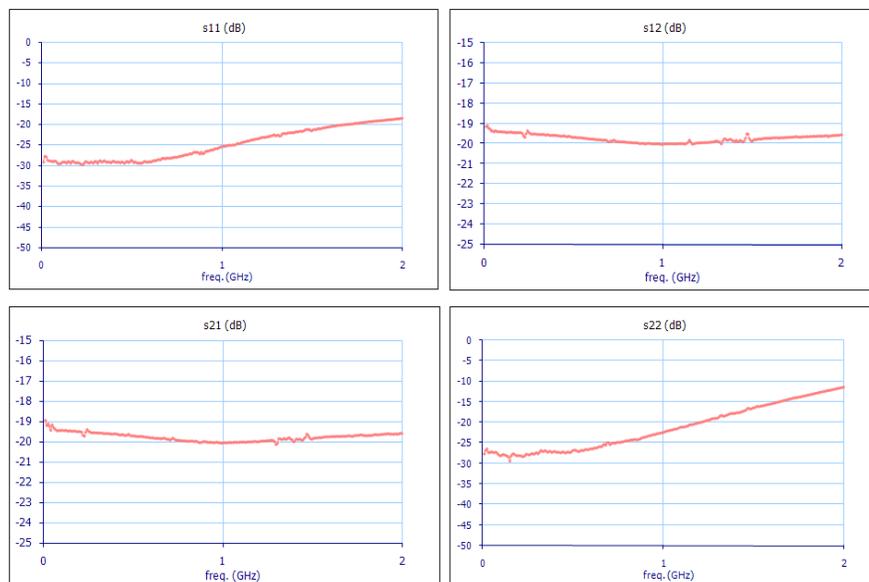


Figura A. 20.2.- Parámetros de Scattering de la rama acoplada del acoplador

- SN 2

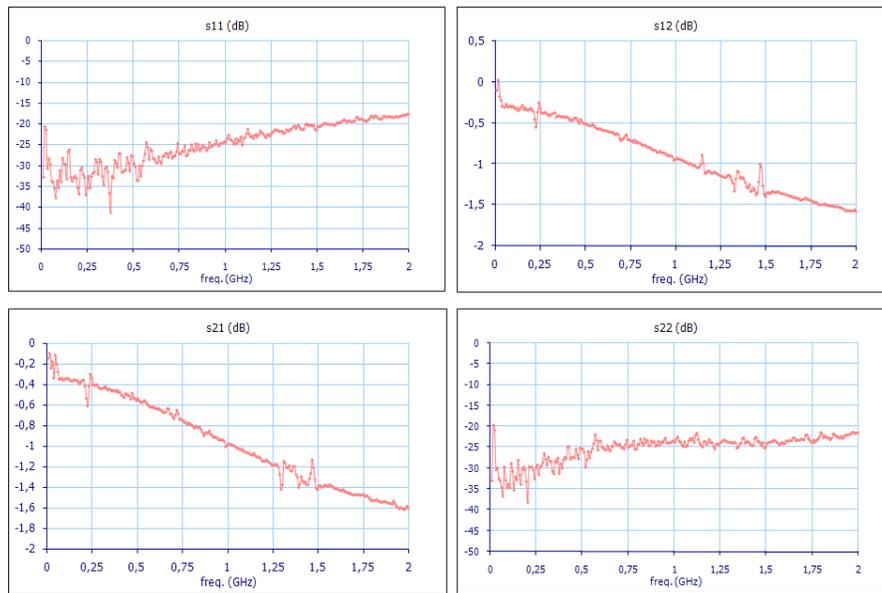


Figura A. 21.1.- Parámetros de Scattering de la rama directa del acoplador

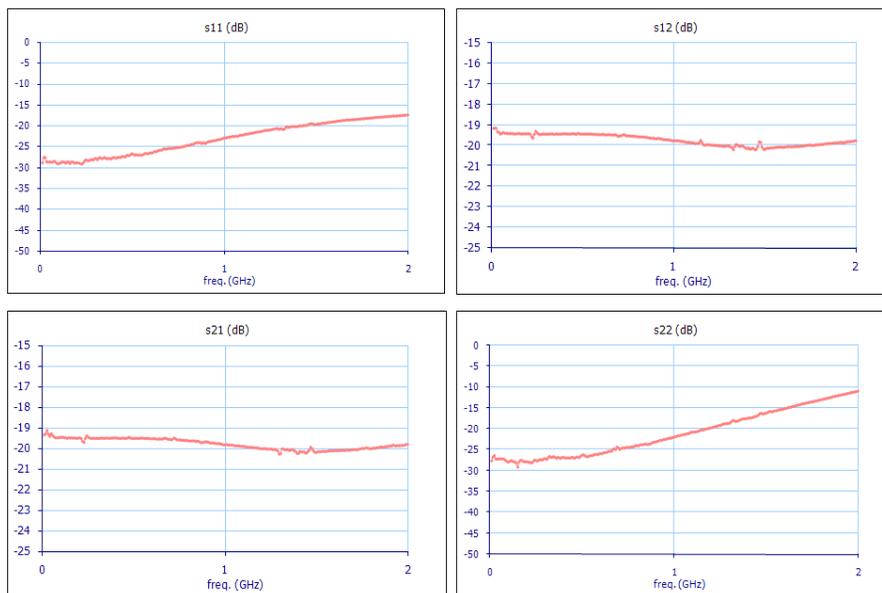


Figura A. 21.2.- Parámetros de Scattering de la rama acoplada del acoplador

- SN 3

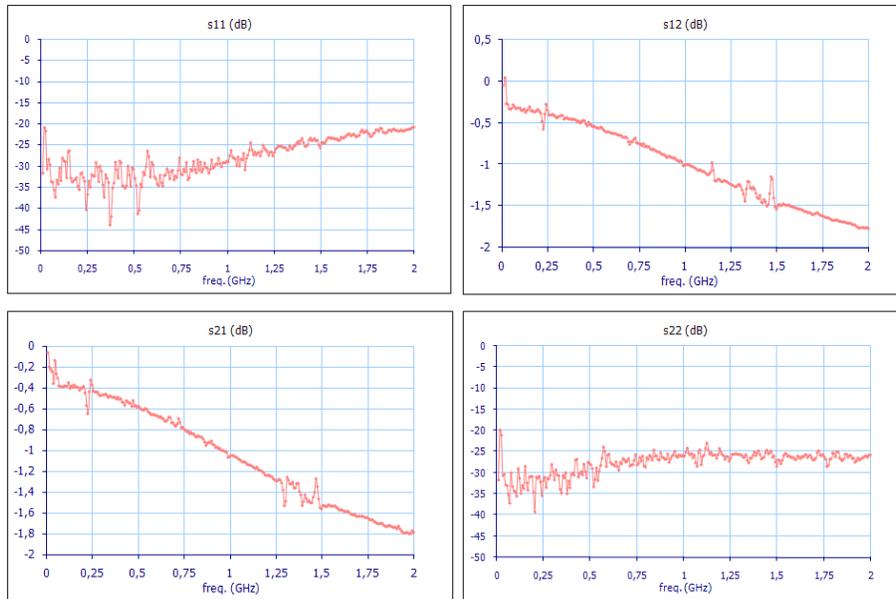


Figura A. 22.1.- Parámetros de Scattering de la rama directa del acoplador

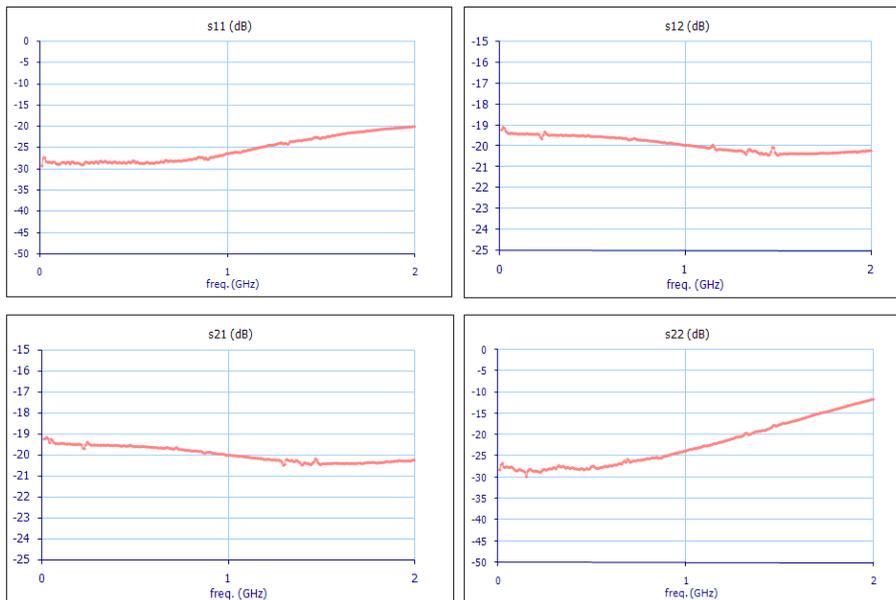


Figura A. 22.2.- Parámetros de Scattering de la rama acoplada del acoplador

A la vista de las medidas, se concluye que los acopladores cumplen las especificaciones impuestas por el fabricante.

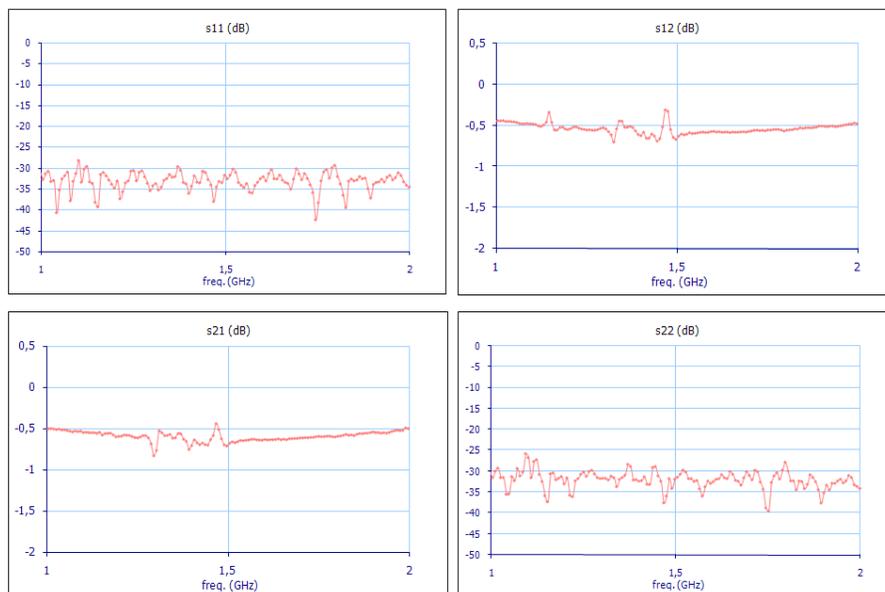
## A.6) Acopladores Pulsar CS10-03-436/7

### A.6.1) Especificaciones:

- Rango frecuencial: 1 a 2GHz
- Pérdidas de inserción: 0.5dB max
- Pérdidas de acoplamiento:  $10 \pm 1.25$ dB
- VSWR: 1.1:1

### A.6.2) Medidas:

- SN 1



**Figura A. 23.1.-** Parámetros de Scattering de la rama directa del acoplador

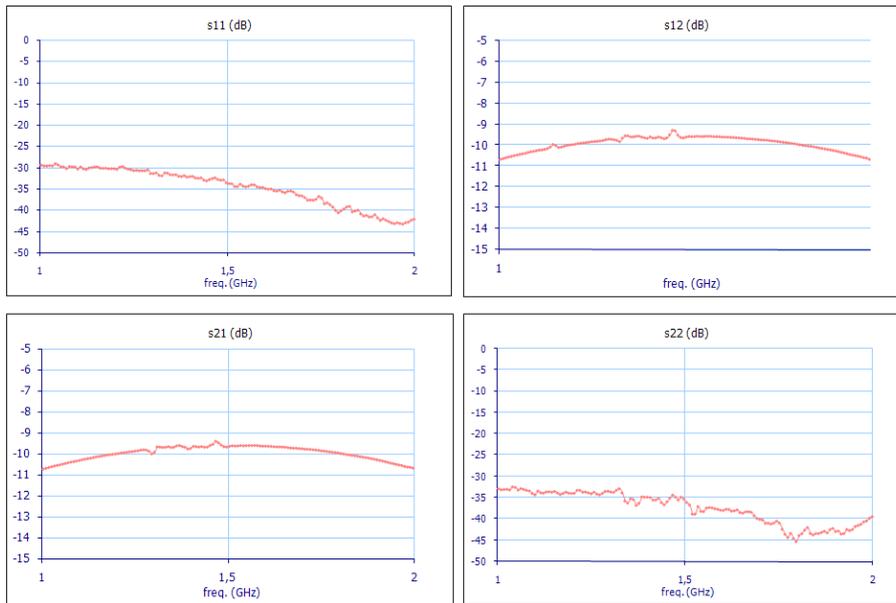


Figura A. 23.2.- Parámetros de Scattering de la rama acoplada del acoplador

- SN 2

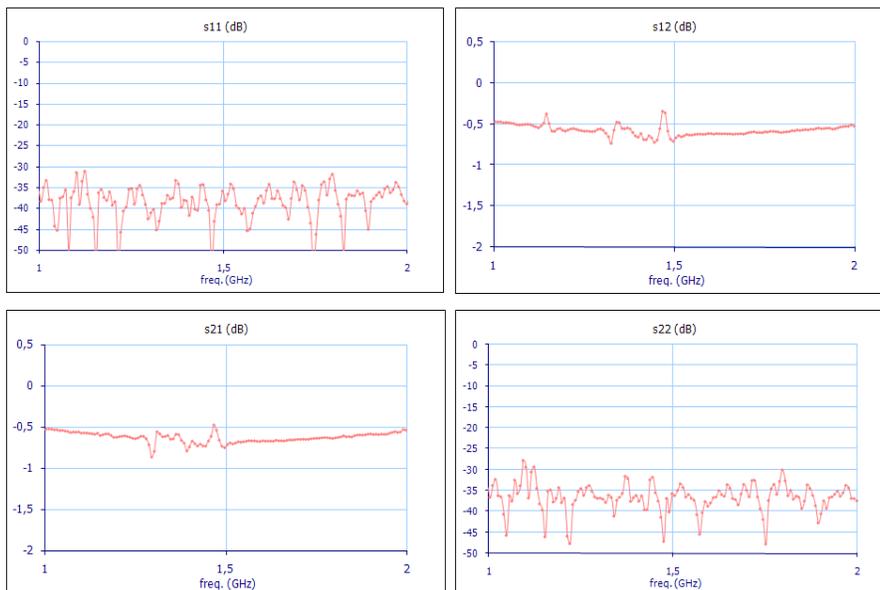


Figura A. 24.1.- Parámetros de Scattering de la rama directa del acoplador

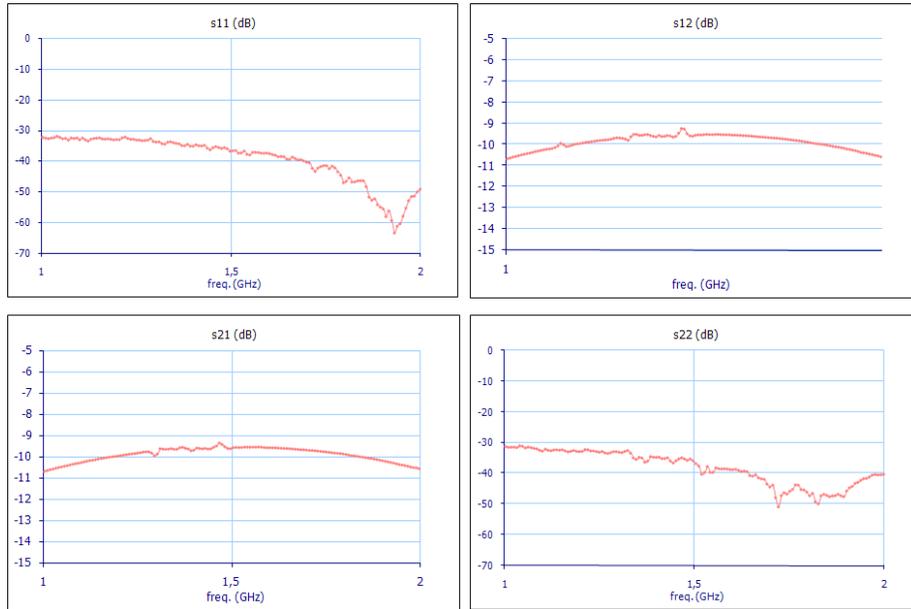


Figura A. 24.2.- Parámetros de Scattering de la rama acoplada del acoplador

- SN 3

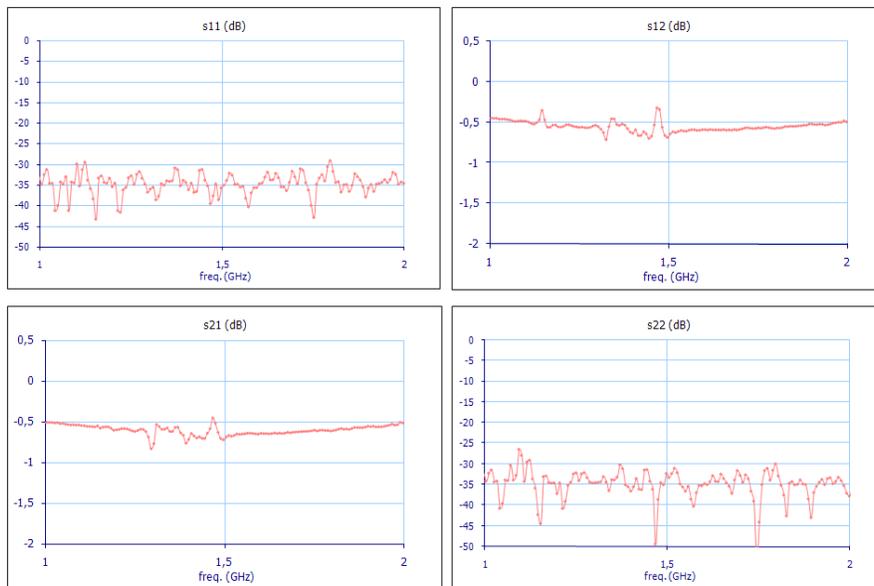
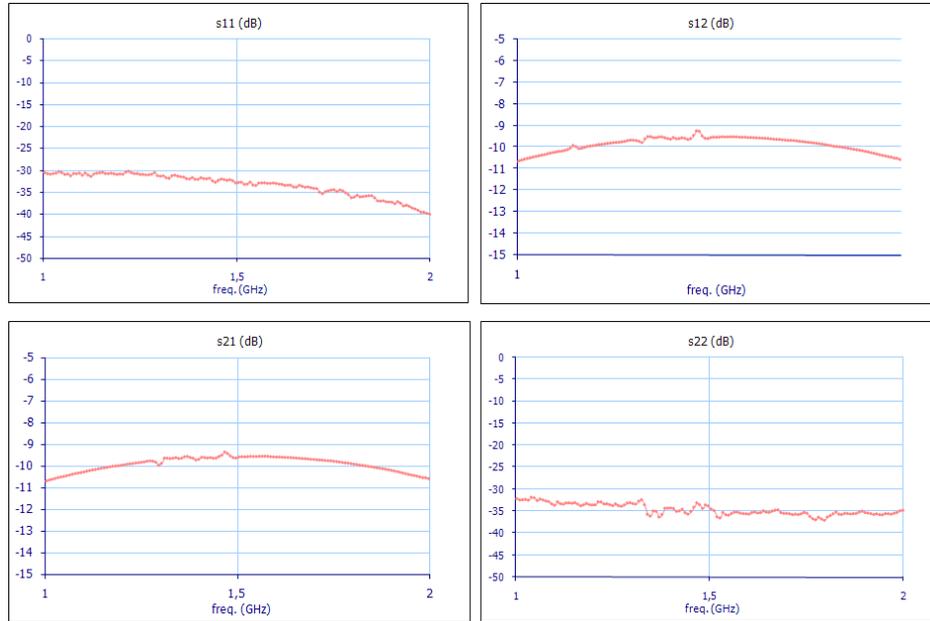


Figura A. 25.1.- Parámetros de Scattering de la rama directa del acoplador



**Figura A. 25.2.-** Parámetros de Scattering de la rama acoplada del acoplador

A la vista de las figuras, se concluye que los acopladores funcionan correctamente en base a las especificaciones del fabricante.

## **A.7) Divisores Pulsar PS2-09-450/3S**

### **A.7.1) Especificaciones:**

- Rango frecuencial: 1 a 4GHz
- Pérdidas de inserción: 3.4dB max
- Aislamiento: 20dB min
- VSWR: 1.4:1 max

### A.7.2) Medidas:

- SN 1

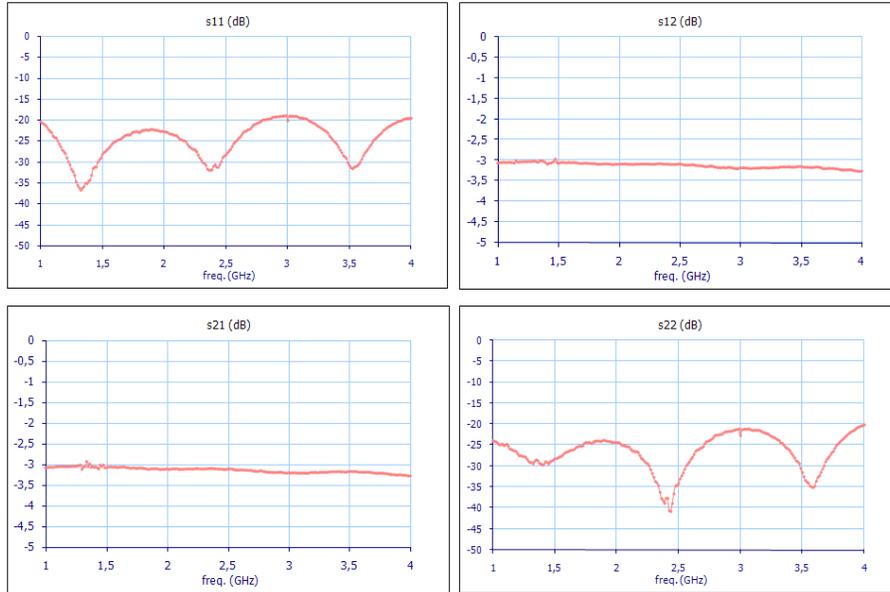


Figura A. 26.1.- Parámetros de Scattering de la salida 1 del divisor

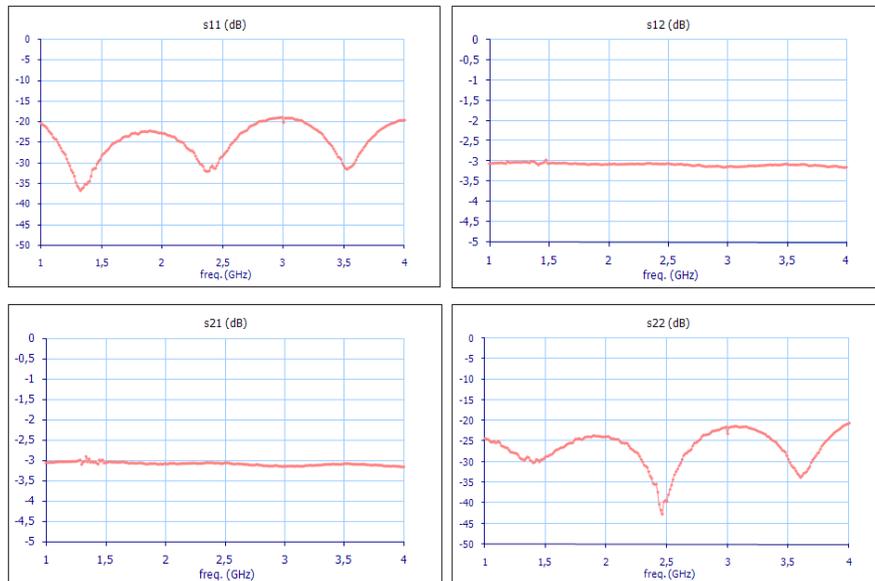


Figura A. 26.2.- Parámetros de Scattering de la salida 2 del divisor

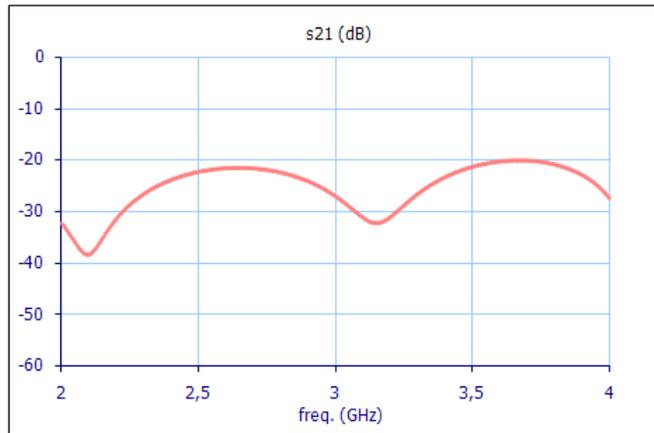


Figura A. 26.3.- Aislamiento entre las salidas del divisor

- SN 2

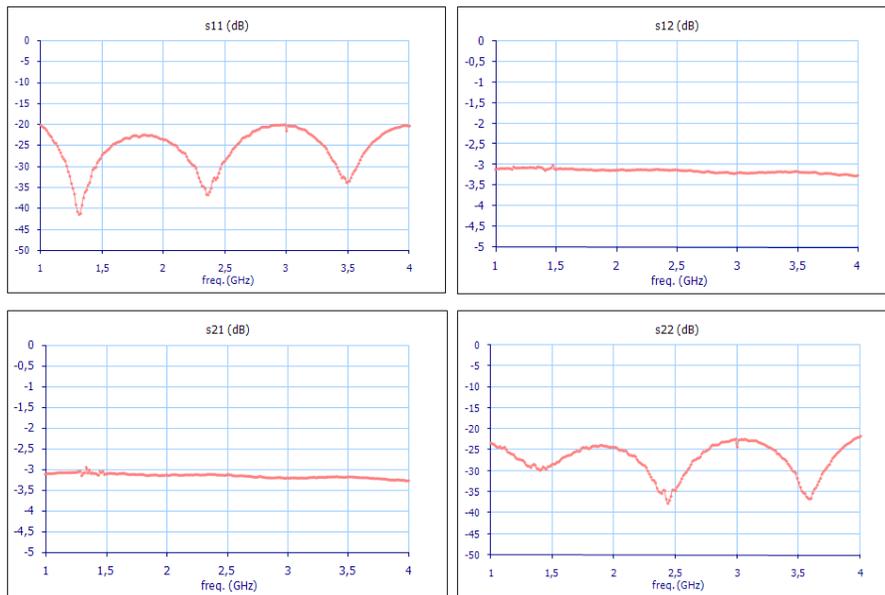
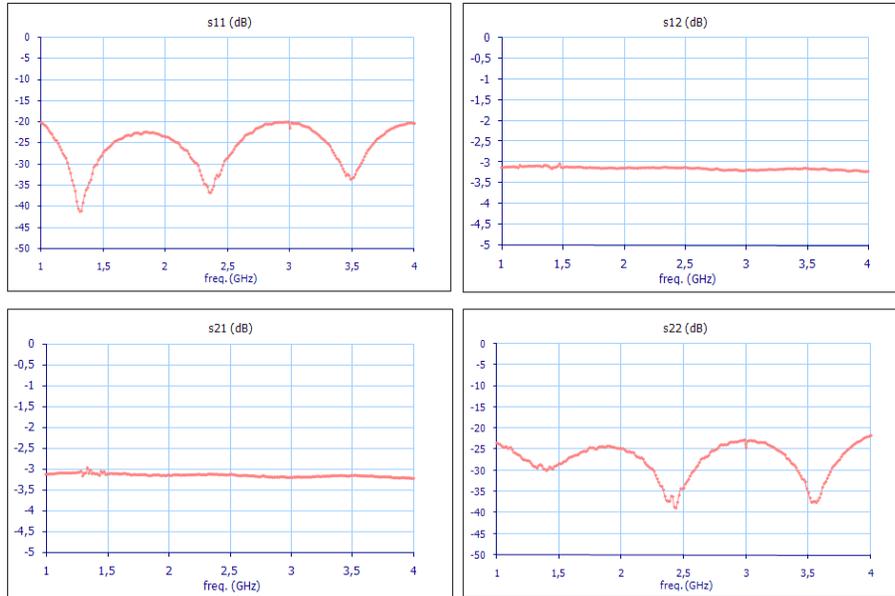
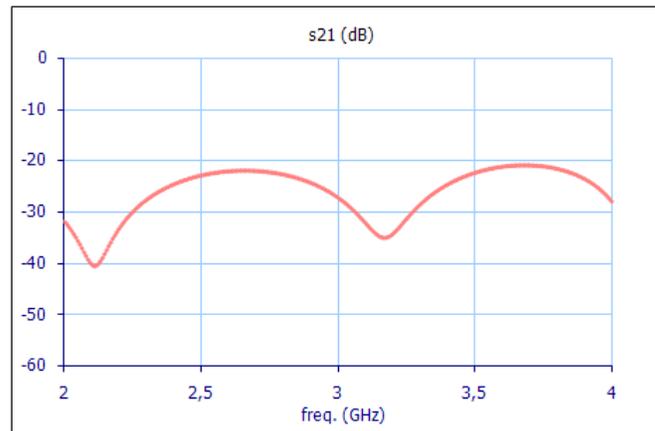


Figura A. 27.1.- Parámetros de Scattering de la salida 1 del divisor



**Figura A. 27.2.-** Parámetros de Scattering de la salida 2 del divisor



**Figura A. 27.3.-** Aislamiento entre las salidas del divisor

- SN 3

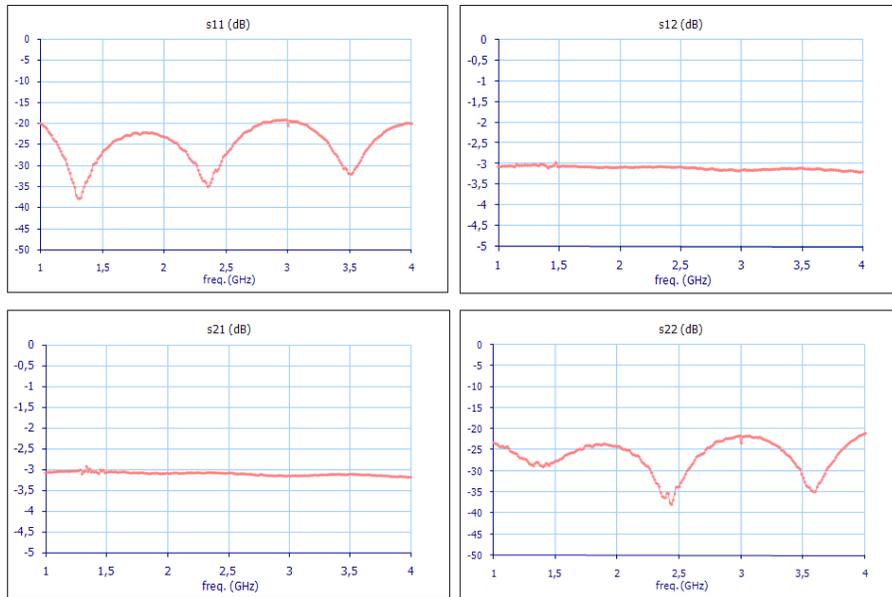


Figura A. 28.1.- Parámetros de Scattering de la salida 1 del divisor

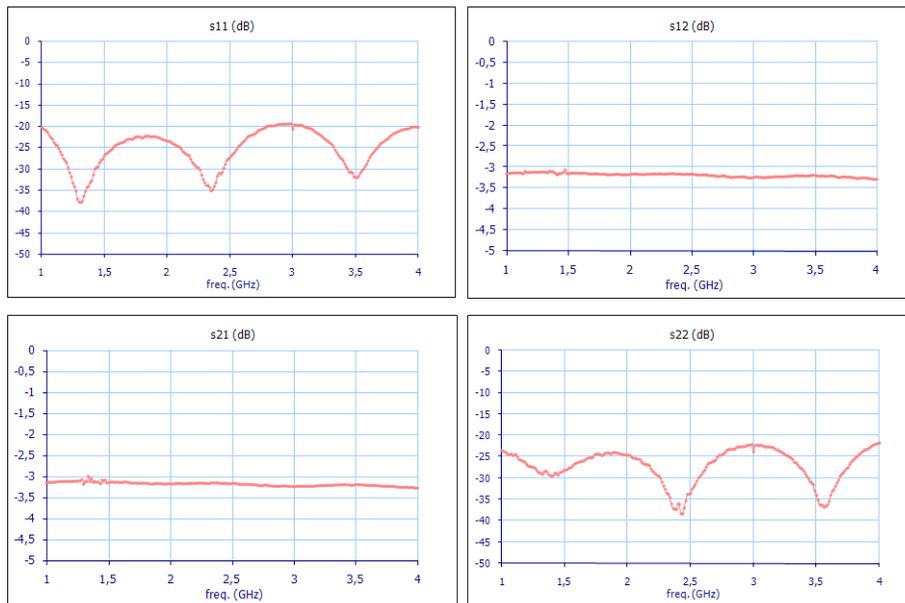
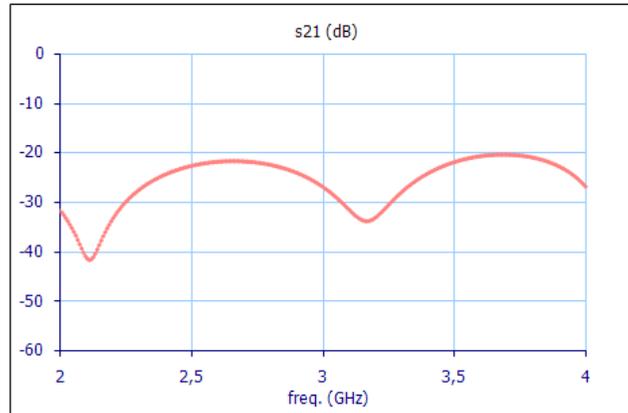


Figura A. 28.2.- Parámetros de Scattering de la salida 2 del divisor



**Figura A. 28.3.-** Aislamiento entre las salidas del divisor

A la vista de las medidas, se concluye que los divisores cumplen las especificaciones impuestas por el fabricante.

## **A.8) Conmutadores Narda SS123DHS-80**

### **A.8.1) Especificaciones:**

- Rango frecuencial: 2 a 18GHz
- Pérdidas de inserción: 2.9dB max
- Aislamiento: 80dB min
- VSWR: 2:1 max

### A.8.2) Medidas:

- SN 52

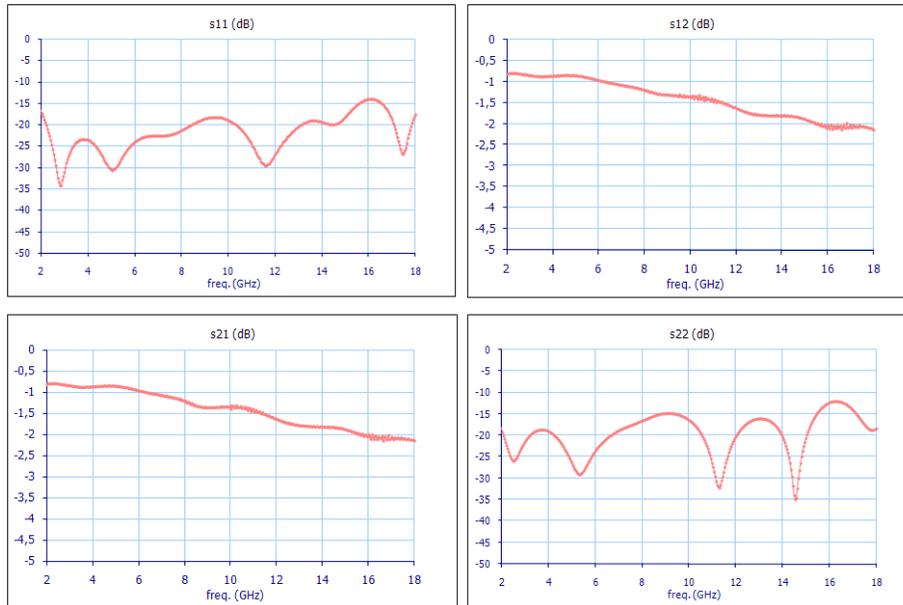


Figura A. 29.1.- Parámetros de Scattering de la salida 1 del conmutador

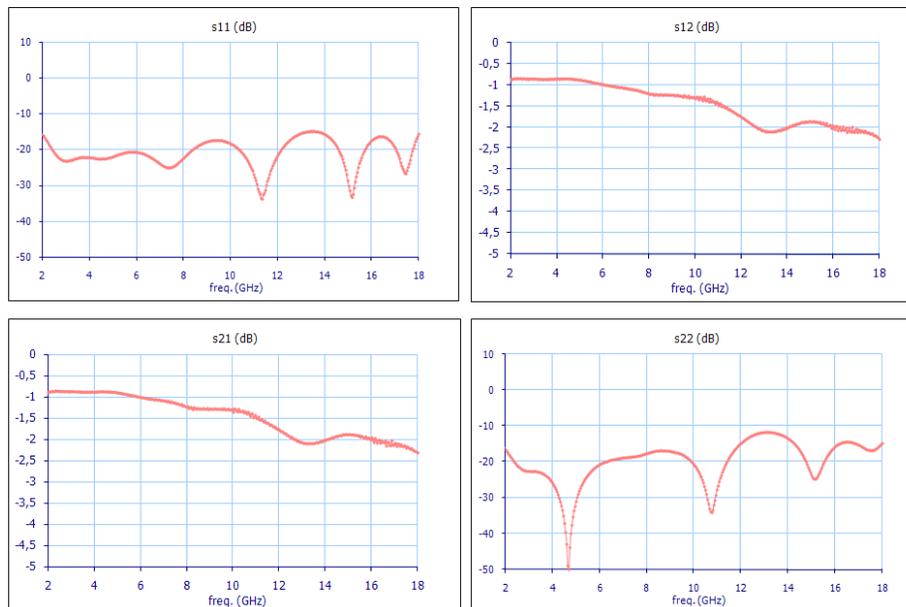
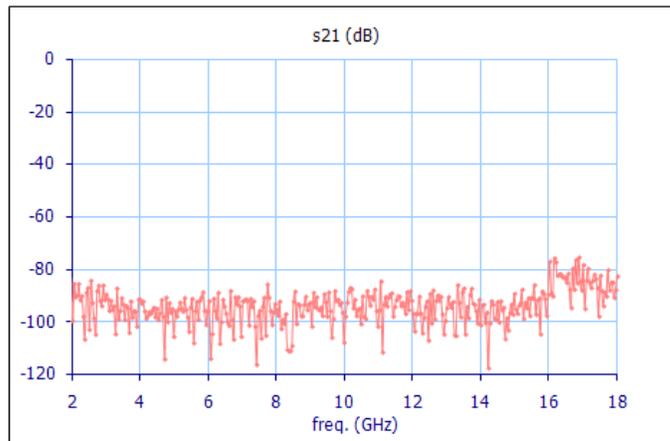
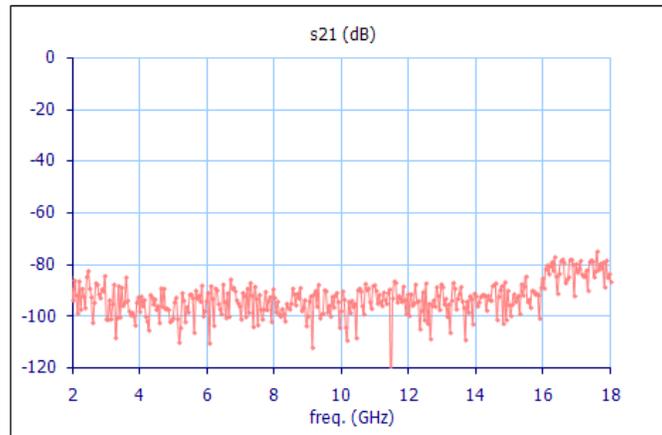


Figura A. 29.2.- Parámetros de Scattering de la salida 2 del conmutador



**Figura A. 29.3.-** Aislamiento del conmutador en la salida 1



**Figura A. 29.4.-** Aislamiento del conmutador en la salida 2

- SN 53

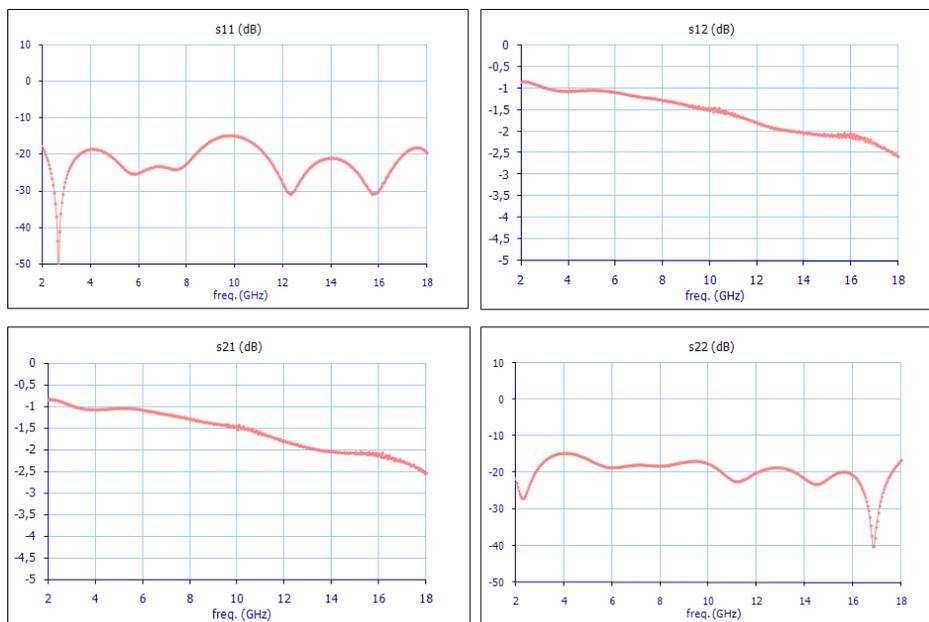


Figura A. 30.1.- Parámetros de Scattering de la salida 1 del conmutador

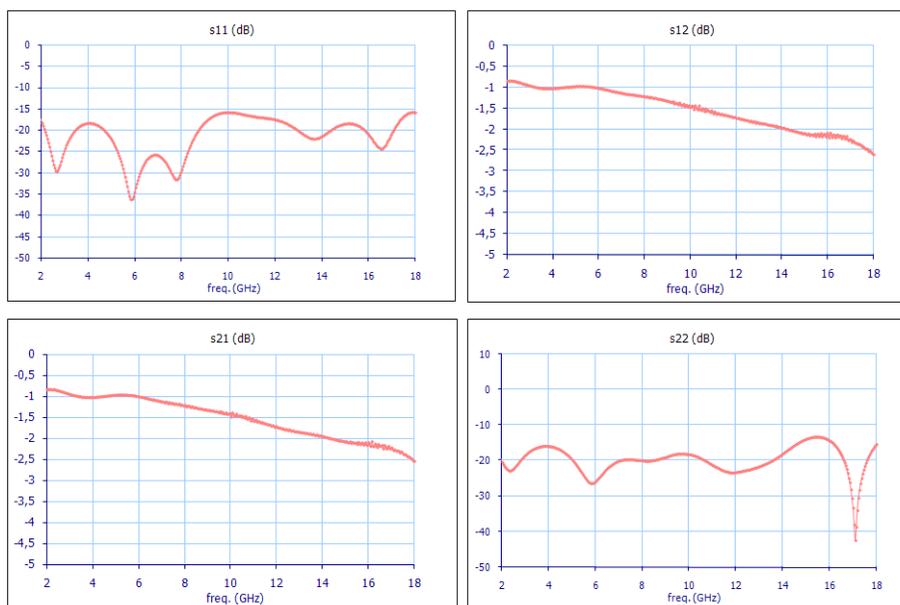
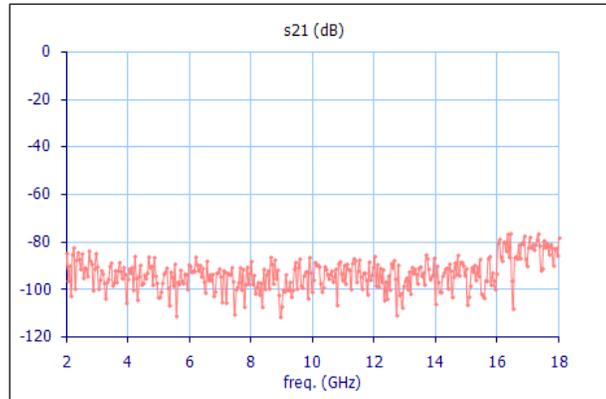
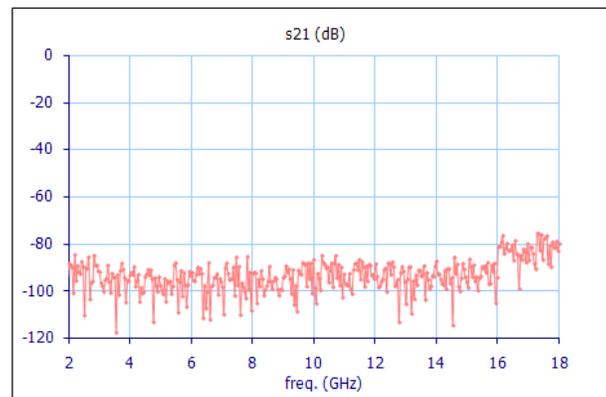


Figura A. 30.2.- Parámetros de Scattering de la salida 2 del conmutador



**Figura A. 30.3.-** Aislamiento del conmutador en la salida 1



**Figura A. 30.4.-** Aislamiento del conmutador en la salida 2

A la vista de las figuras, se concluye que los conmutadores funcionan correctamente en base a las especificaciones del fabricante.

## **A.9) Conmutador Narda SS122DHS**

### **A.9.1) Especificaciones:**

- Rango frecuencial: 0.5 a 18GHz
- Pérdidas de inserción: 2.9dB max
- Aislamiento: 70dB min
- VSWR: 2:1 max

### A.9.2) Medidas:

- SN 614

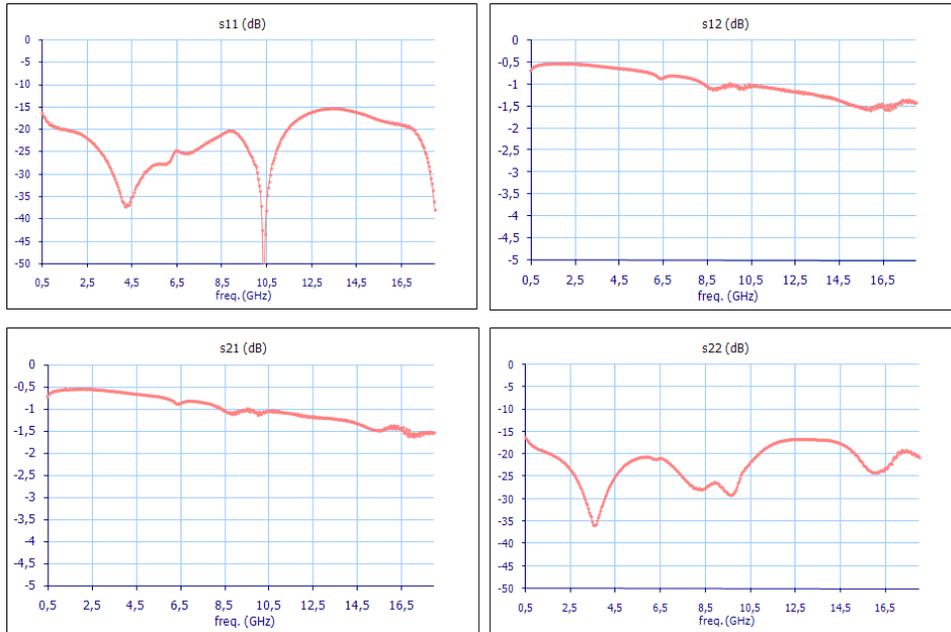


Figura A. 31.1.- Parámetros de Scattering de la salida 1 del conmutador

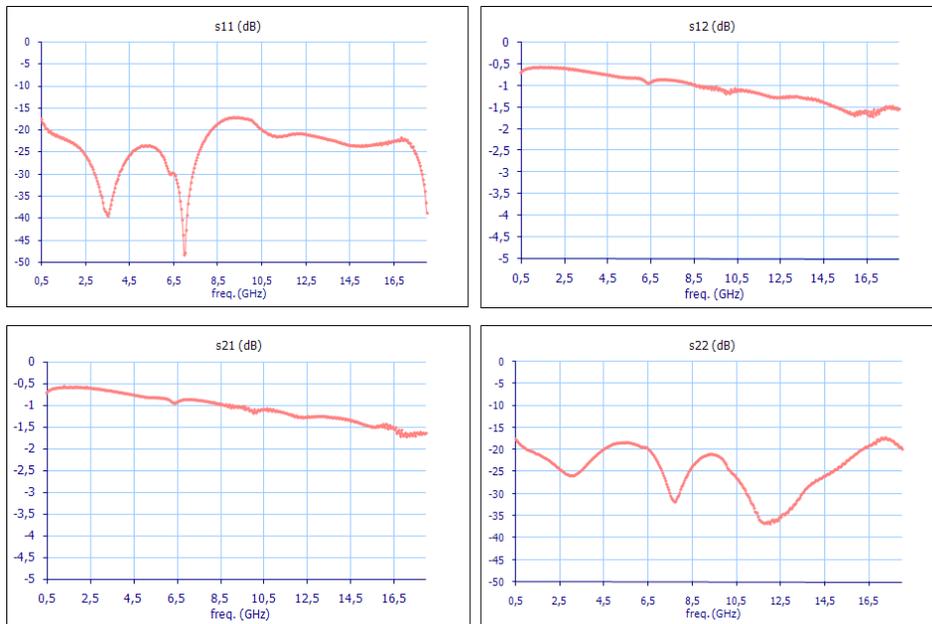
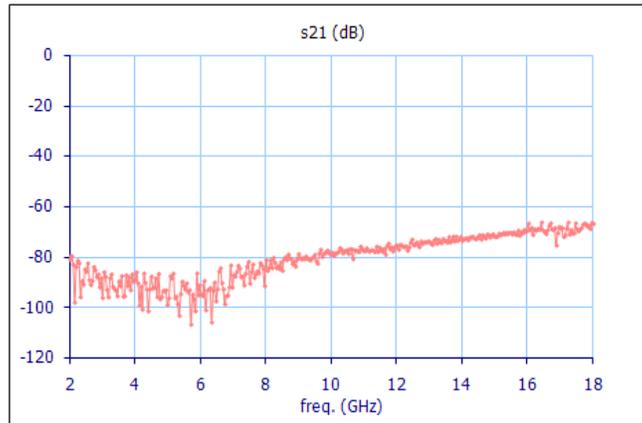
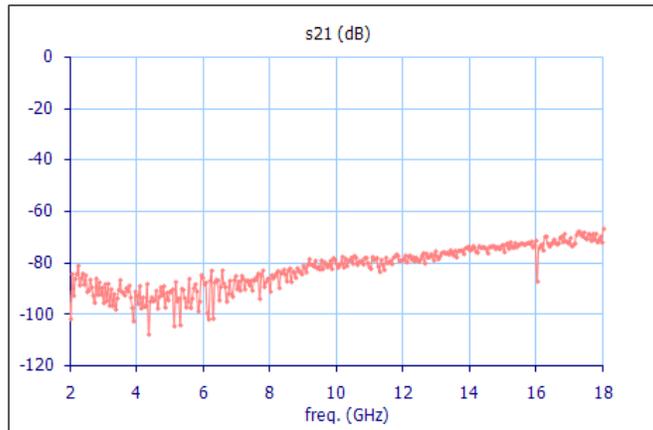


Figura A. 31.2.- Parámetros de Scattering de la salida 2 del conmutador



**Figura A. 31.3.-** Aislamiento del conmutador en la salida 1



**Figura A. 31.4.-** Aislamiento del conmutador en la salida 2

A la vista de las medidas, se concluye que los conmutadores cumplen las especificaciones impuestas por el fabricante.

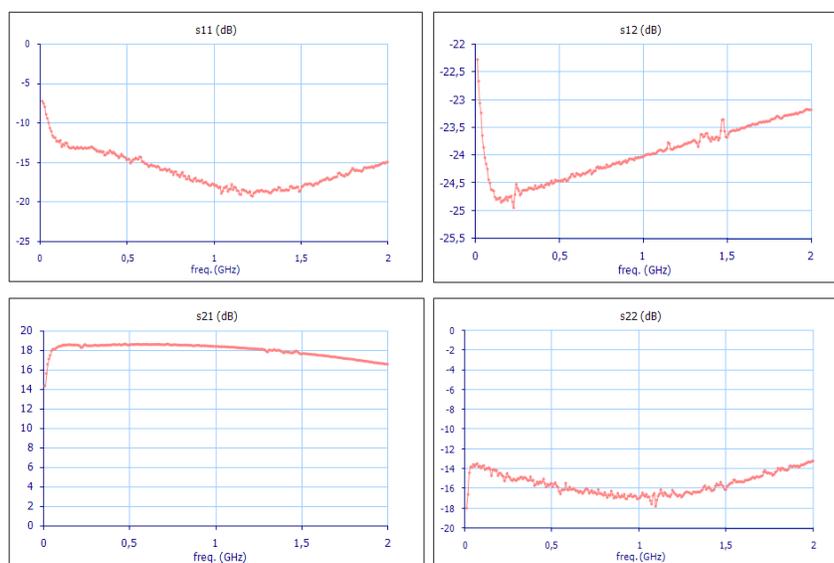
## A.10) Amplificador Miteq AFS1

### A.10.1) Especificaciones:

- Rango frecuencial: 0.1 a 2GHz
- Ganancia: 14dB min  $\pm$  1.5dB
- VSWR: 2:1 max

### A.10.2) Medidas:

- **AFS1-00100200-11-12P-4 / SN 1398846**



**Figura A. 32.1.-** Parámetros de Scattering del amplificador

- AFS1-00100200-11-12P-4 / SN 1398847

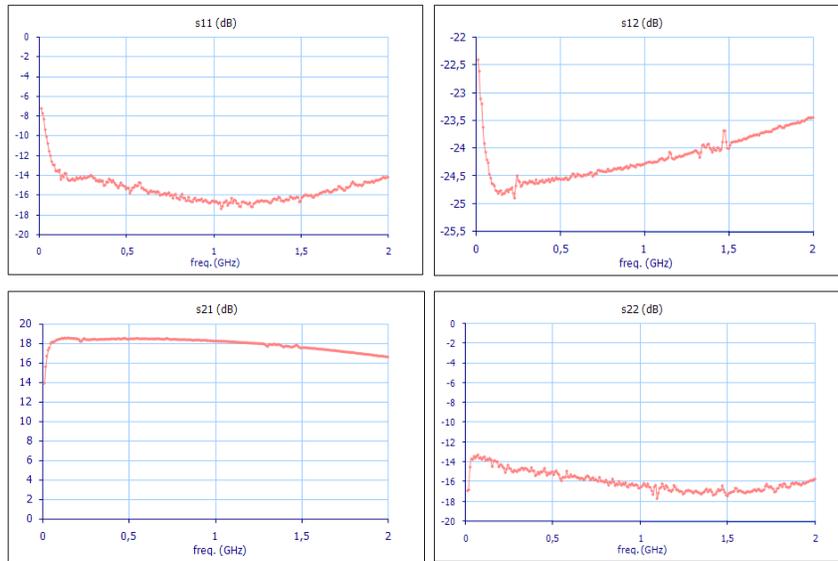


Figura A. 32.2.- Parámetros de Scattering del amplificador

- AFS1-00100200-11-12P-4 / SN 1398848

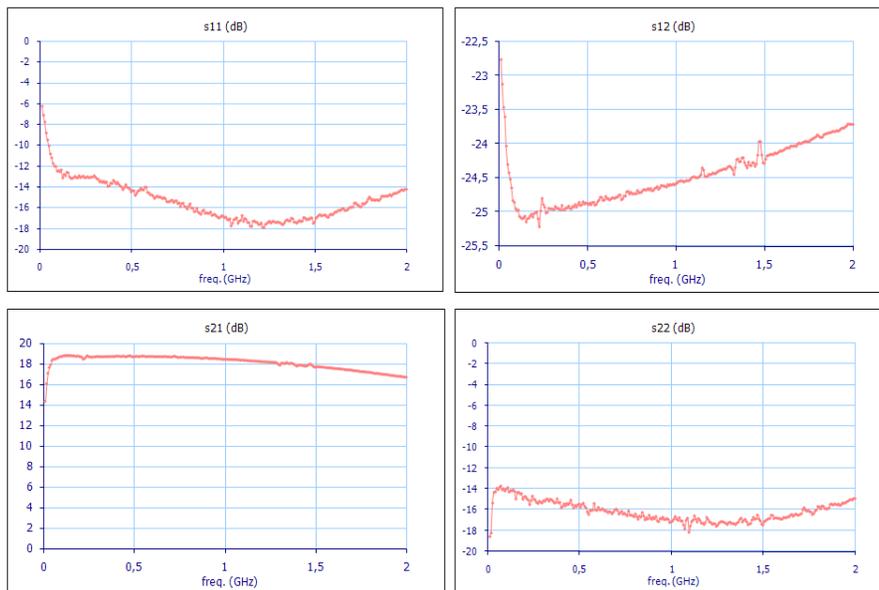


Figura A. 32.3.- Parámetros de Scattering del amplificador

A la vista de las medidas, se concluye que los amplificadores cumplen las especificaciones impuestas por el fabricante.

## **A.11) Mezclador Miteq DM0104LA1**

### **A.11.1) Especificaciones:**

- Rango frecuencial RF: 1 a 4GHz
- Rango frecuencial LO: 1 a 4GHz
- Rango frecuencial IF: 0 a 1GHz
- Pérdidas de conversión : 7dB max
- Aislamiento RF-OL: 30dB min
- Aislamiento IF-OL: 30dB min
- Aislamiento IF-RF: 30dB
- VSWR RF: 2.5:1 max
- VSWR IF: 2.5:1 max

### **A.11.2) Medidas:**

- **SN 1238531**

Condiciones de las medidas:

- OL= 10dBm@2.25GHz
- RF=[1.2-1.8GHz]@-10dBm

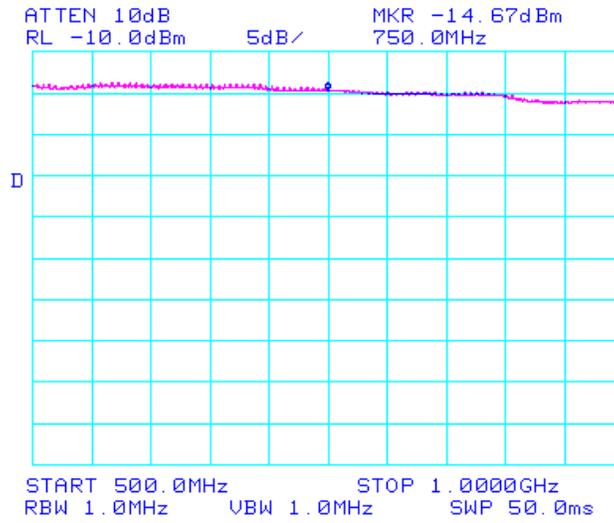


Figura A. 33.1.- Señal de IF salida del mezclador

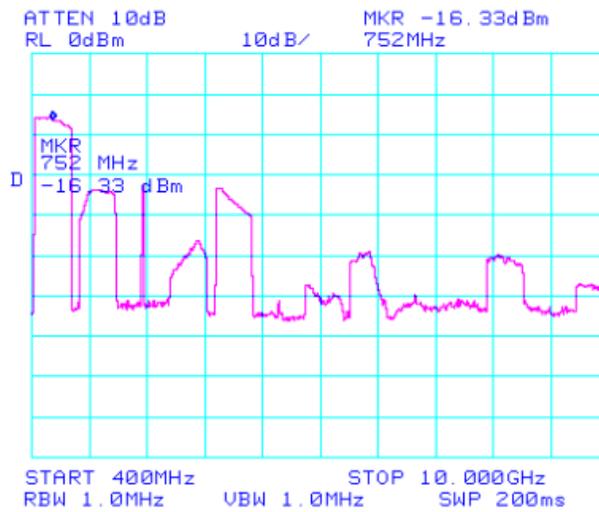
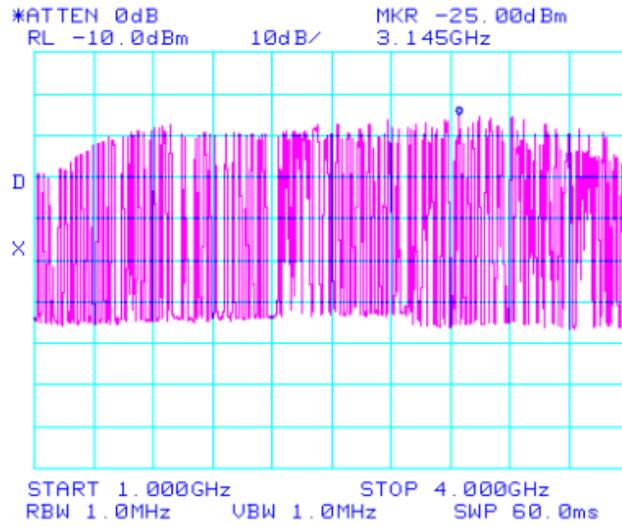
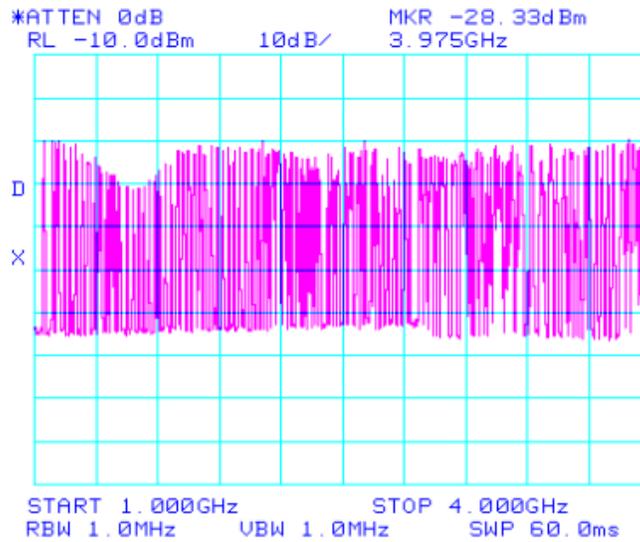


Figura A. 33.2.- Señal de IF salida del mezclador y bandas espúreas

- **Medidas de aislamiento.**



**Figura A. 33.3.-** Aislamiento RF – OL para un OL de 10dBm



**Figura A. 33.4.-** Aislamiento IF – OL para un OL de 10dBm

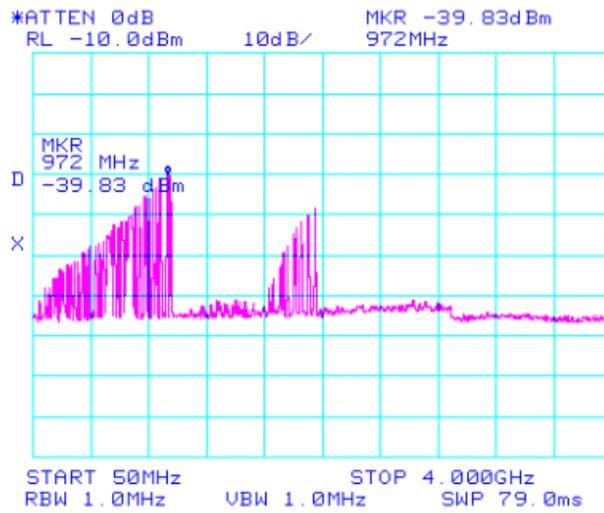


Figura A. 33.5.- Aislamiento IF – RF para una RF de -10dBm

- SN 1238541

Condiciones de las medidas:

- OL= 10dBm@2.25GHz
- RF=[1.2-1.8GHz]@-10dBm

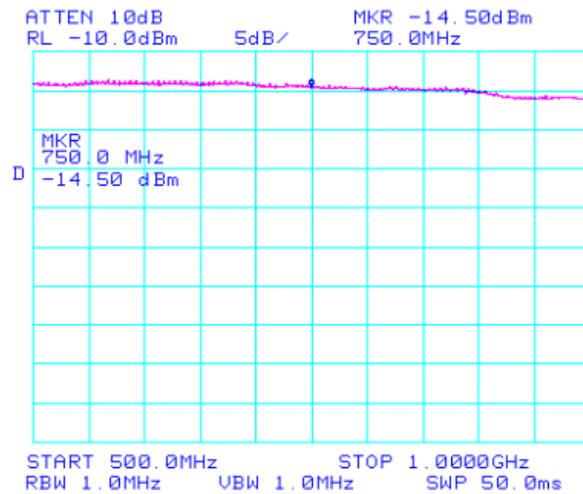


Figura A. 34.1.- Señal de IF salida del mezclador

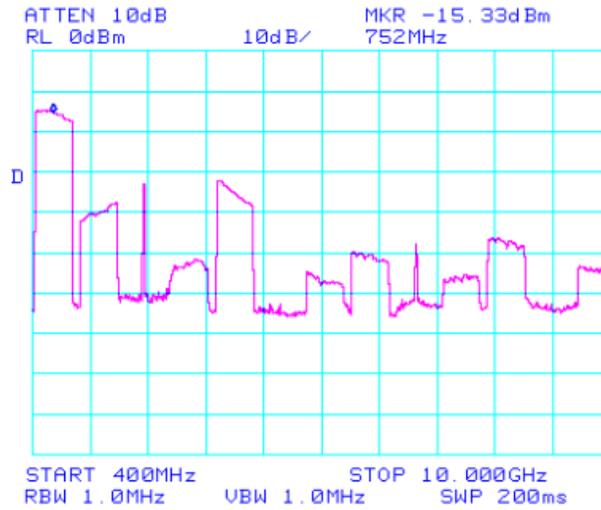


Figura A. 34.2.- Señal de IF salida del mezclador y bandas espúreas

- **Medidas de aislamiento**

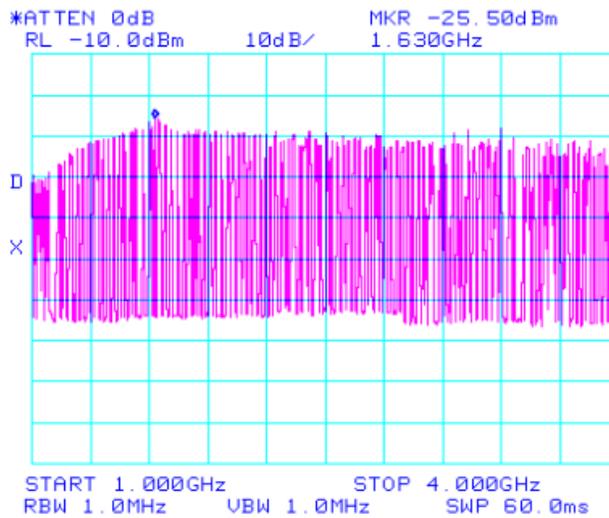


Figura A. 34.3.- Aislamiento RF – OL para un OL de 10dBm

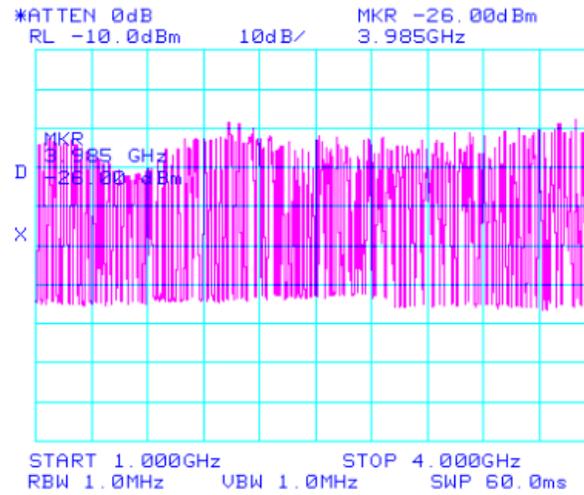


Figura A. 34.4.- Aislamiento IF – OL para un OL de 10dBm

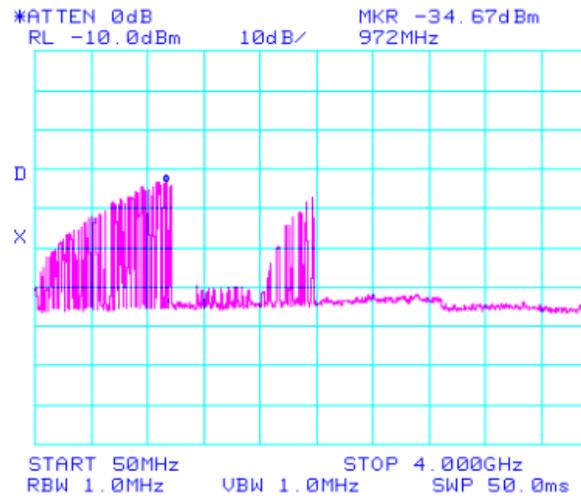


Figura A. 34.5.- Aislamiento IF – RF para una RF de -10dBm

- SN 1238545

Condiciones de las medidas:

- OL= 10dBm@2.25GHz
- RF=[1.2-1.8GHz]@-10dBm

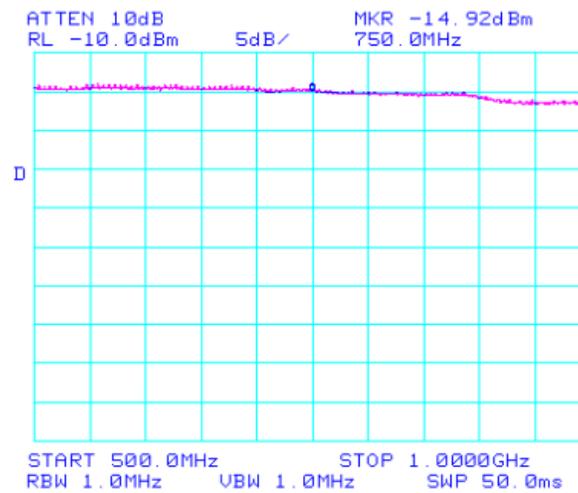


Figura A. 35.1.- Señal de IF salida del mezclador

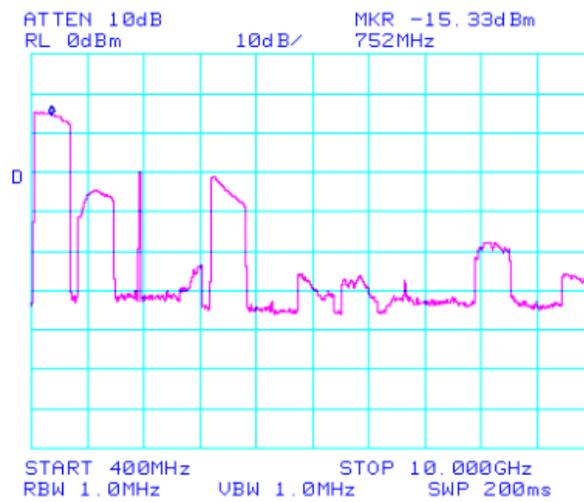
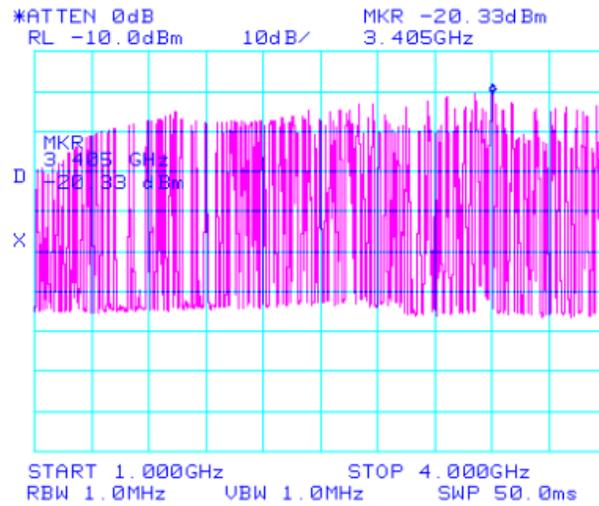
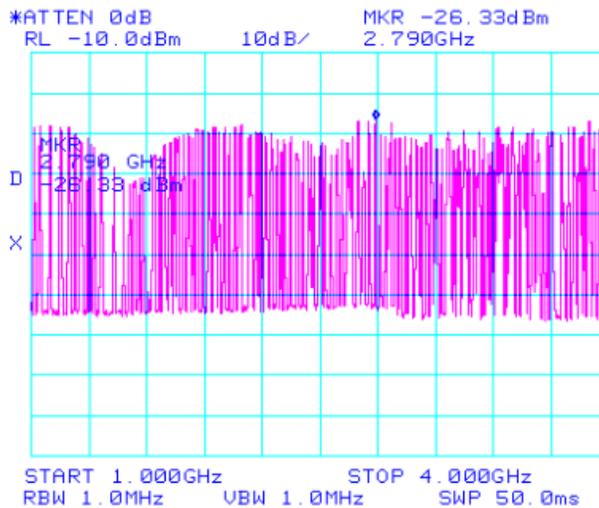


Figura A. 35.2.- Señal de IF salida del mezclador y bandas espúreas

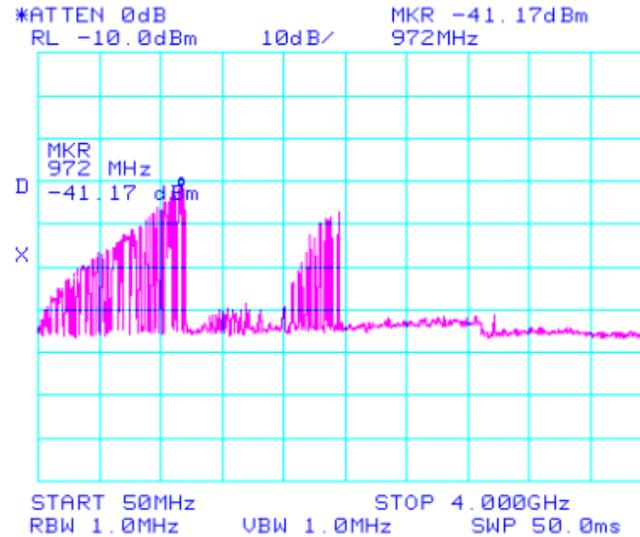
- **Medidas de aislamiento**



**Figura A. 35.3.-** Aislamiento RF – OL para un OL de 10dBm



**Figura A. 35.4.-** Aislamiento IF – OL para un OL de 10dBm



**Figura A. 35.5.-** Aislamiento IF – RF para una RF de -10dBm

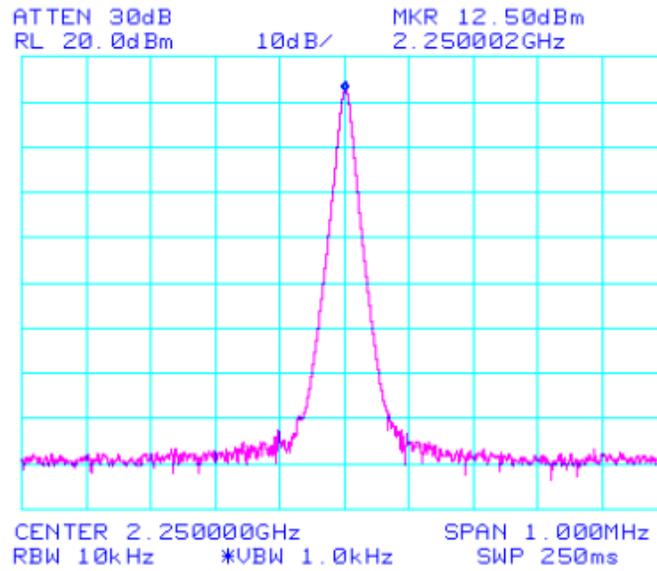
A la vista de las medidas, se concluye que los mezcladores cumplen las especificaciones impuestas por el fabricante.

## A.12) Oscilador Miteq BCO-10-2250-3-15P

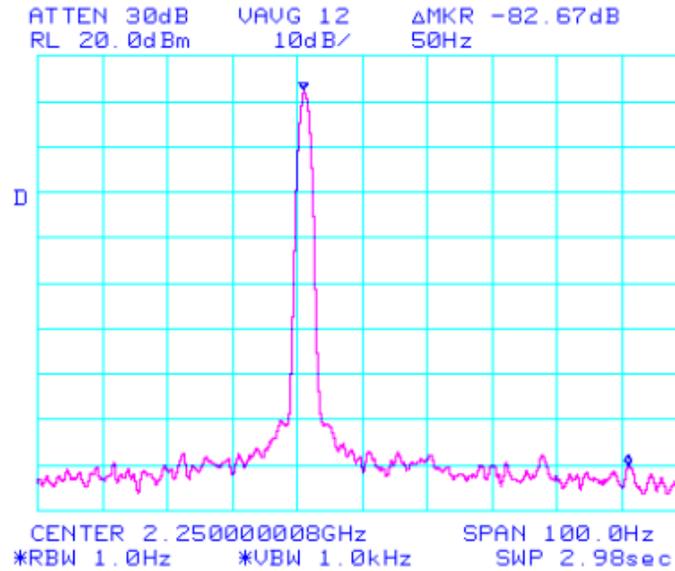
### A.12.1) Especificaciones:

- Rango frecuencial: 0.2 a 16GHz
- Potencia de salida: 13dBm min
- Nivel de armónicos: -20dBc min
- Nivel de espúreos: -70dBc min
- VSWR: 1.5:1

A.12.2) **Medidas:**



**Figura A. 36.1.-** Señal de salida del oscilador



**Figura A. 36.2.-** Nivel de espúreos entorno a la portadora

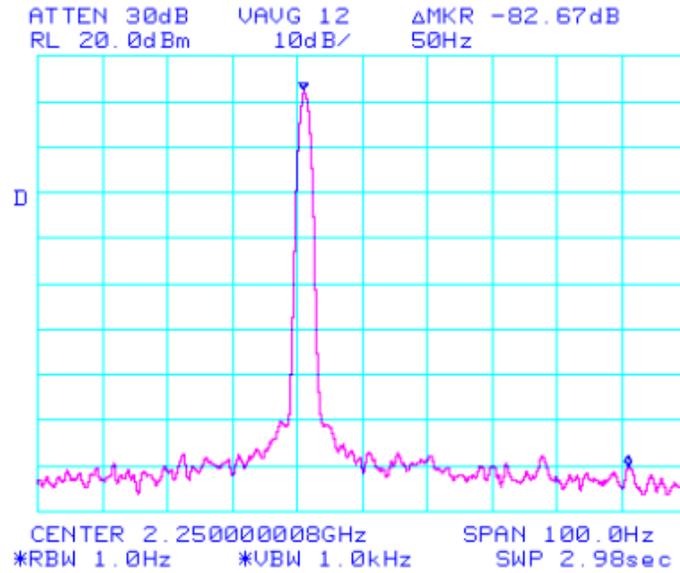


Figura A. 36.3.- Nivel de espúreos entorno a la portadora

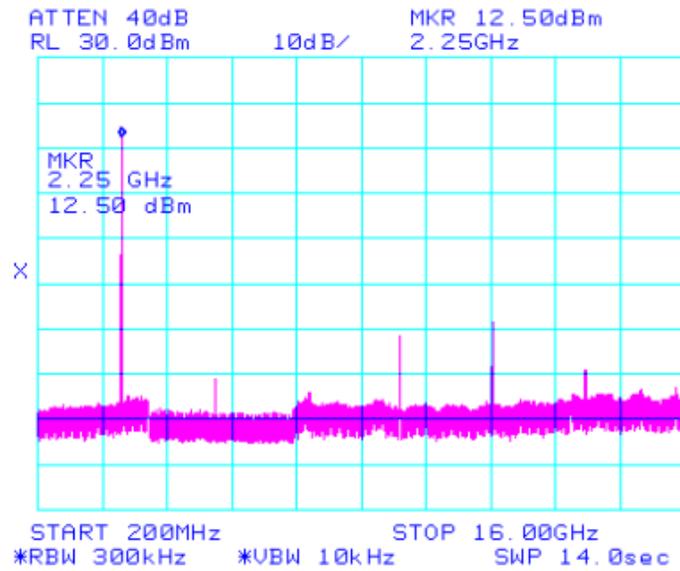


Figura A. 36.4.- Nivel de armónicos de la señal

A la vista de las figuras, se concluye que el oscilador funciona correctamente en base a las especificaciones.