

Sistemas de Comunicaciones basados en Radio Definida por Software (SDR)

Dr. Ing. Alejandro José Uriz

Elementos complementarios de un sistema SDR

Un sistema de comunicaciones está compuesto por varios subsistemas. Si bien el paradigma SDR reduce la cantidad de hardware, sigue siendo necesario.

Elementos complementarios de un sistema SDR

Se estudiarán los subsistemas complementarios que debería tener un dispositivo SDR para convertirse en un prototipo con un determinado nivel de madurez tecnológica (TRL).

Por lo antes descripto, si al menos deseamos obtener un TRL 4, 5 ó 6, debemos montar un prototipo que además del SDR incluya los subsistemas más importantes de un sistema de comunicaciones.

Niveles de TRL

TRL 1 – Principios básicos observados e informados.

TRL 2 – Investigación aplicada: se formula el concepto de la tecnología y/o su aplicación.

TRL 3 – Prueba experimental de concepto.

TRL 4 – Tecnología validada en laboratorio.

TRL 5 – Tecnología validada en un entorno relevante.

TRL 6 – Tecnología demostrada en un entorno relevante.

TRL 7 – Demostración del prototipo del sistema en un entorno operativo.

TRL 8 – Sistema completo y calificado.

TRL 9 – Sistema real probado en el entorno operativo (fabricación competitiva en el caso de tecnologías).

Cálculo del enlace

El primer paso del diseño consiste en un análisis de factibilidad. Es decir, determinar en el caso de que nuestro sistema actúe como receptor la sensibilidad que deberá tener el mismo (mínima señal a recibir) o en el caso de que actúe como transmisor la potencia de salida mínima que deberá tener para que la información sea recibida en el otro extremo.

Cálculo del enlace

Para ello, utilizar una ecuación que considera las ganancias y las pérdidas de cada componente del sistema para determinar la sensibilidad de un receptor (conociendo la potencia transmitida) o la potencia del transmisor, partiendo de la sensibilidad del receptor. También las restantes componentes del radioenlace podrían ser incógnitas o variables.

Cálculo del enlace

Si se dispusiera de la potencia radiada del emisor,
solo sería

Cálculo del enlace

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{RX} + G_{TX} - 20 \log(d) - 20 \log(f) + 147$$

P_{RX} : Potencia recibida expresada en dBm.

P_{TX} : Potencia transmitida expresada en dBm.

G_{RX} : Ganancia de la antena utilizada para recepción expresada en dBi.

G_{TX} : Ganancia de la antena utilizada para transmitir expresada en dBi.

d : Distancia entre las antenas expresada en metros.

f : Frecuencia de operación del enlace en Hz.

Cálculo del enlace

La Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE) es la cantidad de potencia que emitiría una antena isotrópica teórica (es decir, aquella que distribuye la potencia exactamente igual en todas direcciones) para producir la densidad de potencia observada en la dirección de máxima ganancia de una antena. En esto se asume un diagrama isotrópico donde el valor radiado es el mismo en todas direcciones y es igual al valor máximo de potencia radiada de la antena.

Cálculo del enlace

La Potencia Isotrópica Radiada Equivalente tiene en cuenta las pérdidas de la línea de transmisión y en los conectores e incluye la ganancia de la antena. La PIRE se expresa habitualmente en decibeles respecto a una potencia de referencia emitida por una potencia de señal equivalente. Típicamente se describe en dBm o dBW . La PIRE permite comparar emisores diferentes independientemente de su tipo, tamaño o forma. Conociendo la PIRE y la ganancia de la antena real es posible calcular la potencia real y los valores del campo electromagnético.

Cálculo del enlace

El valor de la PIRE está relacionado con la ganancia de la antena y la pérdida en cables y conectores:

$$PIRE|_{dBm} = P_T|_{dBm} - Lc|_{dB} + G_T|_{dB}$$

En la expresión previa, la PIRE queda expresada en dBm , Lc es la pérdida de los cables y conectores en dB , y la ganancia de la antena G_T también se expresa en dB .

La PIRE se utiliza para estimar el área en el que la antena puede dar servicio y coordinar la radicación entre transmisores para que no se solapen las coberturas.

Cálculo del enlace

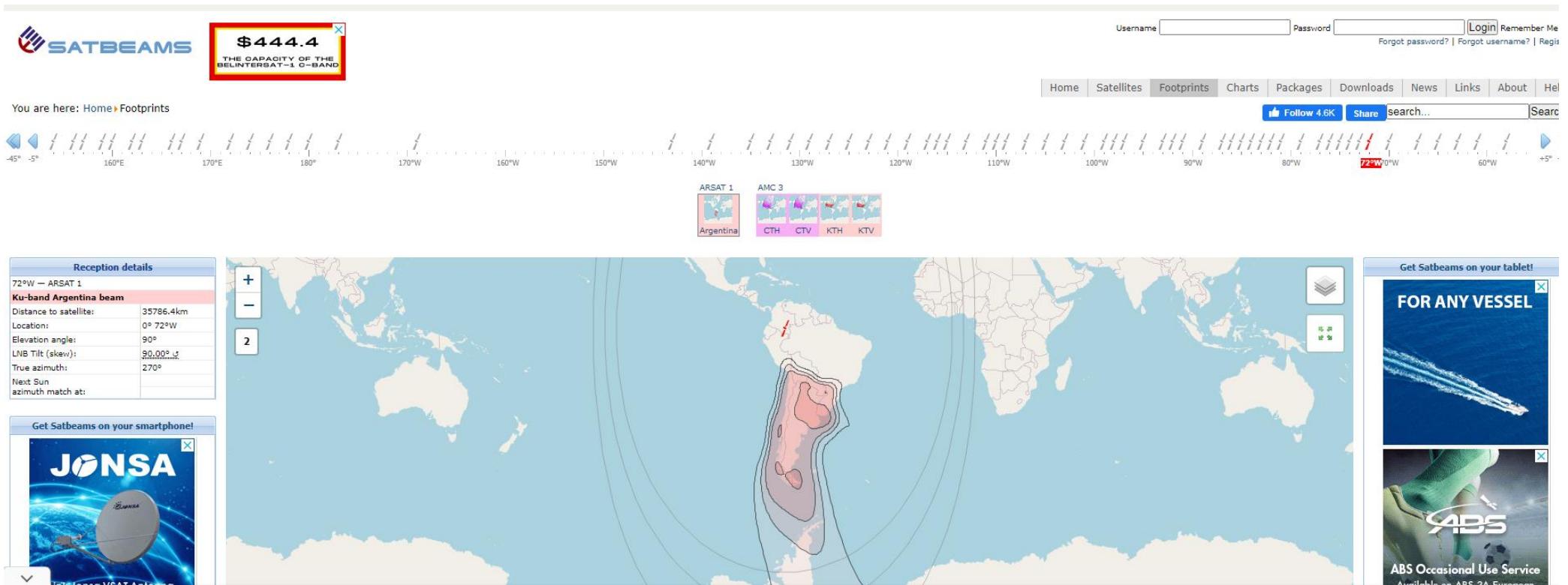
En el caso de receptores satelitales se dispone de curvas de potencia, las cuales nos muestran con qué potencia transmite el satélite a una determinada región del mapa. A su vez esta curva suele tener gradientes con saltos de 1dB.

HUELLA SATELITAL DE HISPASAT 1C

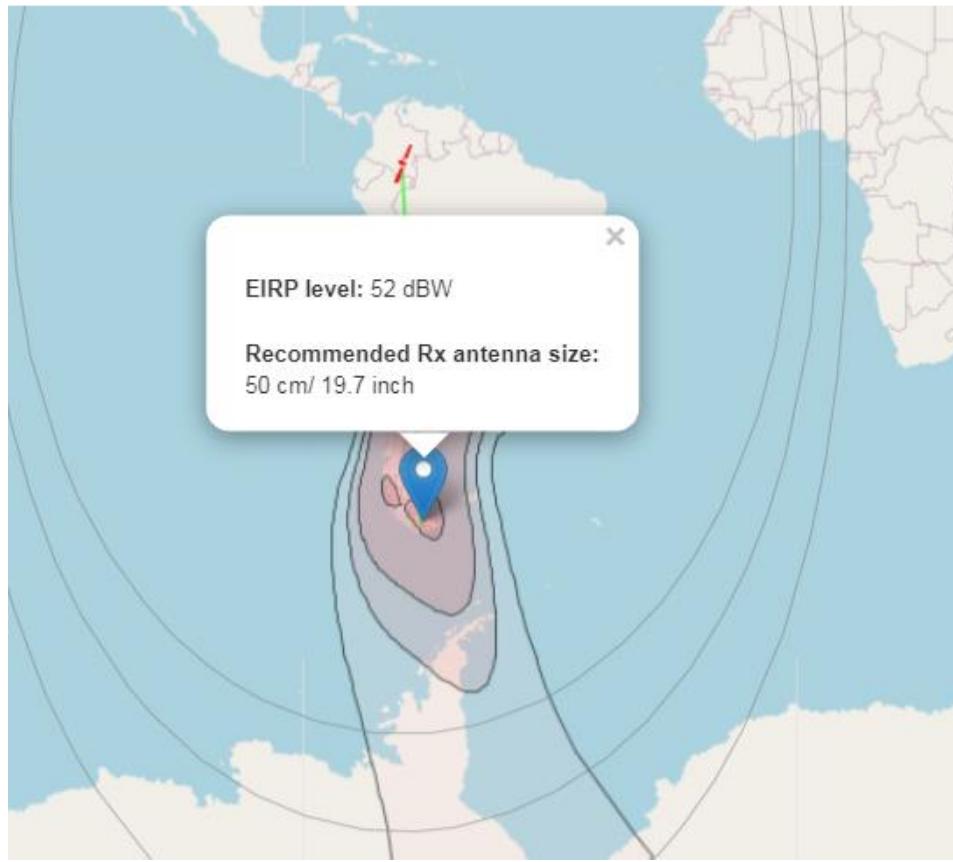
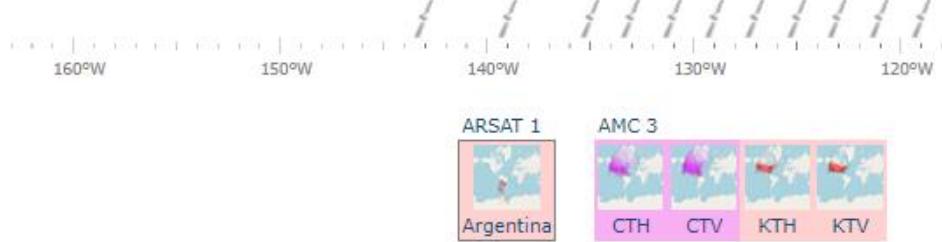


Fuente: https://viasatelital.com/satellites/huella_hispasat_1c.htm

Sitios interactivos para obtener información

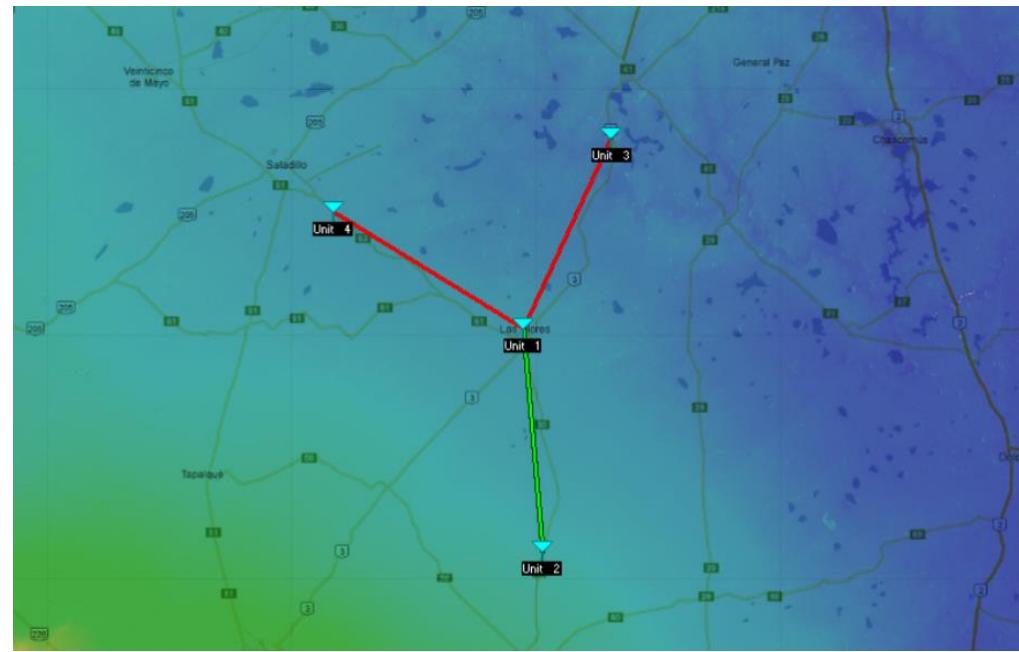
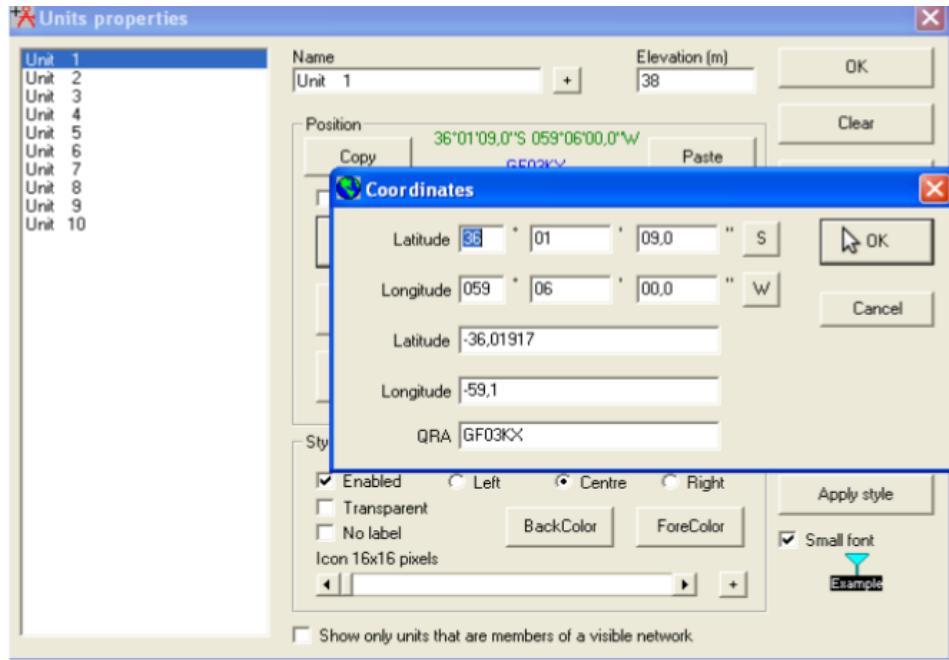


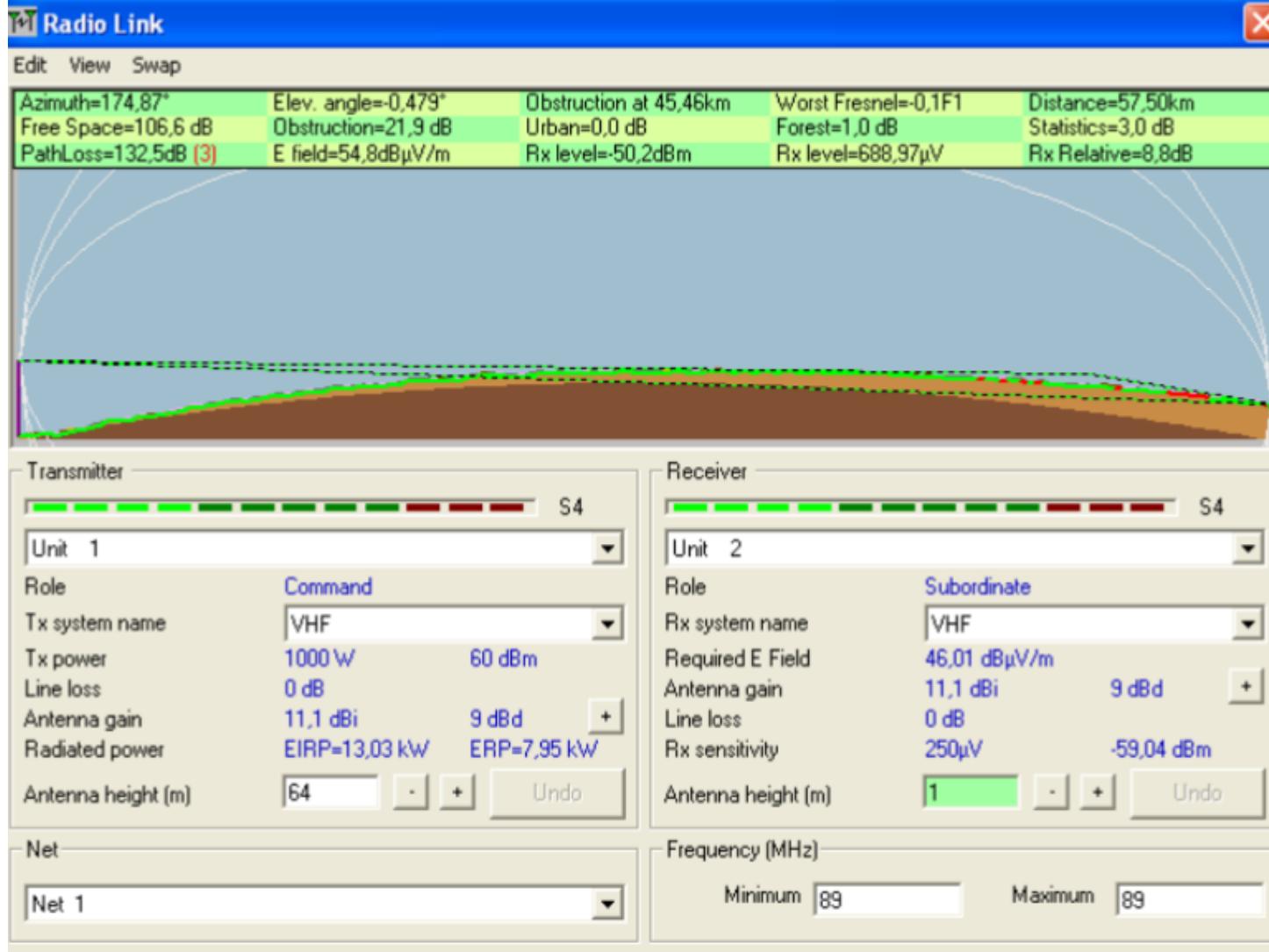
Fuente: <https://www.satbeams.com/footprints>

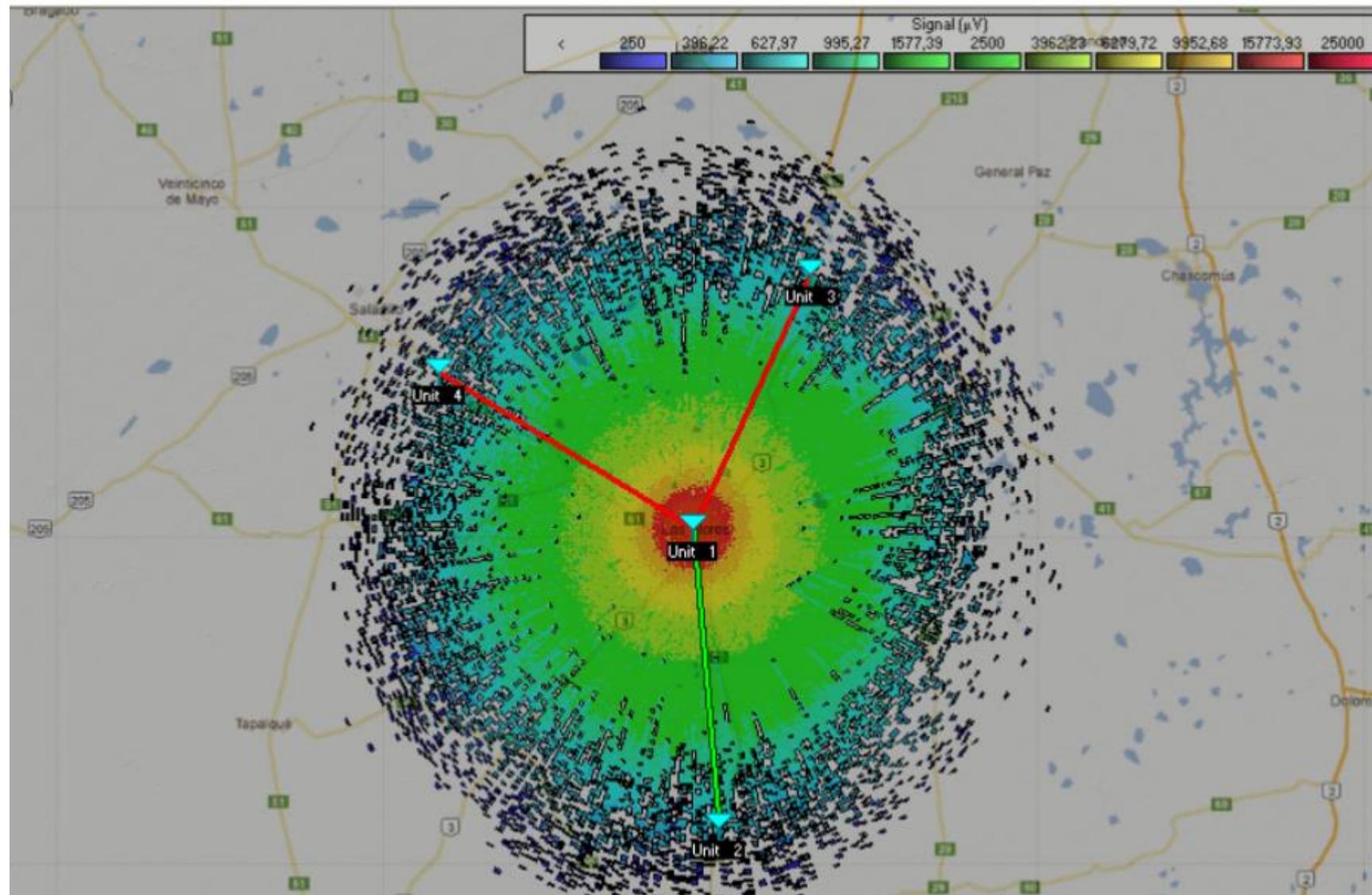


Fuente: <https://www.satbeams.com/footprints>

RADIOMOBILE







Fuente: <http://www.ve2dbe.com/english1.html>

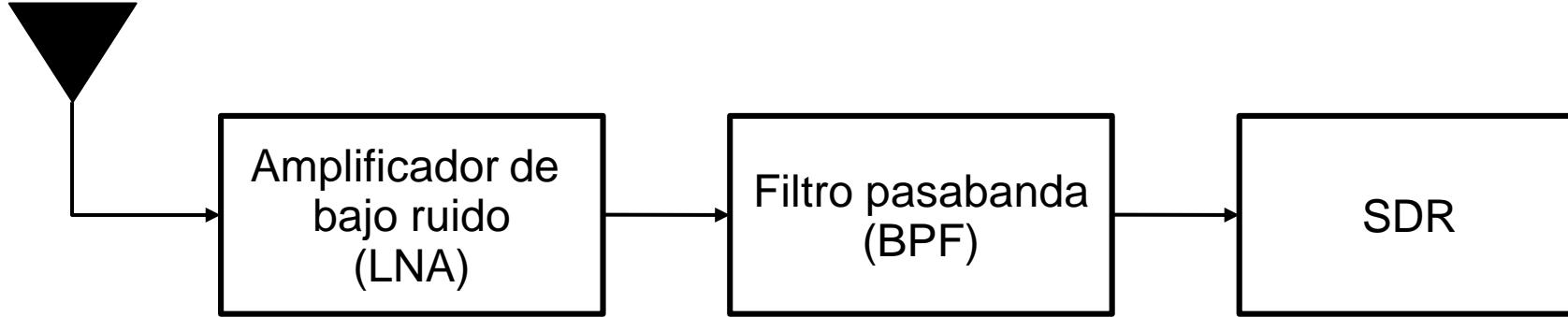
Cálculo del enlace

Entonces, una vez definida la sensibilidad del receptor y/o la potencia máxima de salida, según fuera el caso, se podrá comenzar a diseñar el sistema.

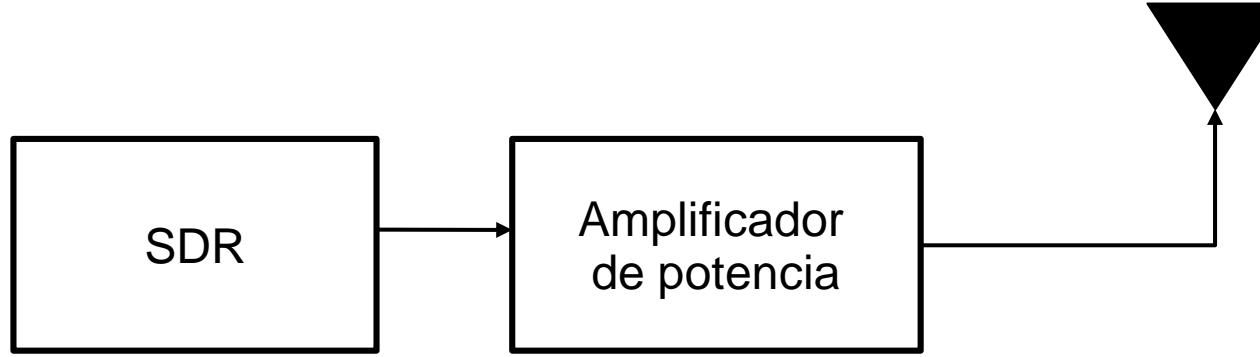
Cálculo del enlace

Pero, también deberíamos tener en cuenta qué ocurre en bandas adyacentes a las que vamos a trabajar. Verificando en primer lugar que nuestras emisiones no afecten canales de seguridad, en segundo que no afecten otras emisiones y en tercero que otras emisiones no afecten nuestra recepción o incluso dañen al receptor.

Esquema simplificado de un receptor



Esquema simplificado de un transmisor



En primer lugar estudiaremos la antena del sistema. Como es bien sabido, una antena podría operar en una o más bandas y además su ganancia suele depender del modelo usado. También es importante la polarización de la misma.

Antenas: parámetros más importantes

Los parámetros que generalmente se usan para seleccionar una antena es la:

- Impedancia / ROE.
- Frecuencia de operación.
- Ancho de banda.
- Ganancia.
- Lóbulos de radiación.
- ROE

806
896 MHz

OMNI PARA CELULAR-TRUNKING

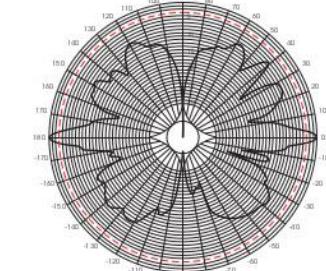
OMNI CELULAR

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Potencia	500W
Impedancia	50 Ohms
Ancho de banda	>90 MHz
Ganancia	11 dB
R.O.E	<1.3:1
Polarización	Vertical
Ancho de Haz (V)	6°
Protección	DC Ground
Conecotor	7/16 DIN Hembra
Lóbulo inferior ampliado provee Fill In para instalaciones muy elevadas	

CARACTERISTICAS MECANICAS

Longitud	4002 mm.
Peso sin Embalaje	12 Kg.
Boom de sujeción	Ø70 mm Aluminio Iridizado
Material irradiante	Aluminio Iridizado
Radomo	Fibra de vidrio c/filtro uv
Soporte	Acero Galvanizado
Área Expuesta	0,14 mts ²
Resistencia al viento	>220 Km/h



Vertical



Código 09-910

806
869 MHz

ANTENA TRIPOLE PARA TRUNKING

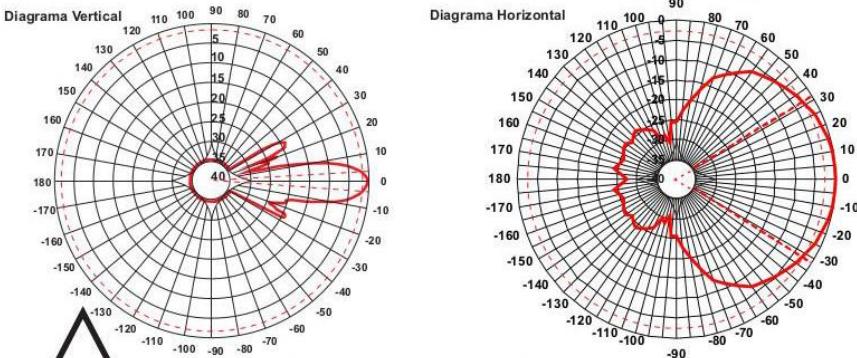
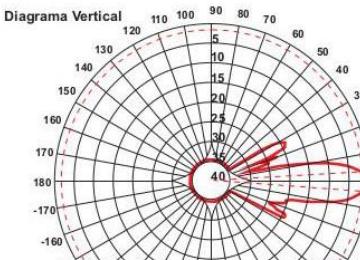
TRIPOLE

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Potencia	500W
Impedancia	50 Ohms
Ancho de Banda	>70 Mhz
Ganancia	16 dB 18.1 dBi
Relación Frente - Espalda	>25 dB
R.O.E	<1.3:1
Polarización	+/- 45°
Ancho de Haz -V-	8°
Ancho de Haz -H-	65°
Protección	DC Ground
Conecotor	3 x 7/16 DIN Hembra
Tilt Eléctrico	0°

CARACTERISTICAS MECANICAS

Longitud	2364 x 470 x 130 mm.
Peso sin Embalaje	19.4 kg.
Material Irradiante	Aluminio
Radomo	Fibra de vidrio con filtro uv
Soporte	Acero Galvanizado
Área Frontal	1,1 mts ²
Área Lateral	0,283 mts ²
Resistencia al Viento	>200 km/h
Tijera para downtilt	Opcional



Tel: (54-011) 4726-8111

Fax: (54-011) 4726-8980

**ANTEN
ANTENAS**

ANTENAS PARA COMUNICACIONES FIJAS Y MOVILES
HF-BLU - VHF - FM - UHF - CELULAR - TRUNKING

2.4 GHz – 2.5 GHz Dipole 2dBi Antenna for Reverse Polarity SMA



ORDERING INFORMATION

Order Number	Description
001-0001	2.4 GHz Dipole Antenna for Reverse Polarity SMA Connector.
080-0001	U.FL to Reverse Polarity SMA Cable, 105mm

Table 1 Orderable Part Numbers

SPECIFICATIONS

Specification	Value
Peak Gain	+2 dBi
Impedance	50 ohms, Nominal
Type	Dipole
Polarization	Linear Vertical
VSWR	≤2.5 : 1, Maximum
Frequency	2400-2500MHz
Weight	13g
Size	105×10 mm
Antenna Color	Black
Operating Temp	-20°C to +65°C
UL Rating	UL 94HB

Table 2 Specifications

The information in this document is subject to change without notice.
Confirm the data is current by downloading the latest revision from www.lsr.com.

PHYSICAL DIMENSIONS (MM)

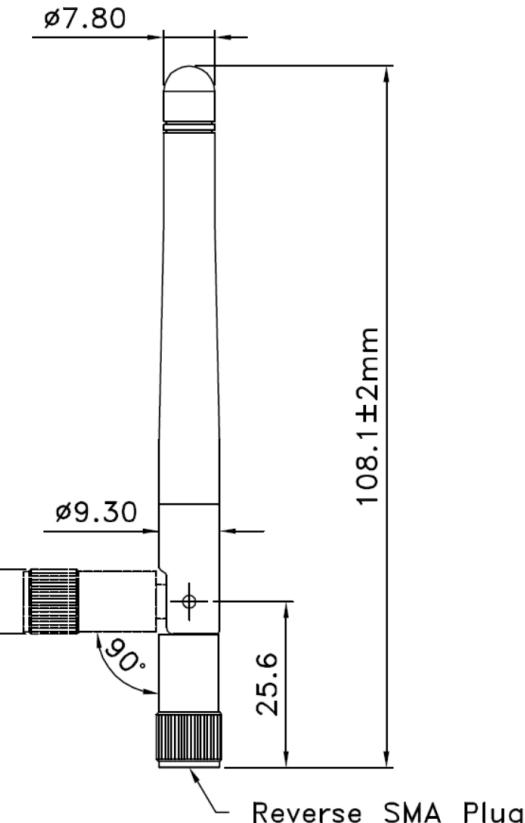


Figure 1 Physical Dimensions

The information in this document is subject to change without notice.
Confirm the data is current by downloading the latest revision from www.lsr.com.

2.4 GHz Dipole Antenna Datasheet

TYPICAL ANTENNA REFLECTION PERFORMANCE

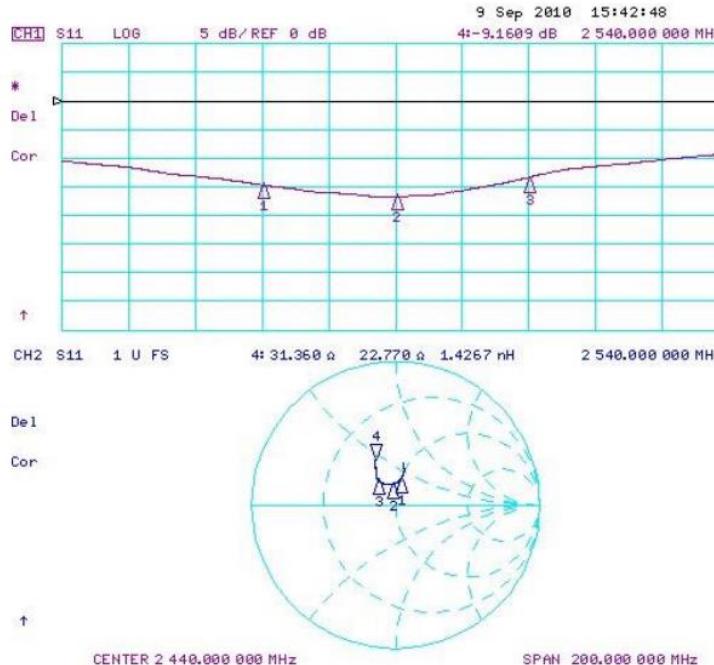


Figure 2 Reflection Parameters for Extended Configuration (S11)

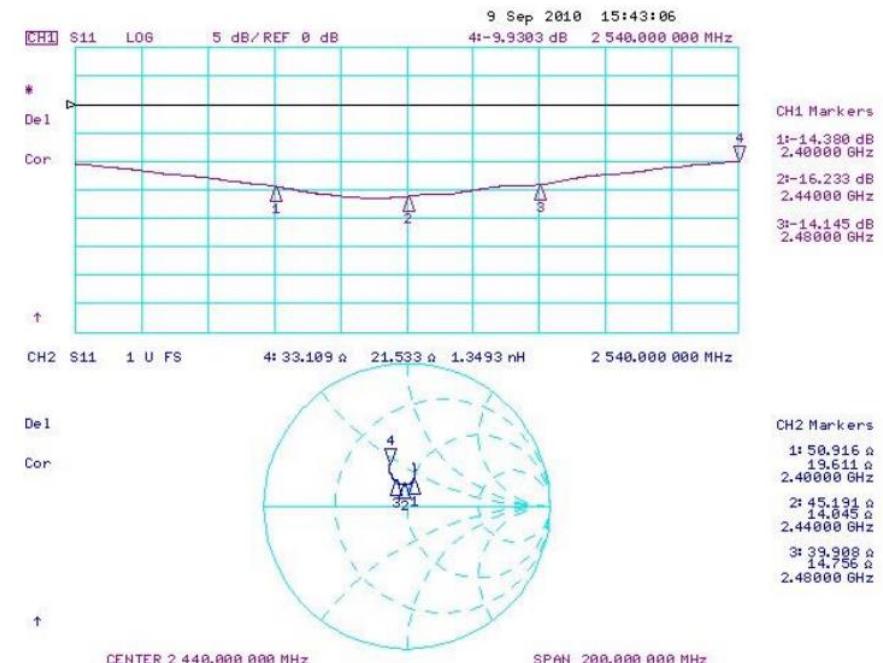


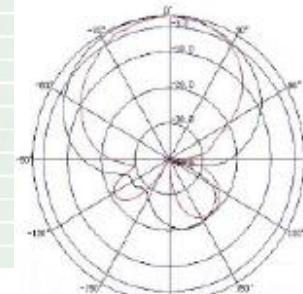
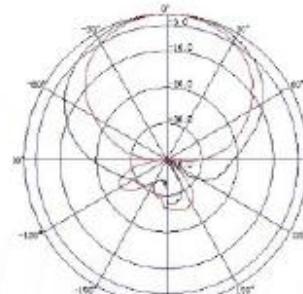
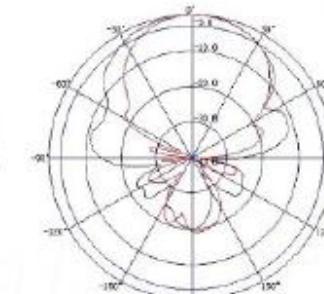
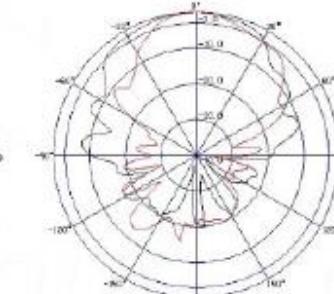
Figure 3 Reflection Parameters for Folded Configuration (S11)

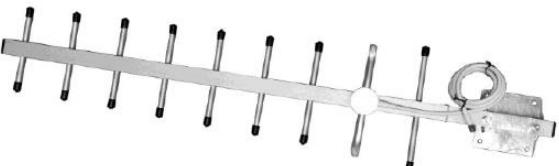
The information in this document is subject to change without notice.
Confirm the data is current by downloading the latest revision from www.lsr.com.

11dBi GSM Log-Periodic Penta-Band Antenna



Specification	
Frequency Range	806-960 / 1710-2700 MHz
Gain (dBi)	11 dBi
Front-Back Ratio	12dB / 12dB
VSWR	<1.5
Impedance	50 Ohm
Polarization	Vertical
Beamwidth	H : 50° ±10° E : 40°
Power Handling	50W
Connector	N-Type Female
Mounting Kit	L-Bracket & U-Bolts
Rated Wind Velocity	126Km/h
Weight	0.65Kg
Dimensions	410 x 210 x 65 mm
Temperature	-40 to +70°C
Radome	White ABS

H/E 800MHz**H/E 960MHz****H/E 1710MHz****H/E 2500MHz**



868/914MHz YAGI Antenna Data Sheet

9 Element 824-960MHz Directional 13dBi Antenna

868/914MHz YAGI Antenna Data Sheet

9 Element 824-960MHz Directional 13dBi Antenna

Electrical Specifications

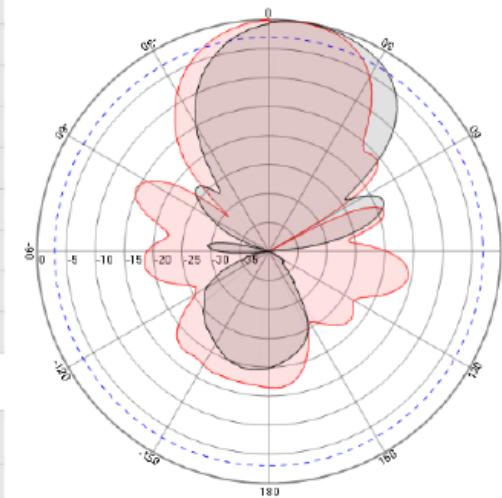
<i>Frequency Range</i>	824-960MHz
<i>Nominal Impedance</i>	50 ohm
<i>Gain</i>	13dBi @ 900MHz
<i>VSWR</i>	1.5:1
<i>F/B Ratio</i>	>15dB
<i>Maximum Input Power</i>	100w
<i>Polarization</i>	Vertical
<i>Connector</i>	SMA male

Mechanical Specifications

<i>Support Boom Material</i>	Steel Bracket
<i>Element Material</i>	Aluminium
<i>Number of elements</i>	9
<i>Antenna dimensions</i>	790x190x55mm
<i>Cable Length</i>	1000mm
<i>Antenna weight</i>	414g
<i>Ambient temperature</i>	-40 C --+ 60 C

Order Code: YAGI-869/914A

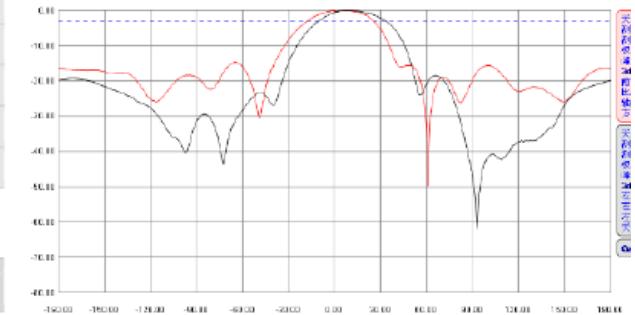
Note: Longer cable lengths available.



天线件数:9
测试频率:960
测试带宽:10
极化方式:分
增益因子:-1
绝对直向:-43
前向比值:-14
后向增益:-14
相比:49.53
方向性直:1

辐射直:44
左一旁瓣:25
左二旁瓣:25
左三旁瓣:25
大物积角:86

Gain: 13.19



16dBi 2.4GHz Directional Panel Antenna...

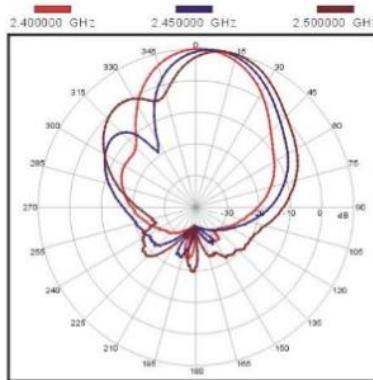
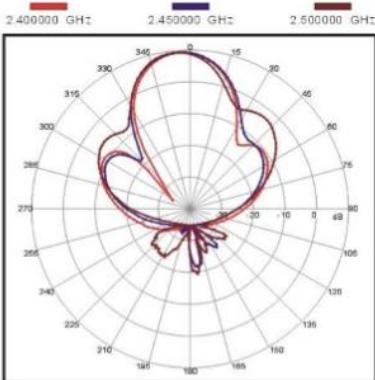


N Type Female



Pole Not Included

Radiation Pattern...

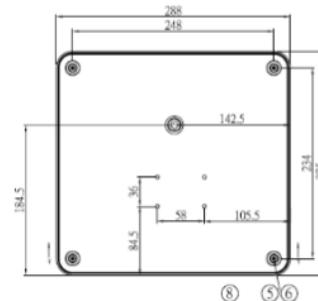
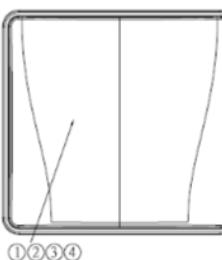


Suitable for 2.4GHz Systems including:



Always check connector type prior to ordering

Antenna Dimensions...



Technical Specification...

Model no.	16-50B-SMA
Frequency	2.4 - 2.5GHz
Gain	16 dBi
Gain Tolerance	+/- 0.5dBi
VSWR	<= 1.6:1
Impedance	50 Ω
Power Handling	50W
Horizontal	35°
Vertical	35°
Connector	N TYPE Female
Operation Temperature	-40°C ~ +80°C
Humidity	100% @ 25°C
Wind Load	180 Km/h
Lightning Protection	DC Ground
Radome Colour	Grey-White
Radome Colour	ABS, UV Resistant, Zinc Casting
Weight	1.2 Kg
Dimensions	Length 283mm Width 270 Depth 81mm
Mounting	Pole mount

Suitable for 2.4GHz Systems including:



Always check connector type prior to ordering



Antena Eagle 2.30M Malla Banda C

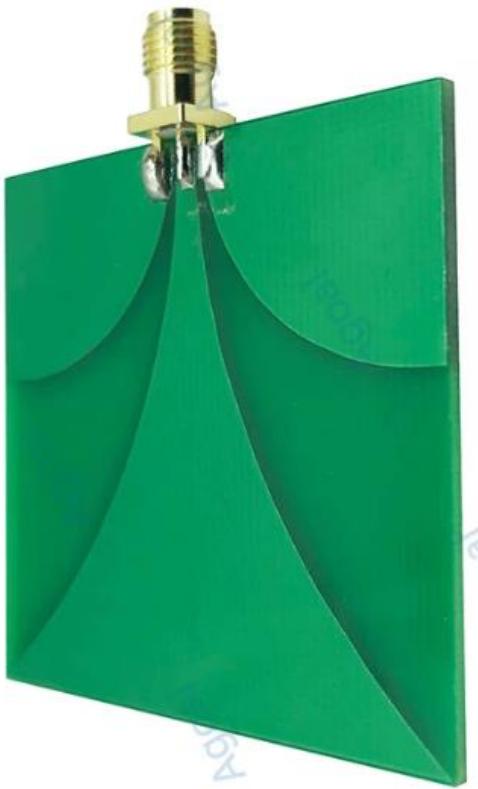
Características:

MODEL	M-230-A / M-230-P
DISH DIAMETER	7.5' (2.30 Mts)
F/D	.350
FOCAL LENGTH	31.5" (80 cm)
GAIN @ 4 Ghz	38.98 dBi
GAIN @ 12 GHZ	47.36 dBi
SECTIONS	4, T-6 ALUMINUM RIBS
DISH MATERIAL	ALUMINUM .034" FLATENED PREFORMED MICRO MESH ATTACHED, C / Ku
MOUNT MATERIAL	STEEL, 24" RING DIAMETER
POLE SIZE	3.5" O.D.
FINISH	GRAY ELECTROSTATIC POWDER COATING
BOX DIMENTIONS	MOUNT: 25" x 25" x 9" - DISH: 51" x 51" x 7"
WEIGTH	86 Lbs
45' H.C. CONTAINER	190 Pz
53' TRUCK LOAD	220 Pz

Antenas de banda ancha



1,35 GHz - 9,5 GHz

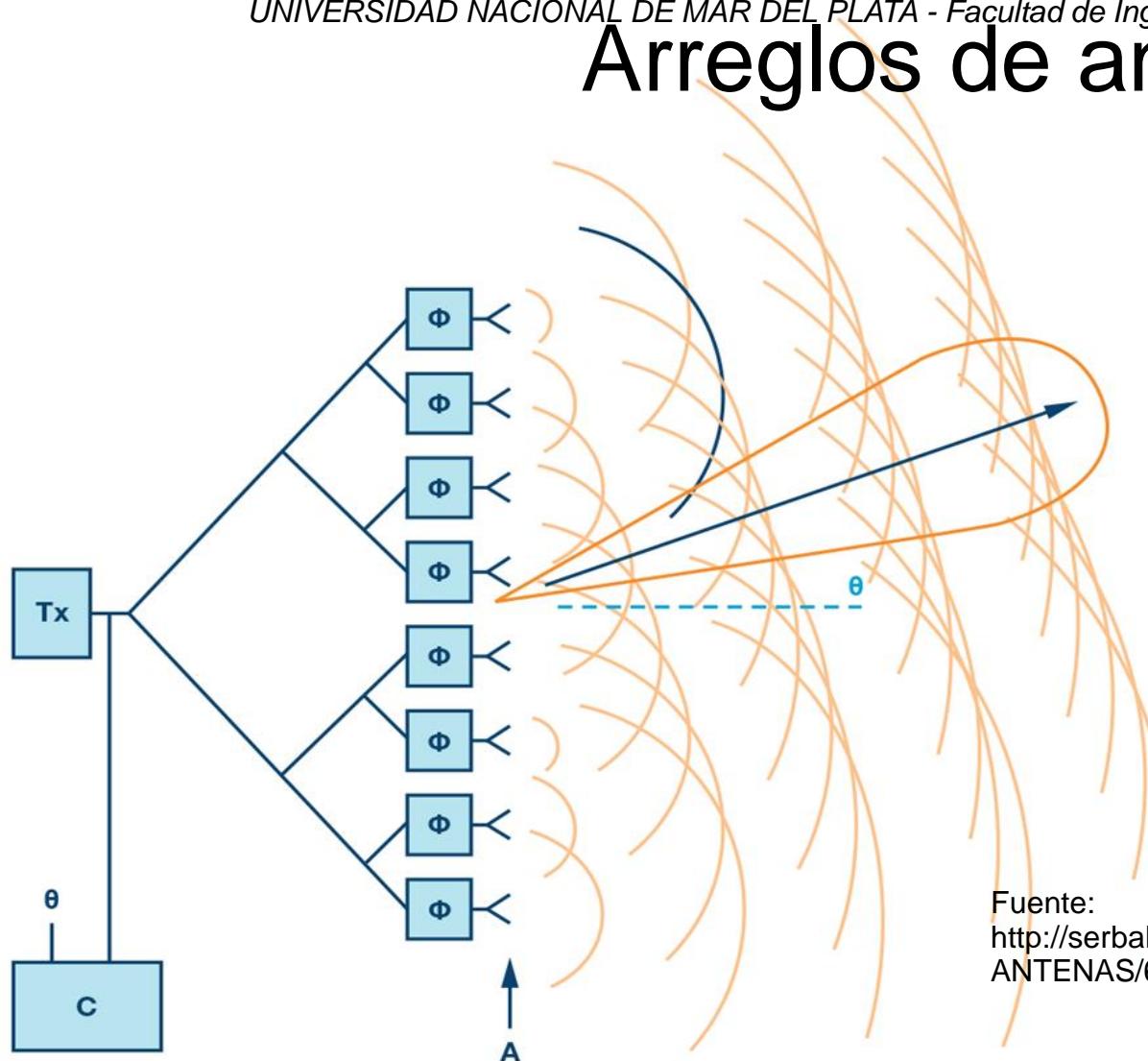


2,8 GHz - 10,5GHz



Antena Log Vivaldi 1 GHz – 6 GHz

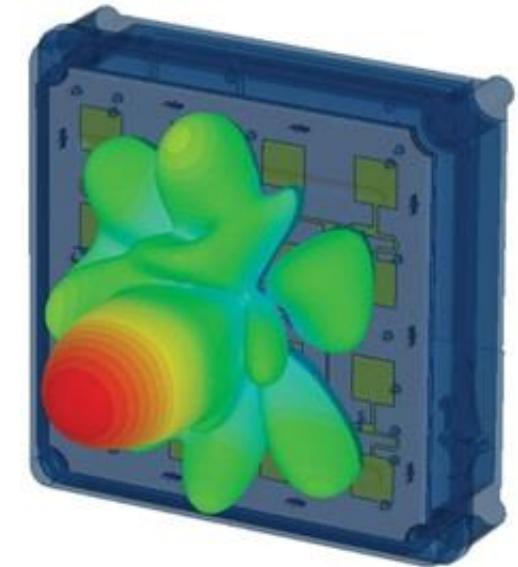
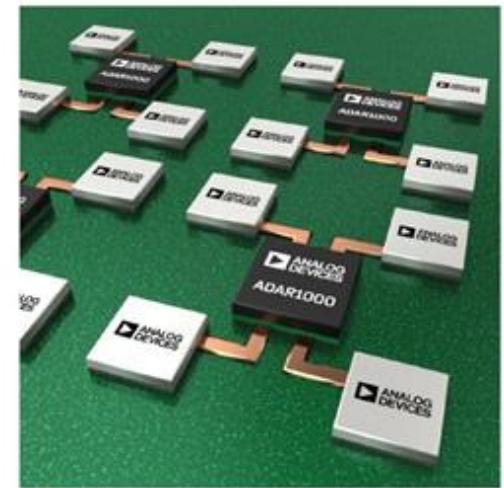
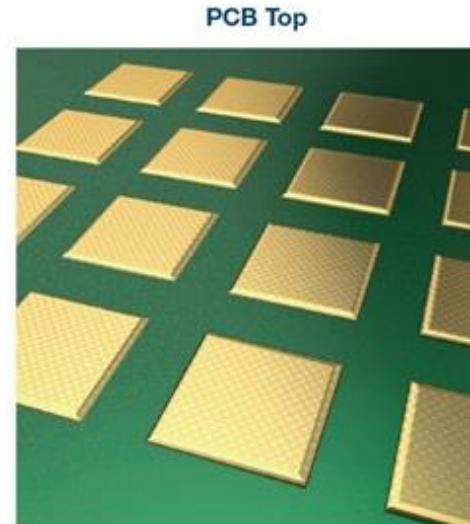
Arreglos de antenas



Fuente:
<http://serbal.pntic.mec.es/srug0007/archivos/radiocomunicaciones/2%20ANTENAS/6%20Agrupaci%F3n%20de%20Antenas..pdf.pdf>



Arreglos de antenas



Fuente: <http://serbal.pntic.mec.es/srug0007/archivos/radiocomunicaciones/2%20ANTENAS/6%20Agrupaci%F3n%20de%20Antenas..pdf.pdf>

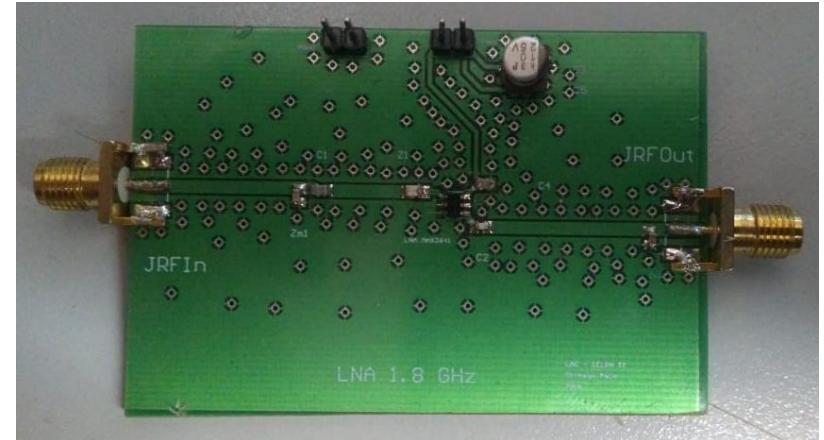
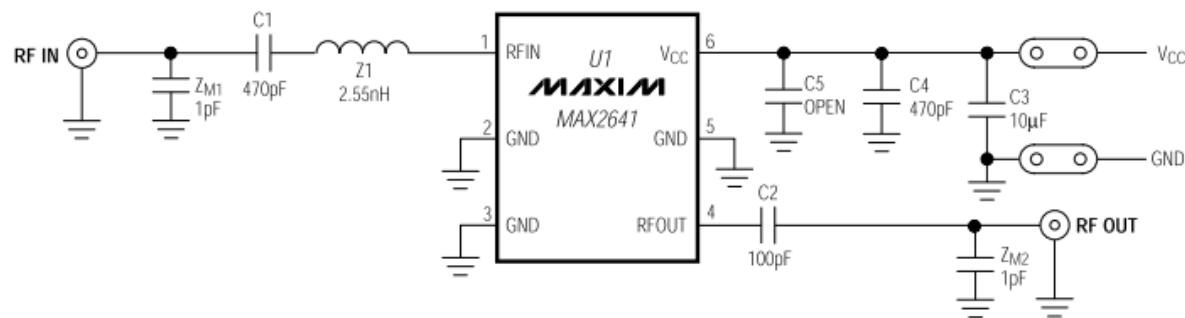
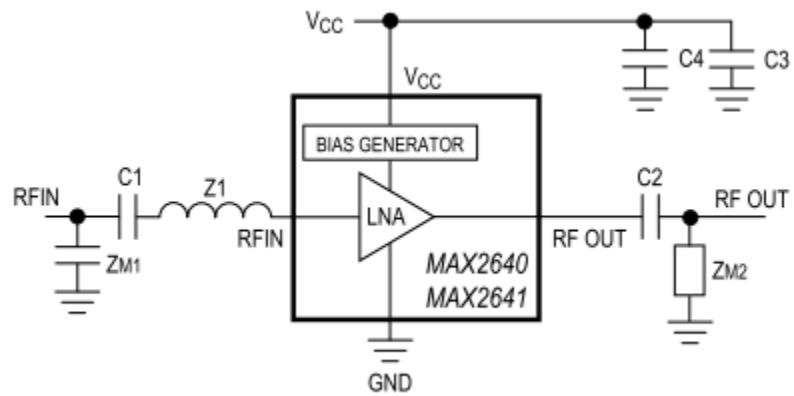
Fuente: <https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/phased-array-beamforming-ics-simplify-antenna-design.html>

En el caso de que nuestro sistema opere como receptor, se suele colocar muy cerca de la antena un amplificador de bajo ruido (LNA). Esto se hace con el fin de amplificar la señal y que la misma no sea deteriorada de forma significativa por los cables, conectores y otros componentes.



Ejemplos LNA: Comercial,
Ensamblado y extraido de una
antena de DirecTV.





Ejemplos de una implementación de LNA.

Entonces, si fuera posible resulta conveniente trabajar en bandas donde existan componentes comerciales que le brinden confiabilidad al diseño.

Pero en caso de que esta posibilidad no sea factible, se los puede diseñar e implementar.

Etapa de entrada: Filtros

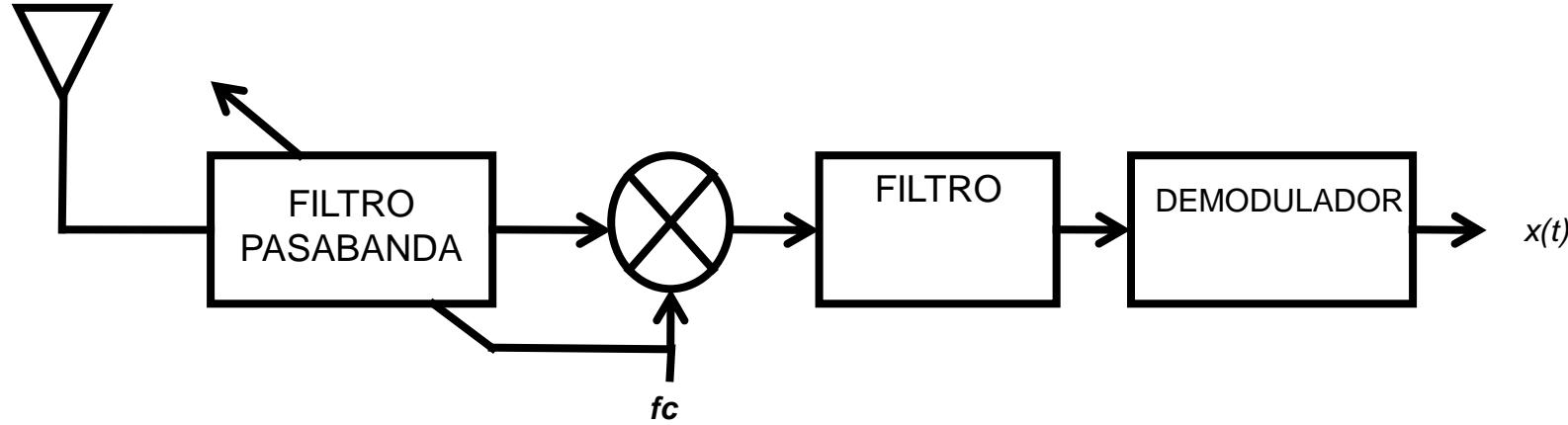
Como cualquier sistema receptor el filtro de predetección es muy importante. Este filtro es un pasabanda, que suele estar centrado en la frecuencia de portadora y debe abarcar al menos el ancho de banda de la señal a recibir.

Debe tenerse en cuenta que para esquemas superheterodinos, este filtro debe dejar pasar todos los canales que se deseen recibir.

Etapa de entrada: Filtros

Debe considerarse que el filtro rechace las emisiones aledañas u otras que puedan afectar el desempeño del sistema o incluso dañarlo.

Asimismo se debe considerar el nivel de atenuación en la banda de paso, su nivel de ripple y otros factores que condicionan la elección de cada solución.



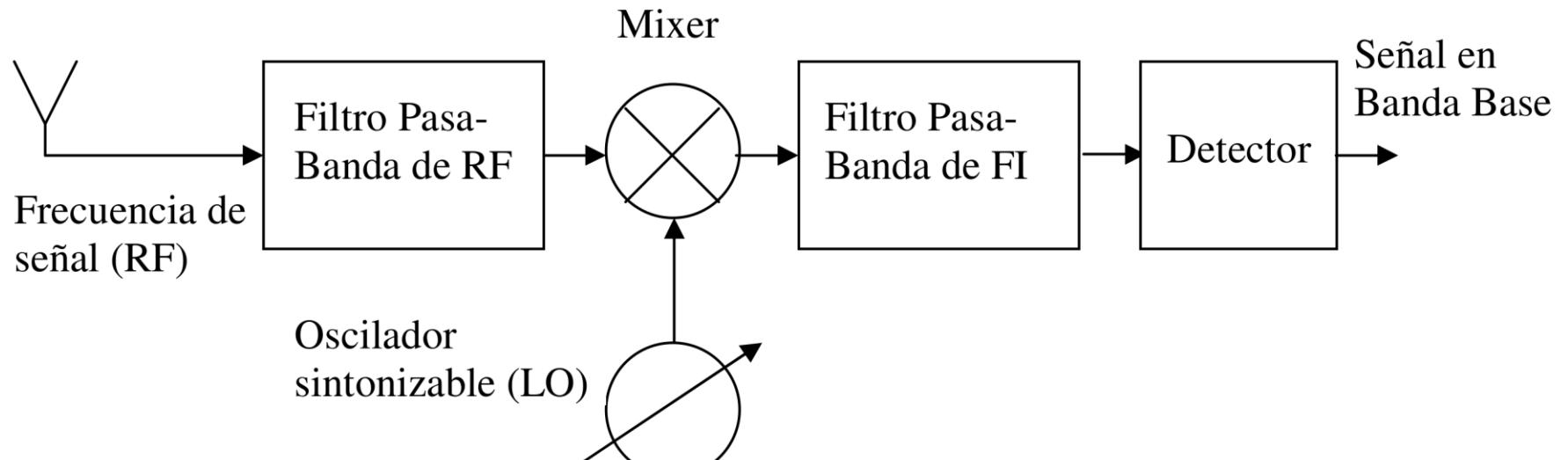
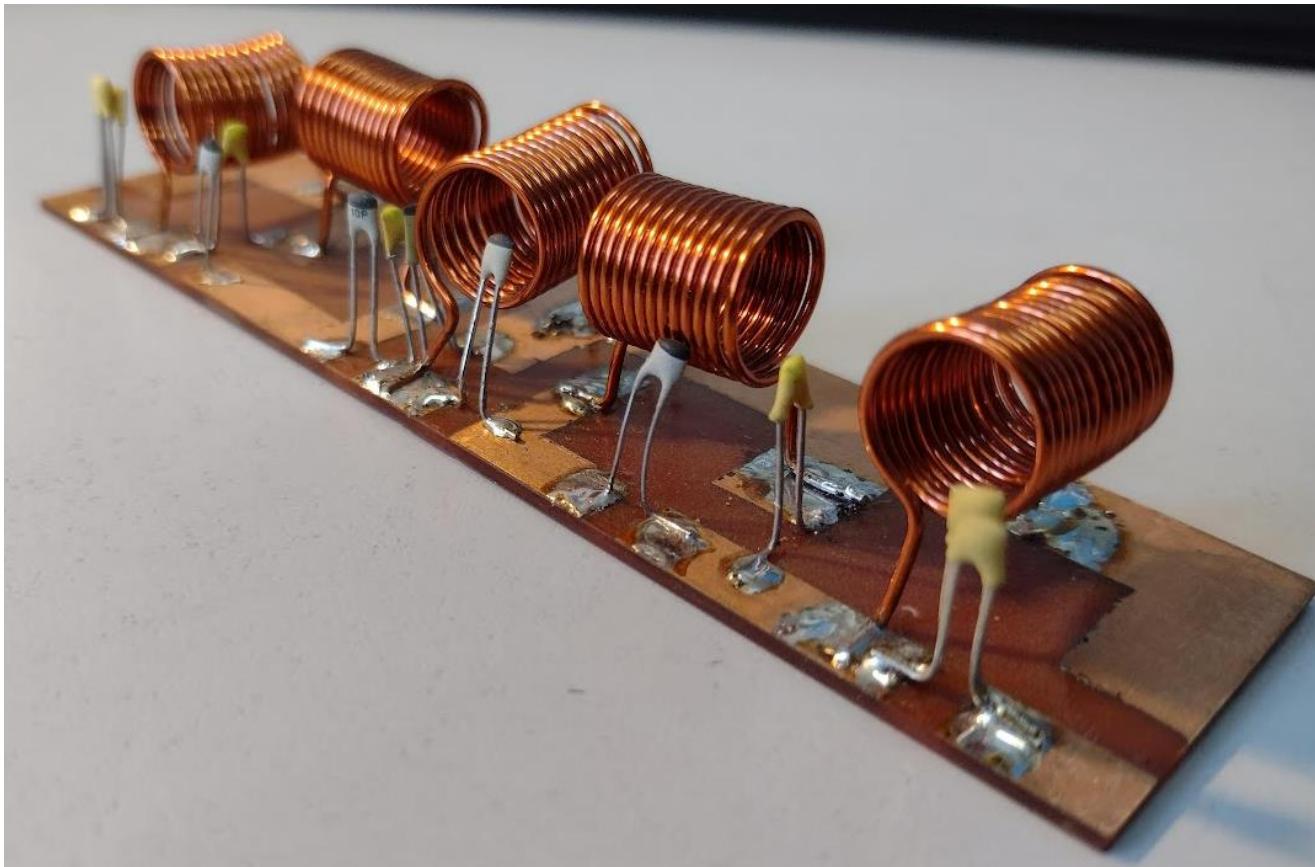
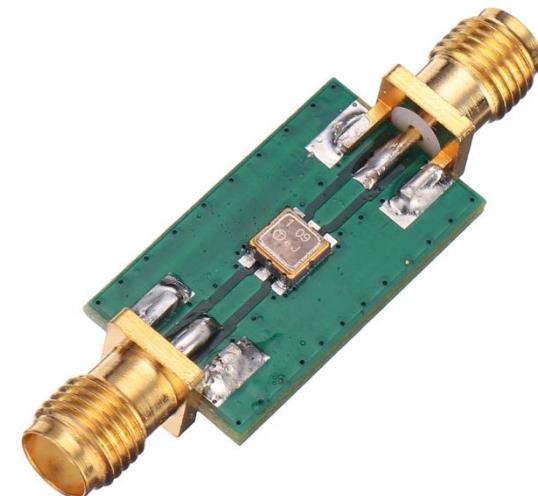
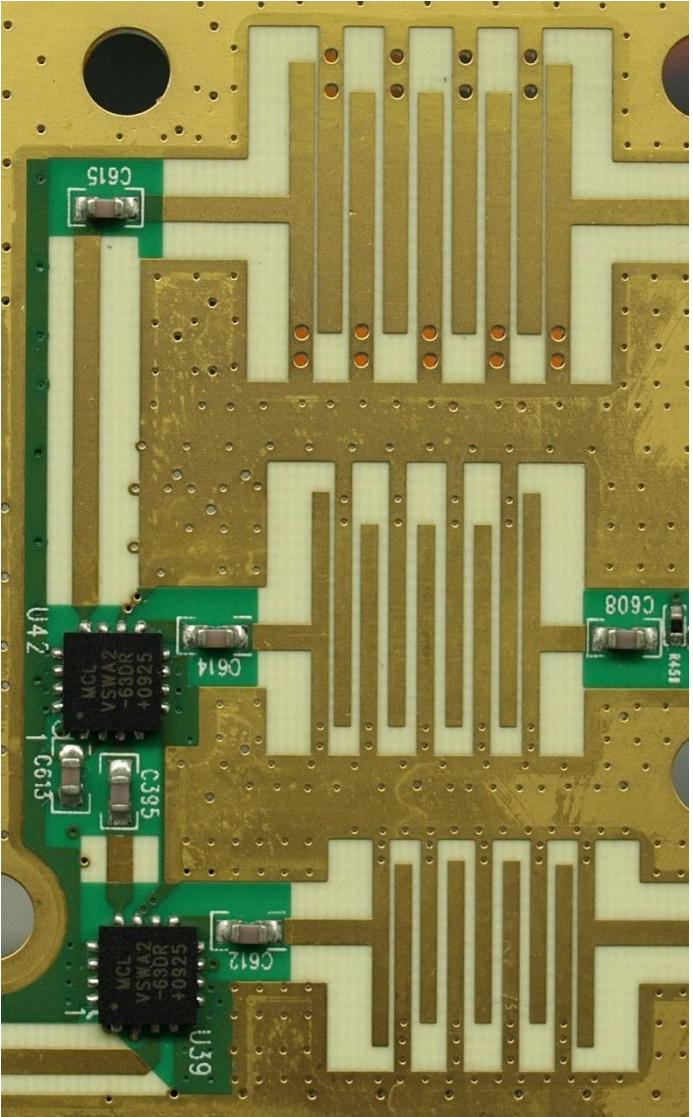


Figura Nro.1 Esquema del receptor superheterodino.

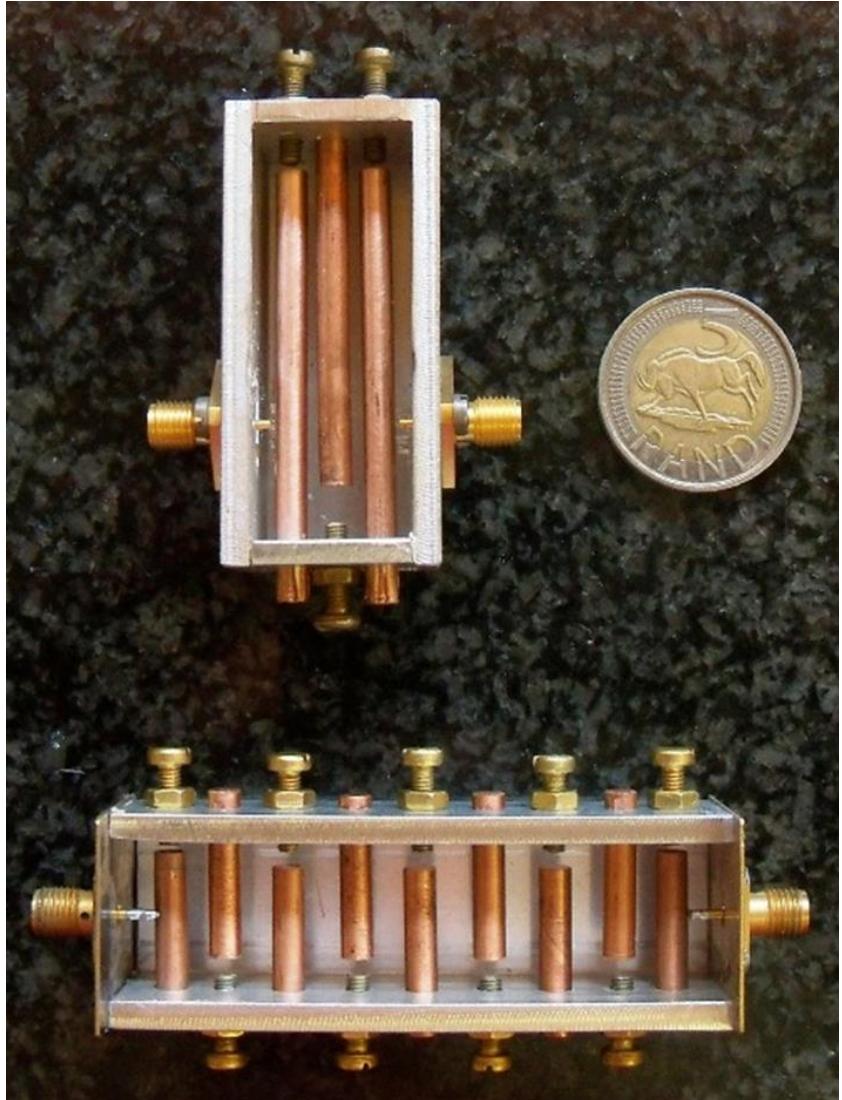


Existe una gran variedad de filtros comerciales si se desea operar en bandas tradicionales.



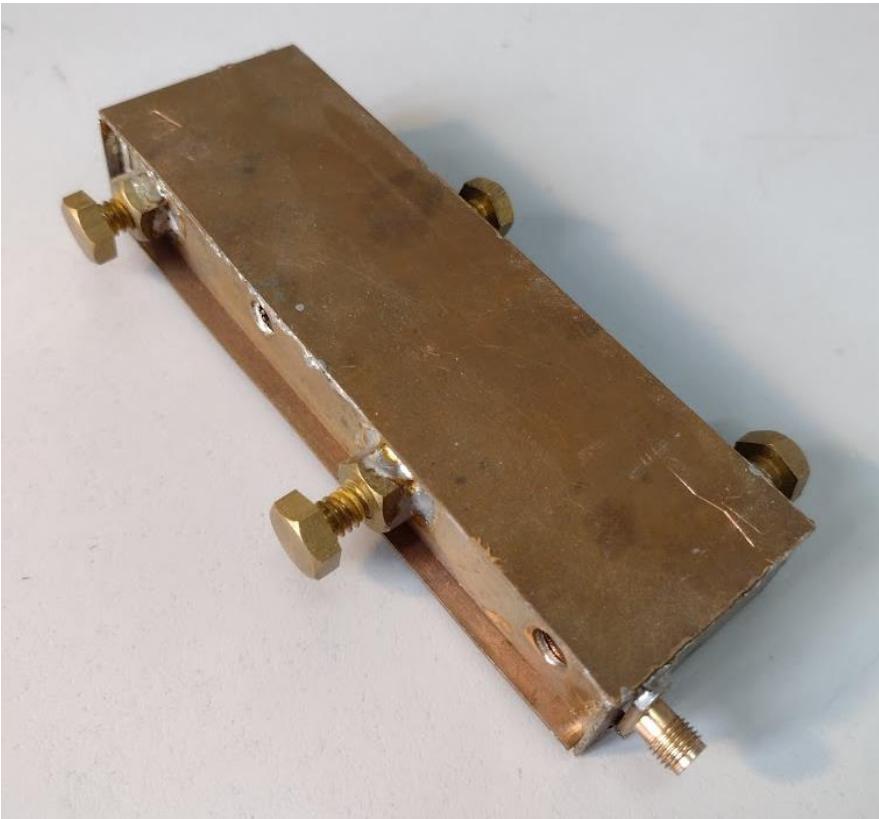


https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Interdigital_Filter.jpg



Fuente:

https://www.changpuak.ch/electronics/interdigital_bandpass_filter_designer.php



Combinadores mediante líneas: Menos ancho de banda, mayor aislación.

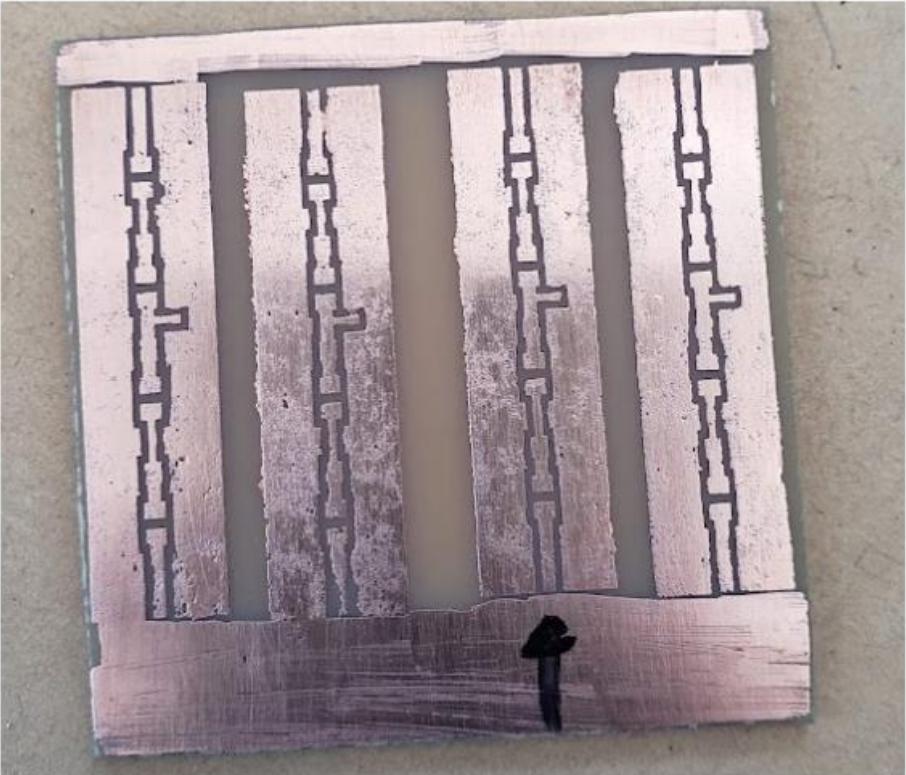


Figura 25: Foto de las 4 impresiones del PCB para el filtro de 131MHz



Figura 26: Foto del filtro de 131MHz construido y soldado

Filtros con componentes discretos. Se depende de los valores de L y C comerciales.

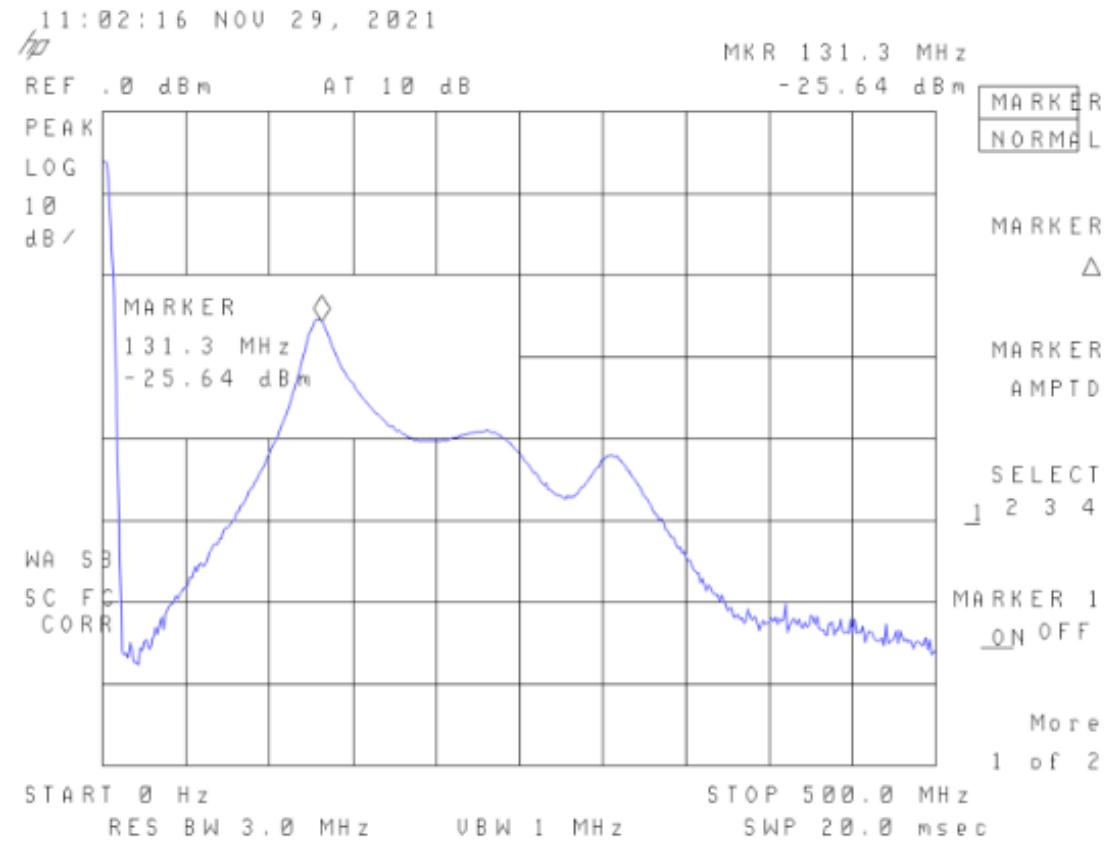


Figura 27: Captura de la respuesta del filtro de 131MHz en el analizador de espectros

Filtros implementados con líneas

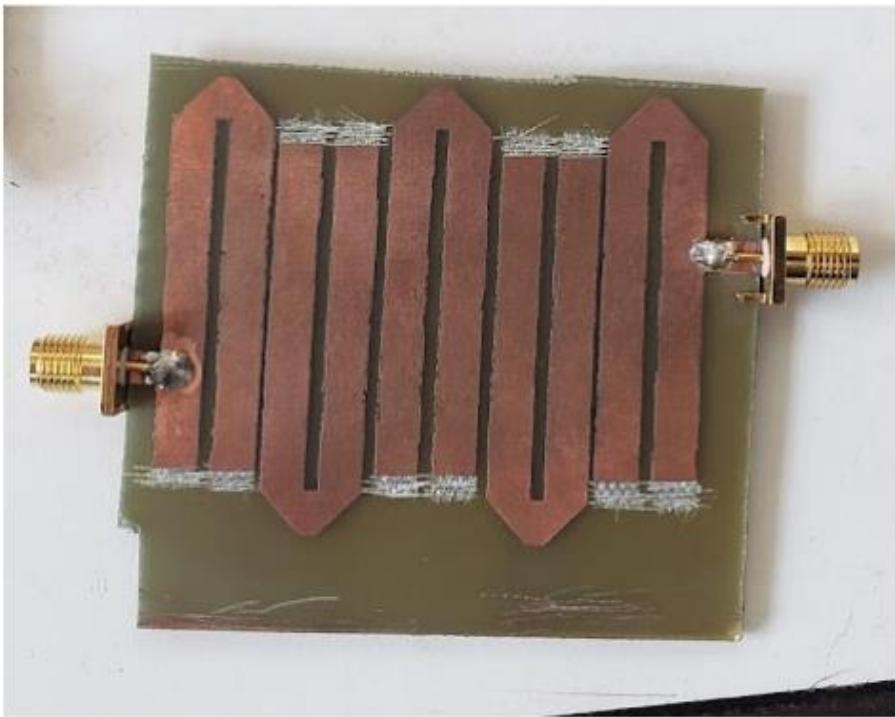
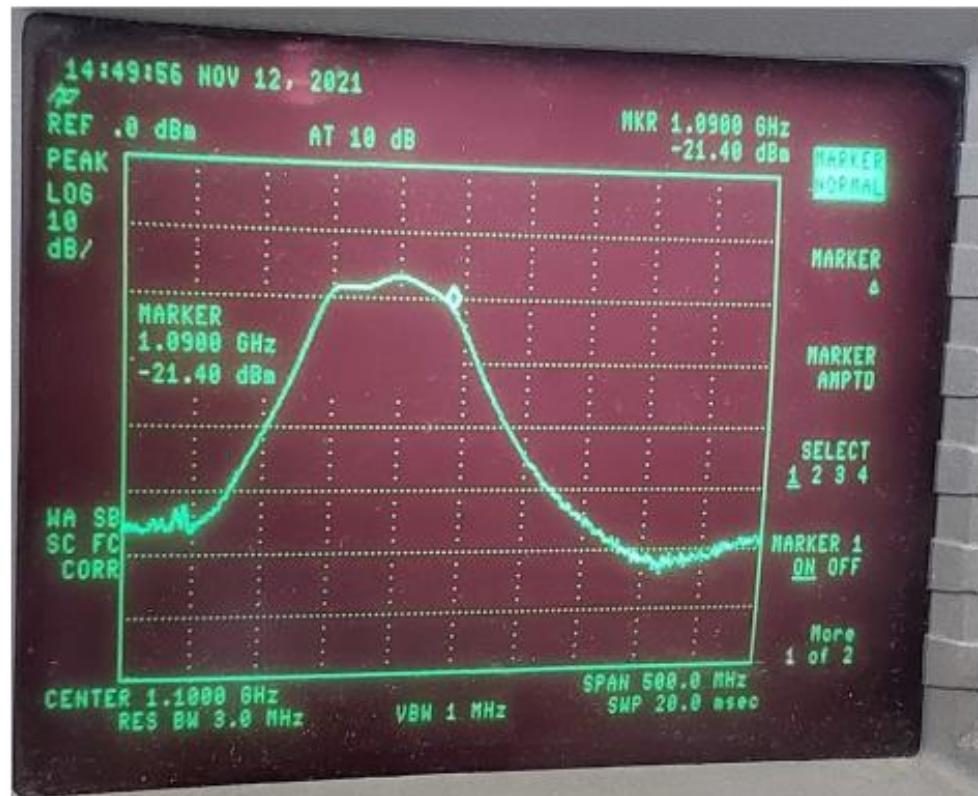


Figura 29: Foto del filtro calibrado



Filtros implementados con líneas: Es más simple obtener valores de L y C deseados, pero presentan resonancias al doble de la frecuencia central.

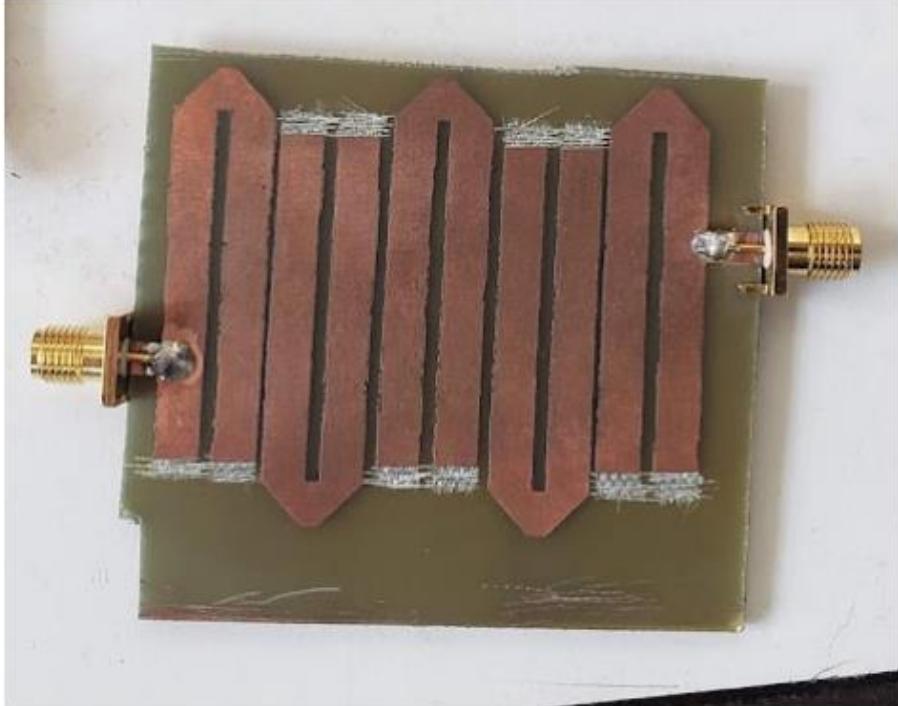
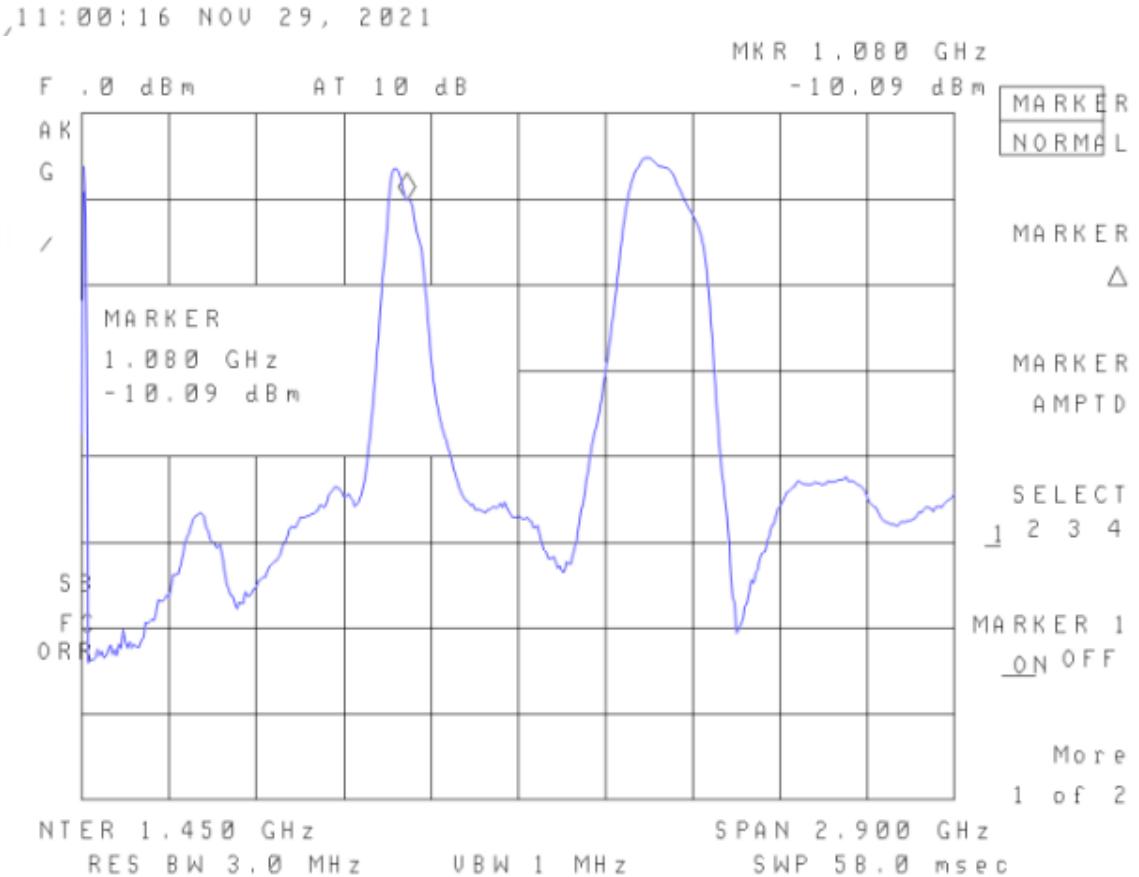


Figura 29: Foto del filtro calibrado



Combinadores - Divisores

En algunos sistemas que operan en más de una banda de operación, suele ser necesario usar dos antenas, dos LNA y dos BPF. Pero, luego al momento de ingresar al SDR nos encontramos con que debemos combinar ambas señales. Para ello se debe incorporar un circuito combinador

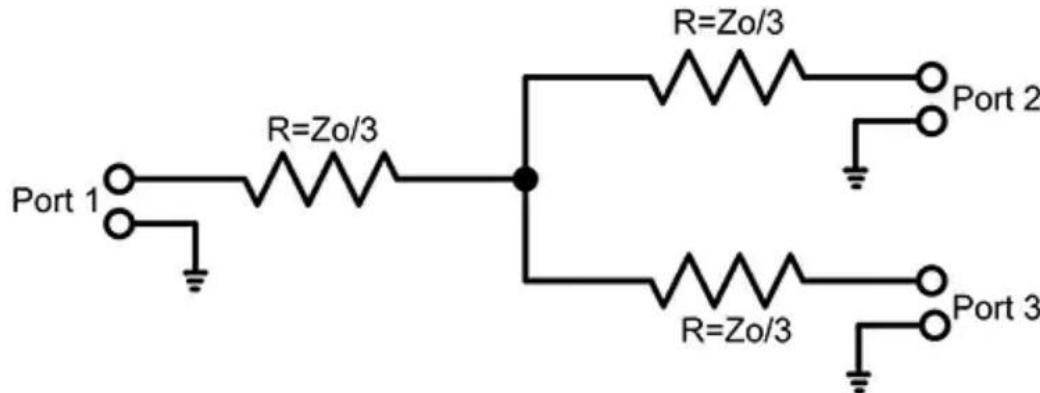
Tipos de Combinadores / Divisores

Combinadores / Divisores mediante líneas: Menos ancho de banda, mayor aislación.

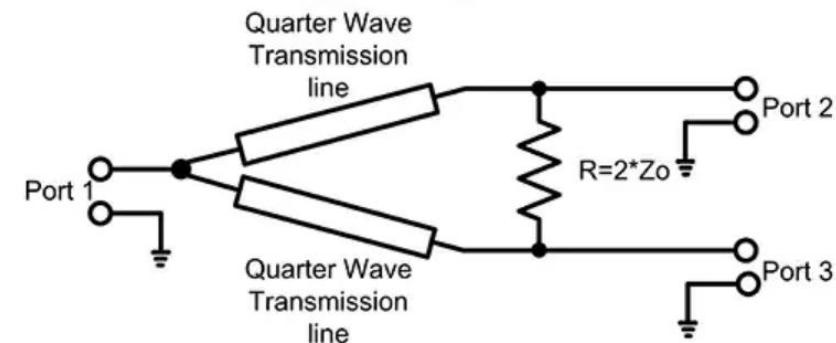
Combinadores / Divisores resistivos: Más ancho de banda, menos aislación entre las etapas.

Combinadores / Divisores: Topologías más comunes.

Resistive Divider



Wilkinson Divider



Hybrid Divider

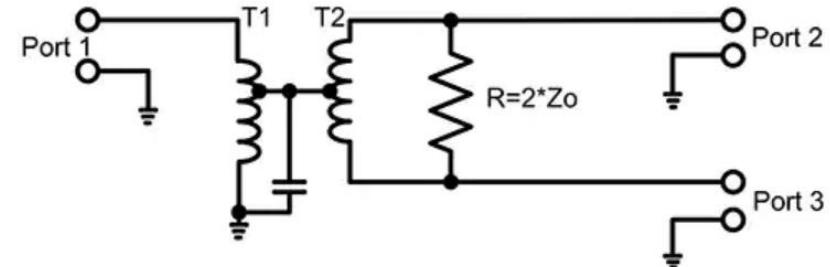


Figura 3: Esquemas simplificados de las tres topologías comunes de divisores de potencia: resistiva, Wilkinson e híbrida. (Fuente de la imagen: Digi-Key Electronics)

Combinadores / Divisores mediante líneas: Menos ancho de banda, mayor aislación.

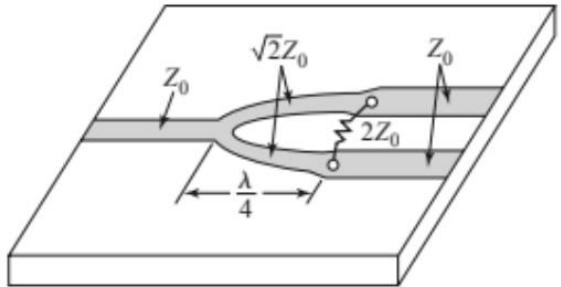
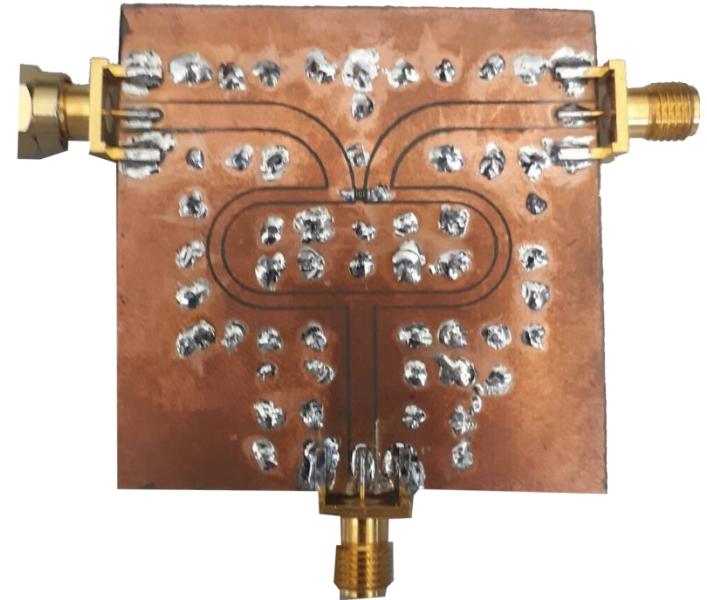
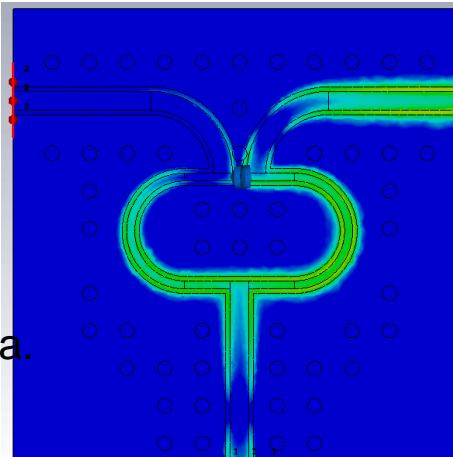
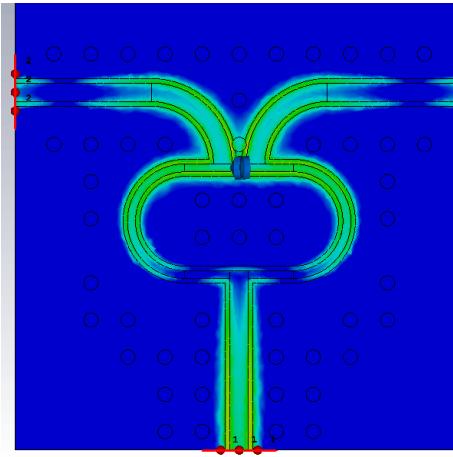
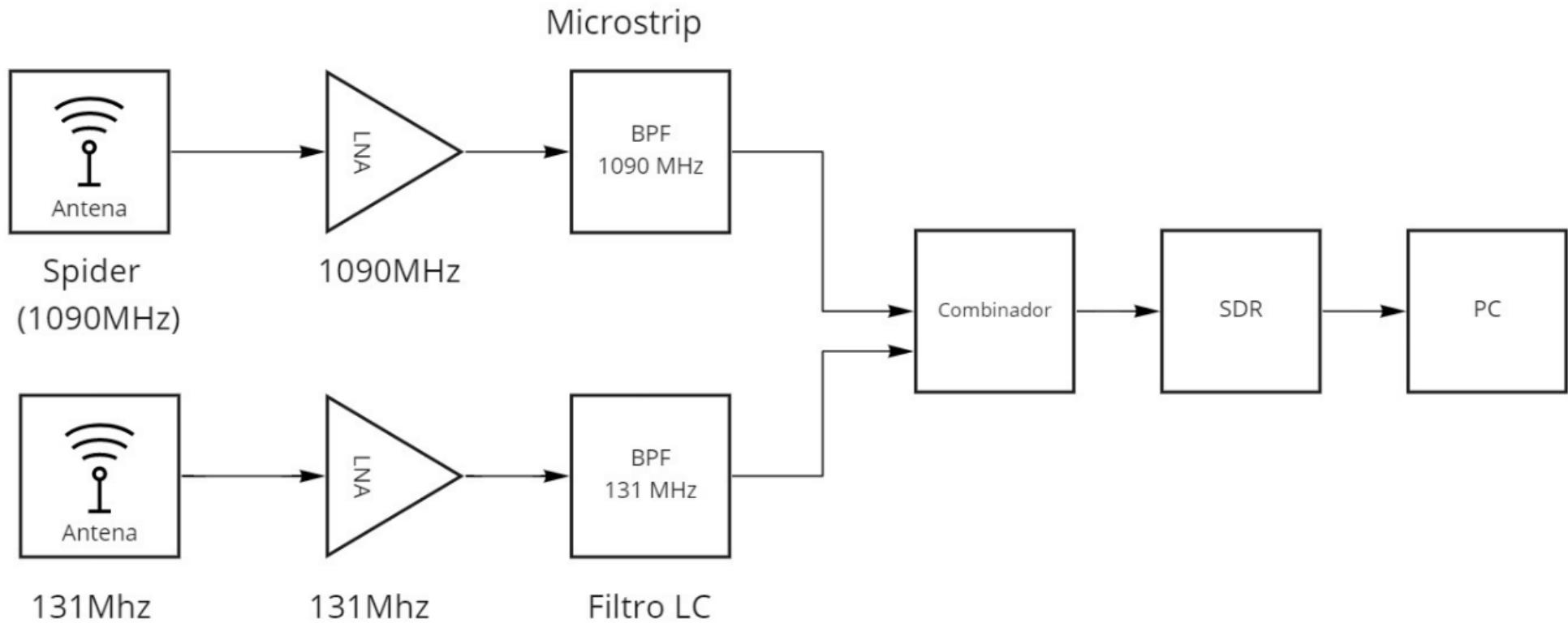


Figura 3.11: Splitter de Wilkinson, Diseño



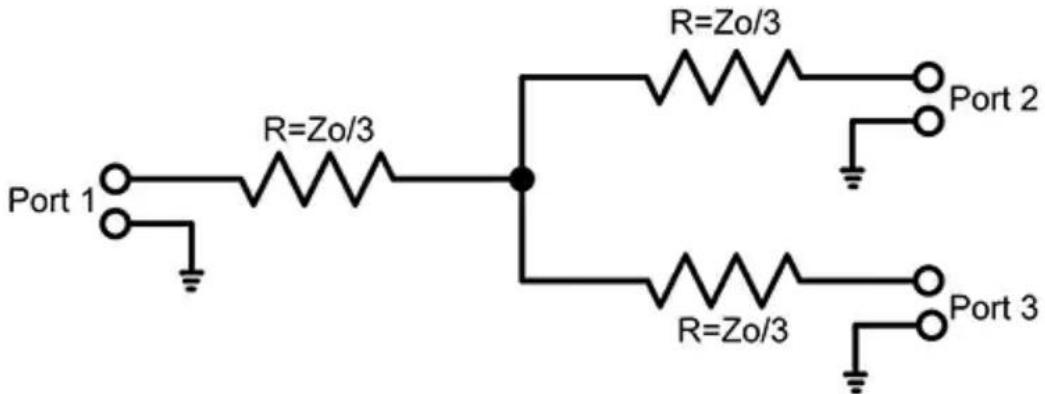
- Económico.
- Sencillo.
- Bajas perdidas de inserción.
- Buen aislamiento entre puertos de salida.

Combinadores / Divisores.



Combinadores resistivos: Mayor ancho de banda, menor aislación

Resistive Divider



Fuente: Digi-Key Electronics

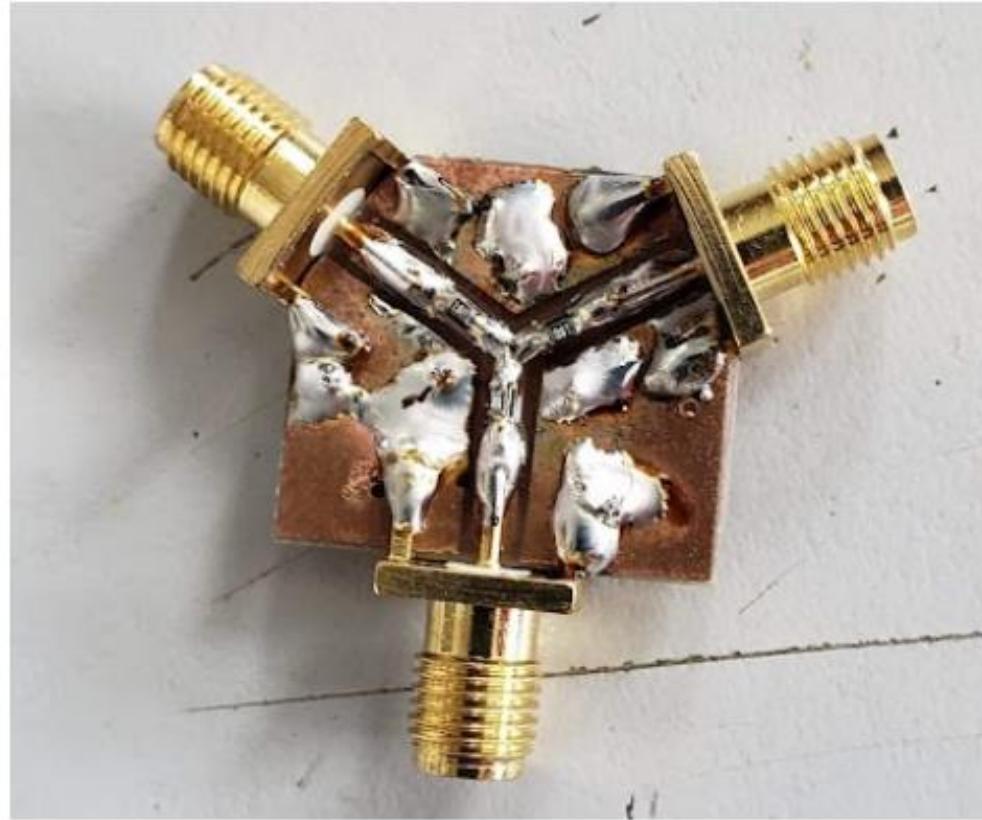
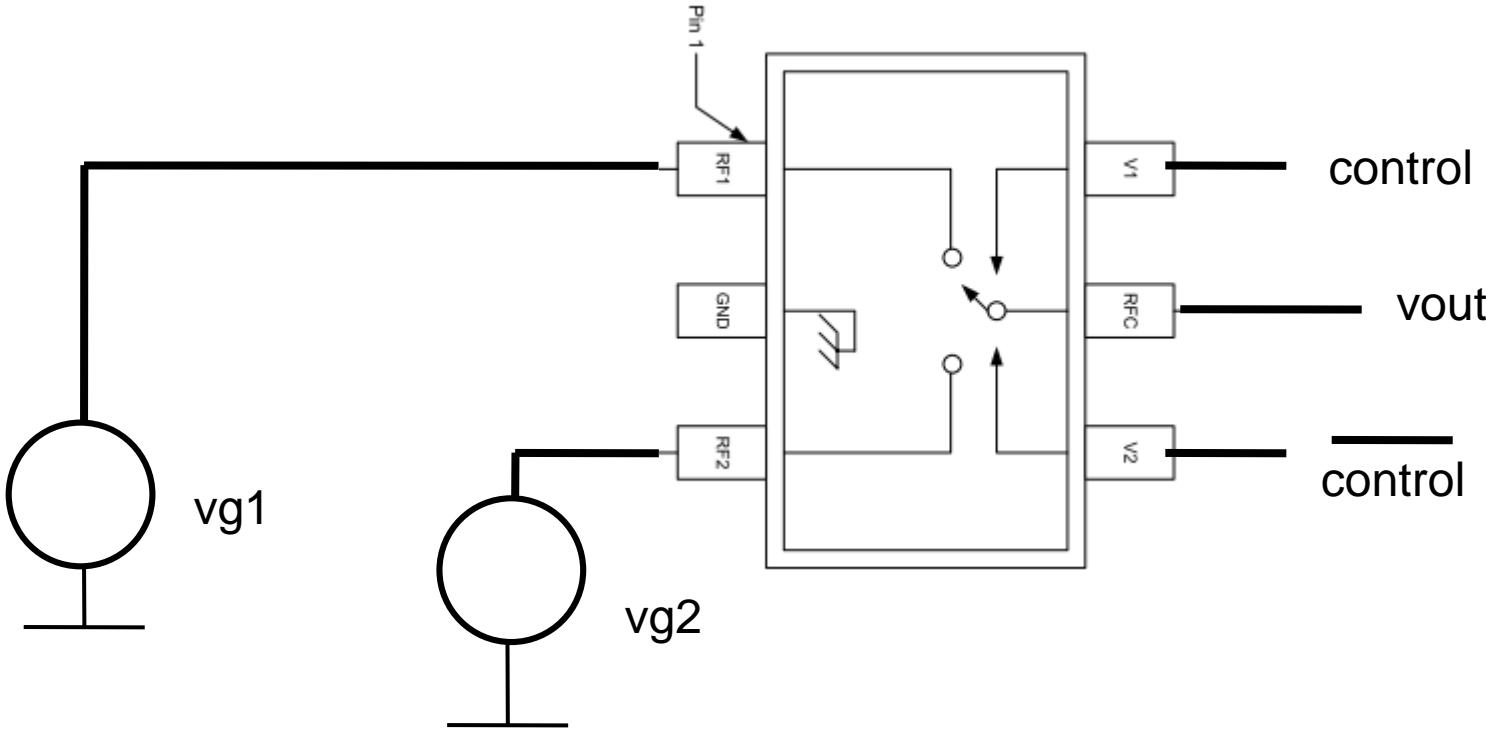


Figura 35: Foto del combinador construido y soldado

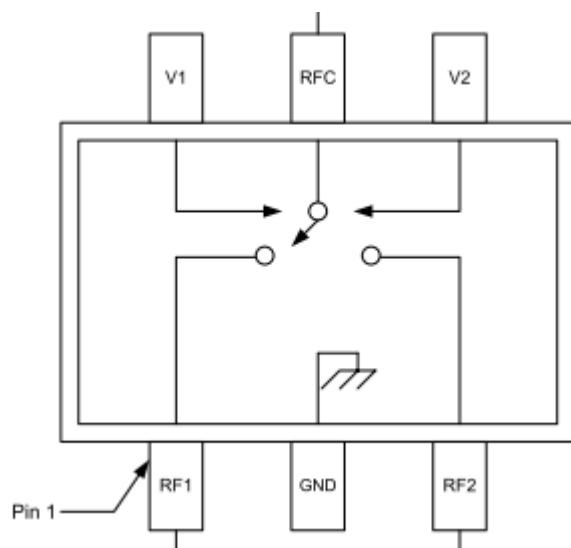
Switchs de RF

En otros casos, en lugar de sumar dos señales e ingresarlas al SDR, se desea hacer un multiplexado en el dominio del tiempo o elegir una de ellas. Para ello, pueden usarse llaves de RF

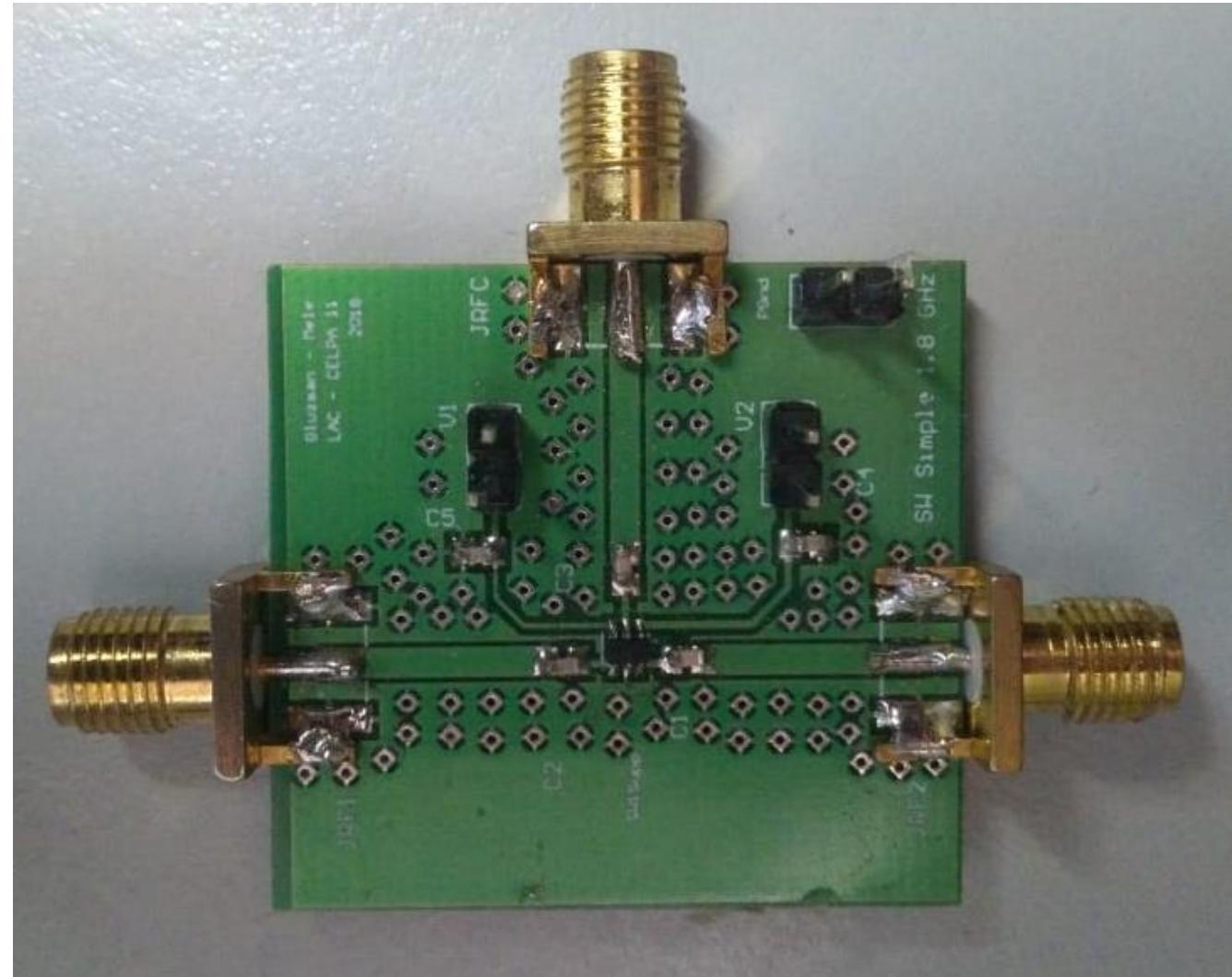


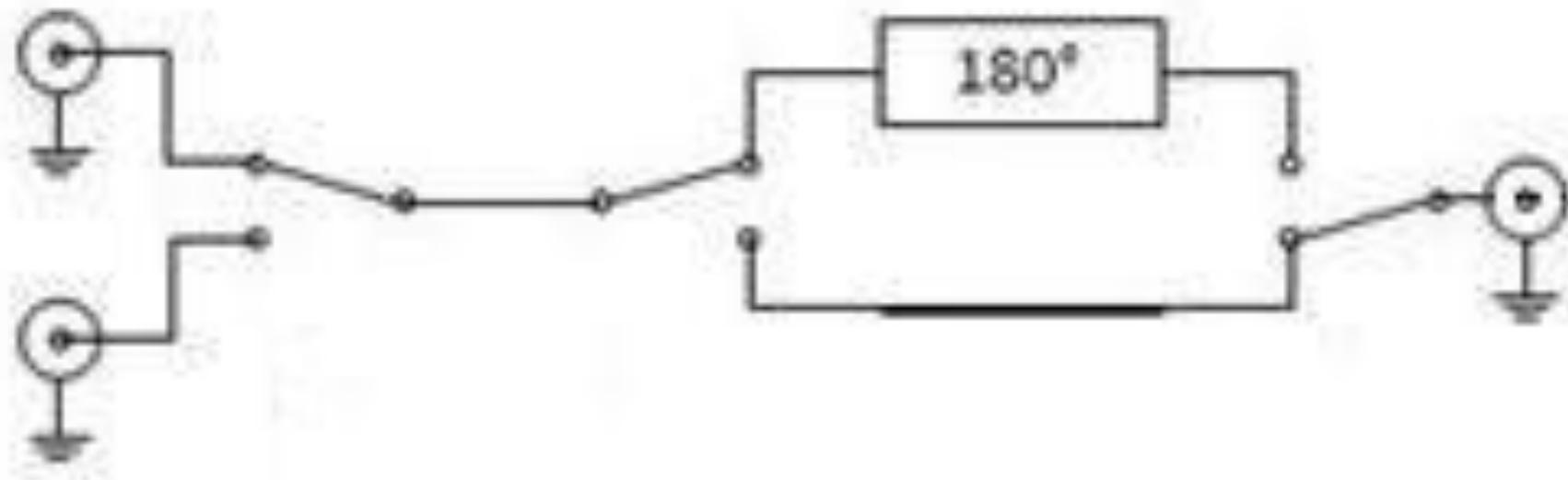
Si control = 1 entonces $v_{out} = vg_1$

Si control = 0 entonces $v_{out} = vg_2$

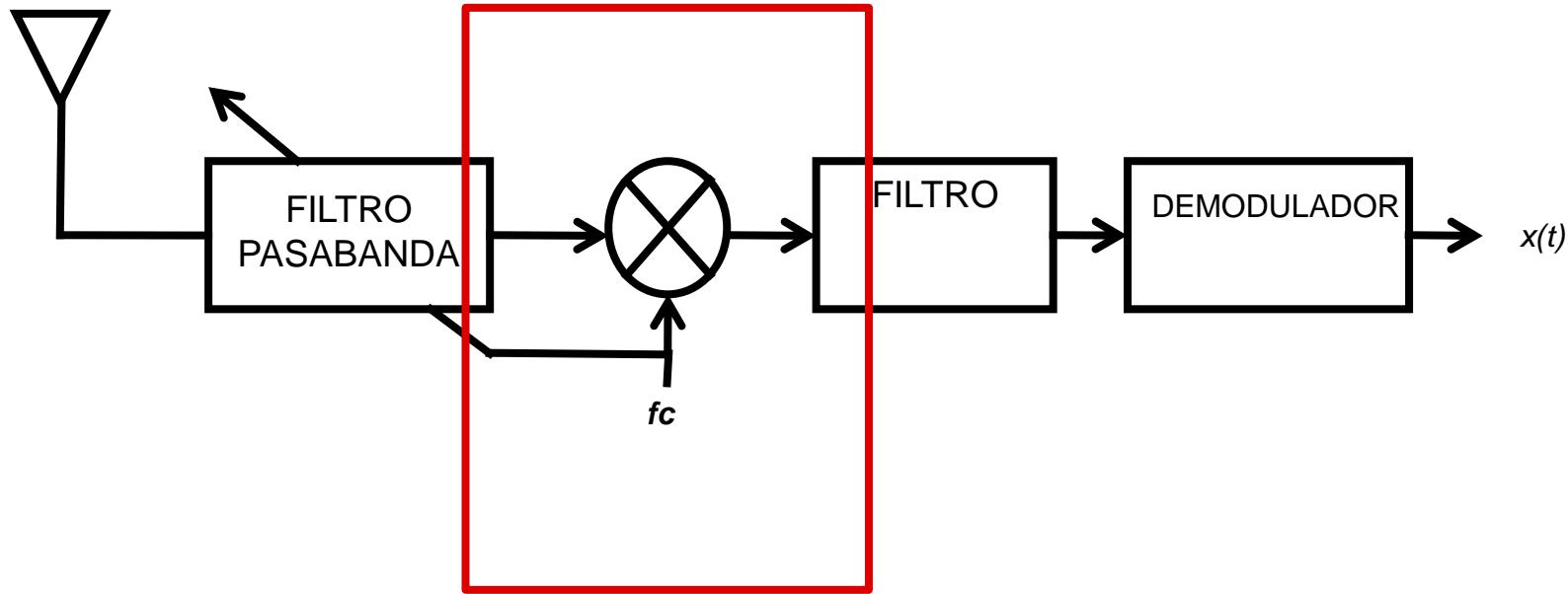


MASWSS0136





A pesar de que el SDR tiene un gran rango de operación en frecuencia, a veces suele ser necesario operar con señales por debajo del límite inferior o por encima del límite superior. Incluso puede ser necesario desplazar en frecuencia alguna señal para su mejor procesamiento. Para ello, suele ser necesario usar mezcladores que operen como down-converter o up-converter.



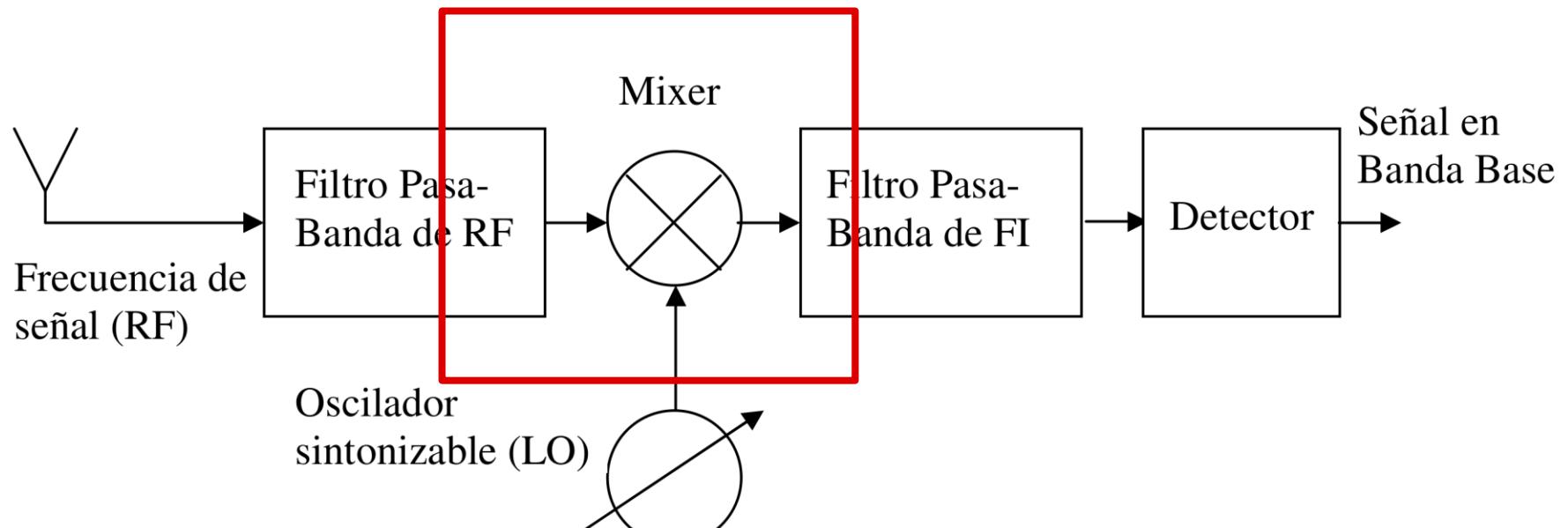
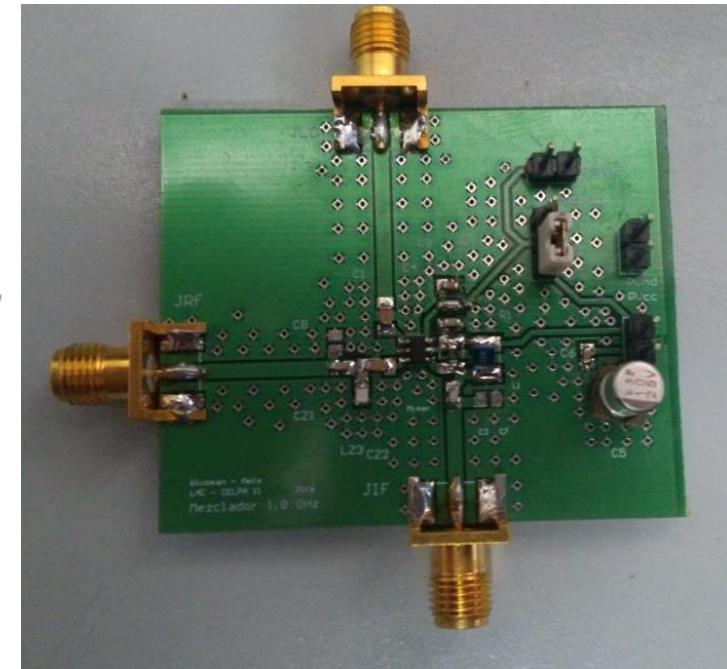
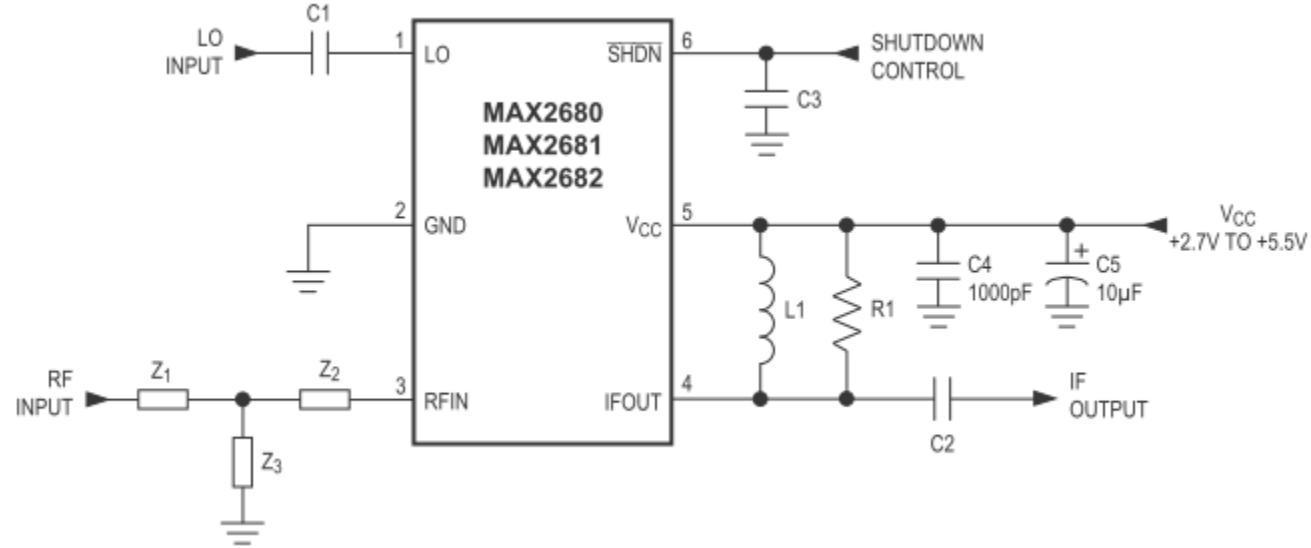


Figura Nro.1 Esquema del receptor superheterodino.

Mezcladores



Amplificadores de salida

En casos el cálculo del enlace requiera una determinada potencia a transmitir y esta no pueda ser generada por el sistema SDR , debe incluirse un amplificador de salida.

Circuladores - Aisladores

En casos donde se opere un sistema para transmitir y recibir en la misma banda, se comparta antena y la diferencia de las potencias a transmitir y recibir sean significativas, es necesario incluir un aislador para evitar dañar la entrada del SDR durante la transmisión.

Circuladores - Aisladores

Tipo de línea de transmisión pasiva de cuatro puertos.

Poseen dos entradas y dos salidas.

Se construye con tramos con longitudes específicas, de manera que:

Una salida sume a las señales.

Una resta a las señales.

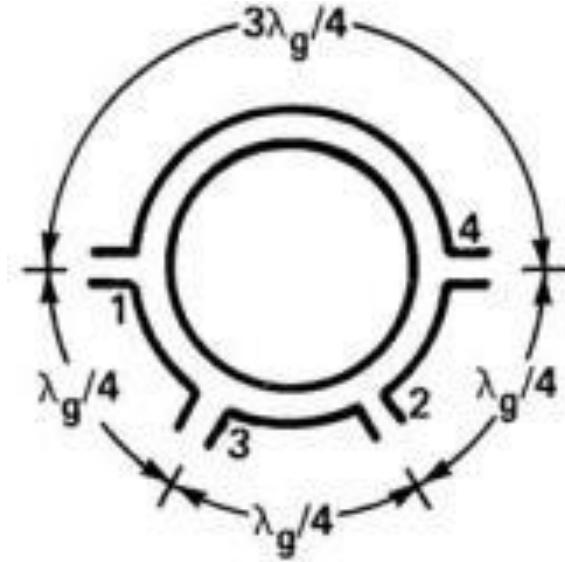
Uso de tecnología Microstrip/Stripline en RF.

Parámetros:

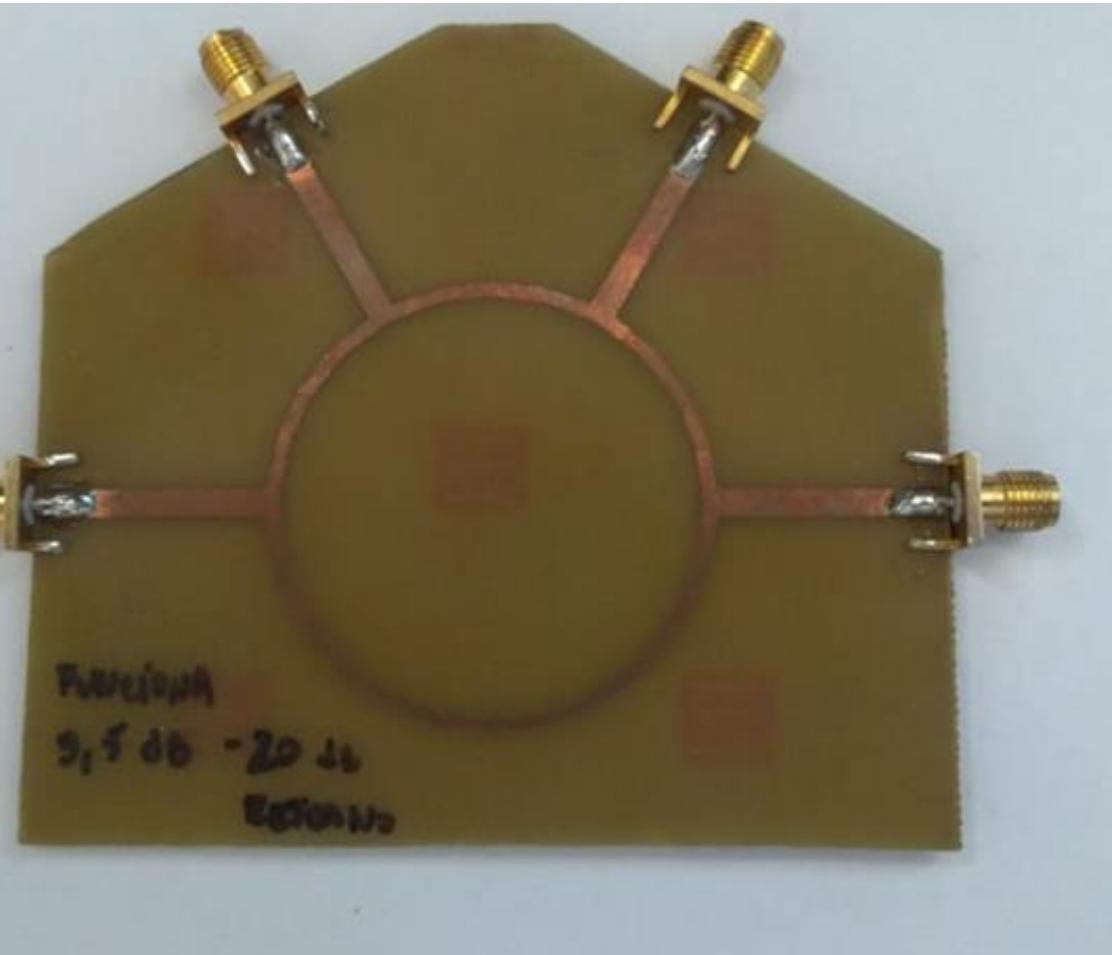
Impedancia ($Z_0=50$ Ohms)

Frecuencia (1.8 GHz)

Dieléctrico (FR4)



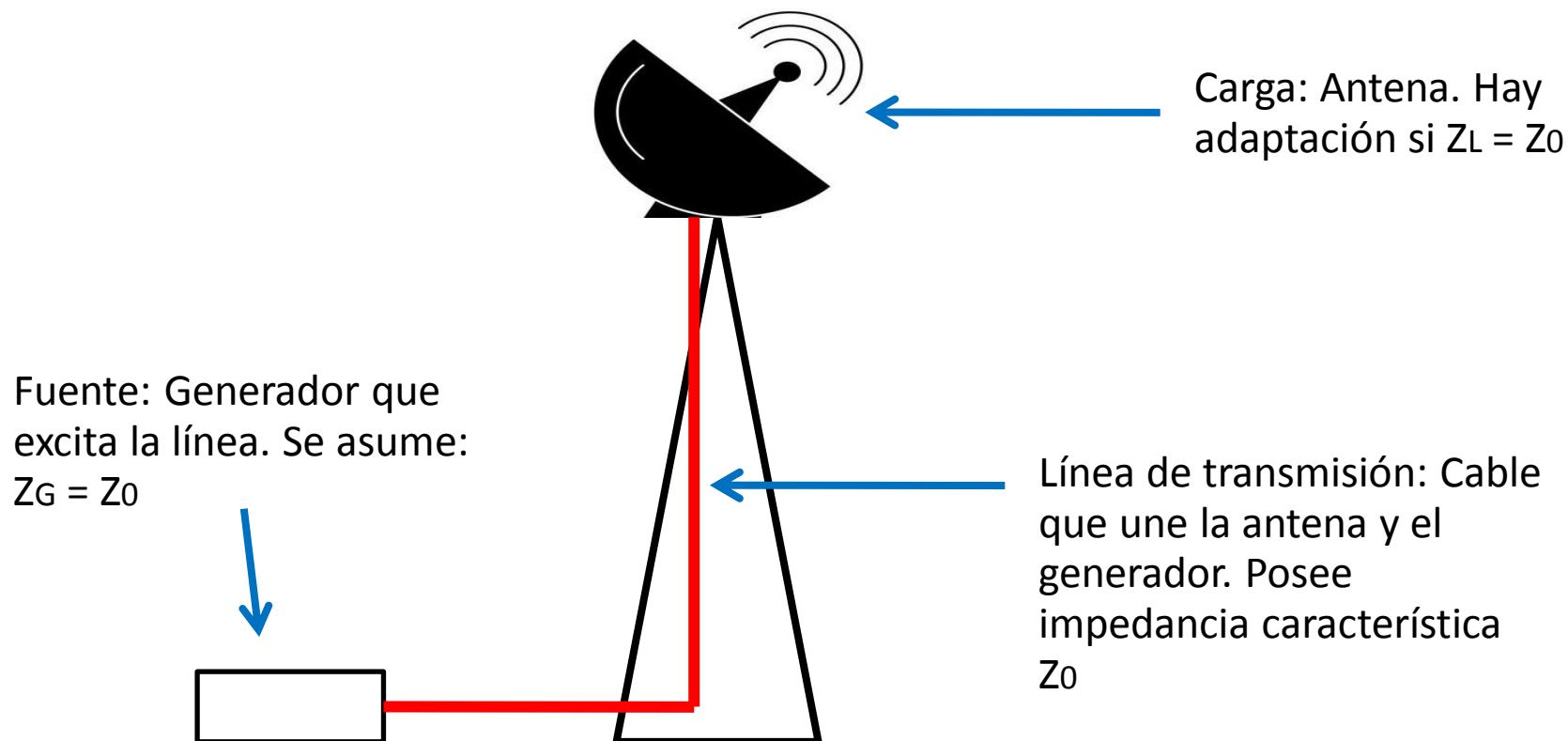
Circuladores - Aisladores



Circuladores - Aisladores

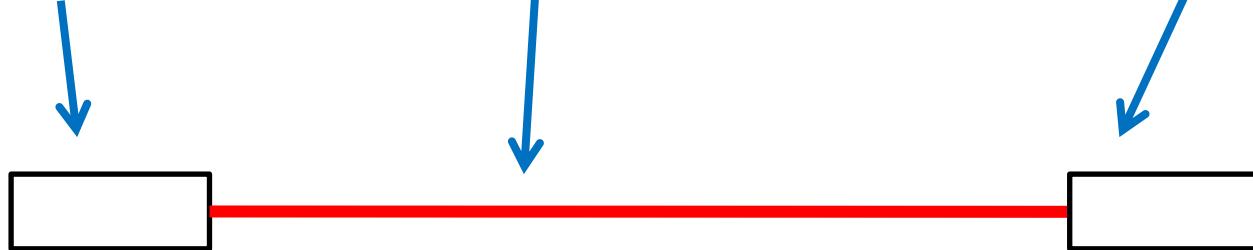


Líneas de Transmisión – Línea Adaptada



Líneas de Transmisión – Línea Adaptada

Fuente: Generador que excita la línea. Se asume:
 $Z_G = Z_0$



Línea de transmisión: Cable que une la antena y el generador. Posee impedancia característica Z_0

Carga: Hay adaptación si $Z_L = Z_0$

Líneas de Transmisión – Adaptadores

Cuando la línea de transmisión esta conectada a una carga de valor Z_0 , el coeficiente de reflexión es nulo. No existe en ese caso onda reflejada. Esta es la condición ideal en el diseño de sistemas de transmisión y recepción. La presencia de onda reflejada indica perdida de potencia por efecto de esa reflexión, que no accede a la carga, así como potencia aplicada a la salida del dispositivo generador que tienen que ser absorbidas sin provocar destrucción del mismo.

Cuando la carga es, por alguna forzada razón, distinta de Z_0 , se procede a su adaptación. Adaptar la carga implica conectar una red, en teoría sin perdidas, que modifica los niveles de impedancia para que Z_L sea vista por el generador como una carga Z_0 .

Existen numerosas formas de realizar la adaptación. Se analizan aquí algunas de ellas.

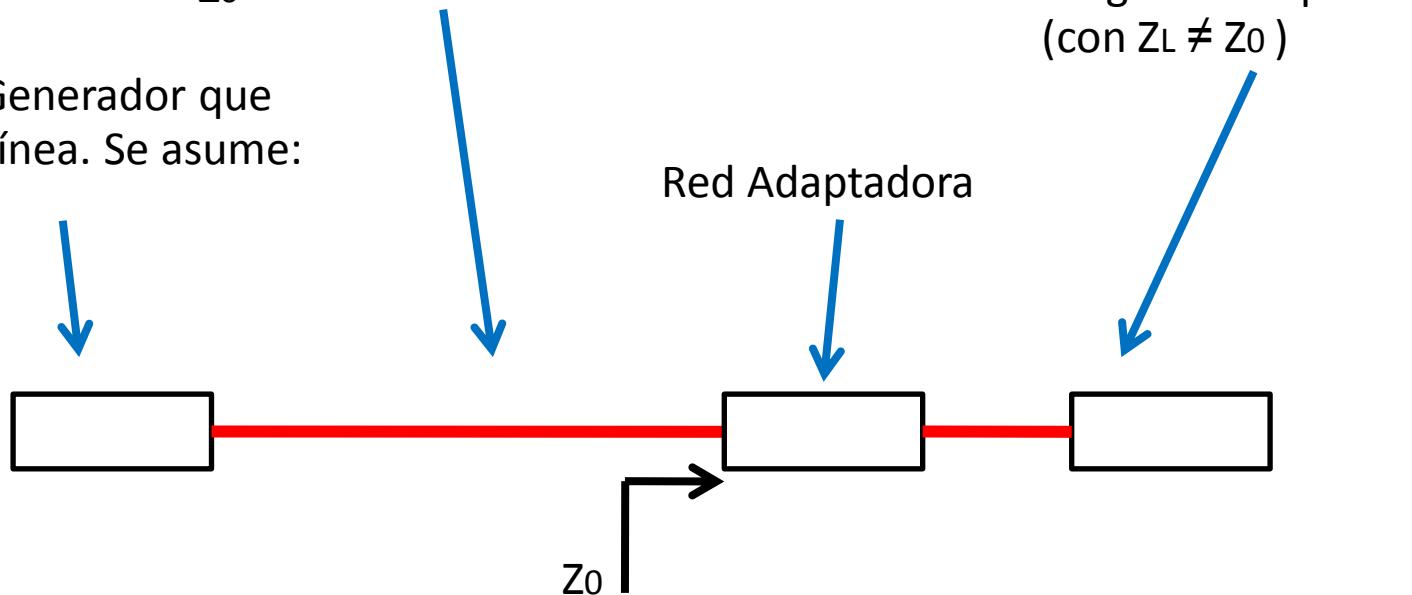
Líneas de Transmisión – Red adaptadora

Línea de transmisión: Cable que une la antena y el generador. Posee impedancia característica

Z_0

Fuente: Generador que excita la línea. Se asume:
 $Z_G = Z_0$

Carga No adaptada
(con $Z_L \neq Z_0$)



Adaptación de impedancias

La adaptación de impedancias entre etapas es crítica para evitar desperdiciar potencia en reflexiones. En algunos casos incluso el sistema podría no funcionar por ello. Asimismo, debe tenerse en cuenta que la impedancia de cada una de las etapas varía con la frecuencia (no es una $Z_0 = 50 \text{ Ohms}$ cte.).

Adaptación de impedancias

Hay distintas técnicas de adaptación de impedancias. A la hora de elegir la óptima, deberemos conocer el tipo de carga a adaptar (que suele ser real e imaginaria) y el ancho de banda de la adaptación. Esto último se debe a que las adaptaciones suelen ser implementadas a una frecuencia y luego, a medida que nos alejamos de la misma, aparece una desadaptación que puede ser aceptable o no dependiendo de la aplicación

Líneas de Transmisión – Adaptadores $\lambda/4$.

En general este adaptador se emplea para adaptar una carga resistiva R_L distinta de Z_0 , a ese valor.

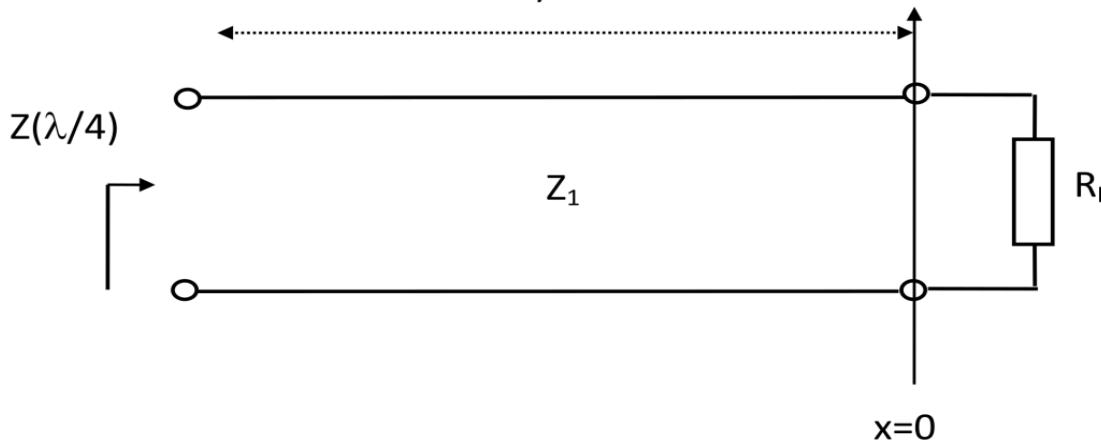
 $\lambda/4$ 

Figura 4.22 Adaptación de cuarto de longitud de onda

Se pretende entonces que:

$$Z(\lambda/4) = \frac{Z_1^2}{R_L} = Z_0$$

$$Z_1 = \sqrt{Z_0 \cdot R_L}$$

Líneas de Transmisión – Adaptadores $\lambda/4$.

Pasos:

Dados RL y Zo:

1- Calculo $Z_1 = \sqrt{Z_0 \cdot R_L}$

Por ejemplo, una carga de $R_L=200\Omega$ se puede adaptar a 50Ω si la impedancia característica del tramo de cuarto de onda es $Z_1=100\Omega$.

Recuérdese que este adaptador se usa preferentemente si la carga es resistiva pura. Para ver este efecto de adaptación en el ábaco se debe normalizar respecto de Z_1 .

Líneas de Transmisión – Adaptadores $\lambda/4$.



Líneas de Transmisión – Adaptadores de Taco Simple

La adaptación denominada por taco simple utiliza lo que se denomina "taco", es decir, una línea de transmisión que se encuentra en corto circuito (CC) o circuito abierto (CA), conectada en paralelo. Como se ha visto, estas líneas ofrecen en bornes de entrada una impedancia que es reactiva pura. El uso combinado de estas líneas con tramos de línea sin perdidas permite diseñar redes de adaptación sin perdidas.

el esquema mas simple de adaptación es el que se ve en la figura

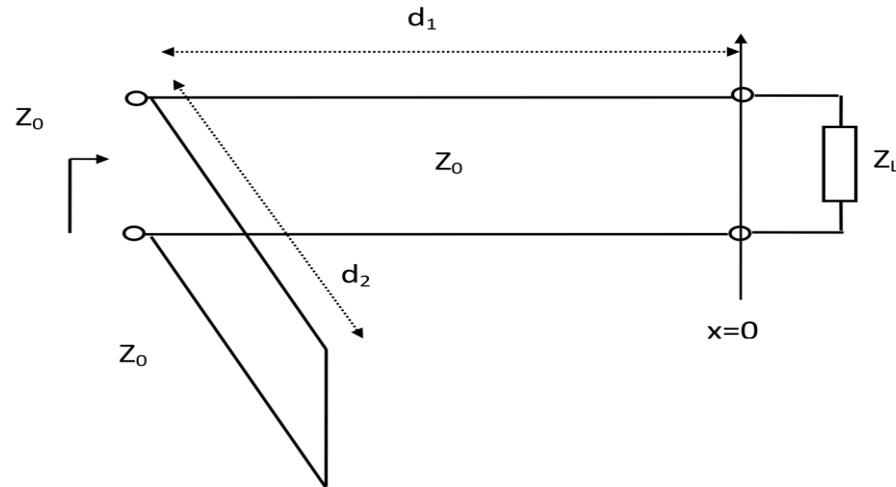
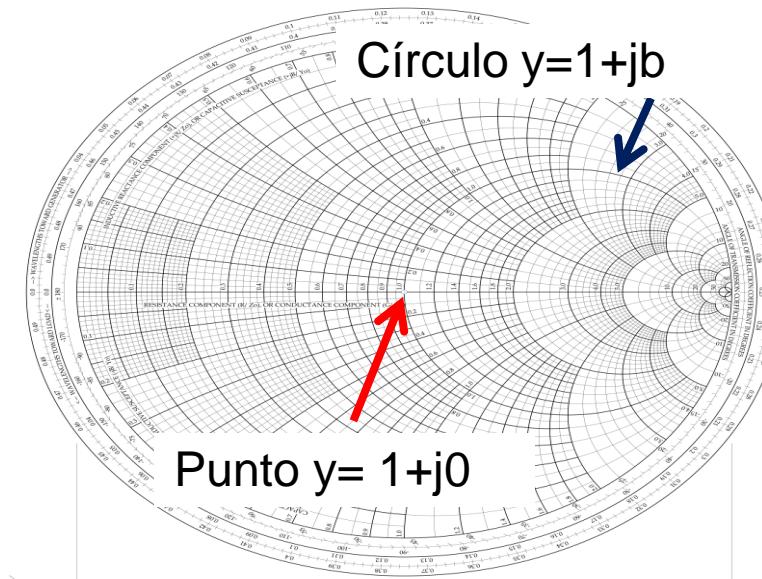
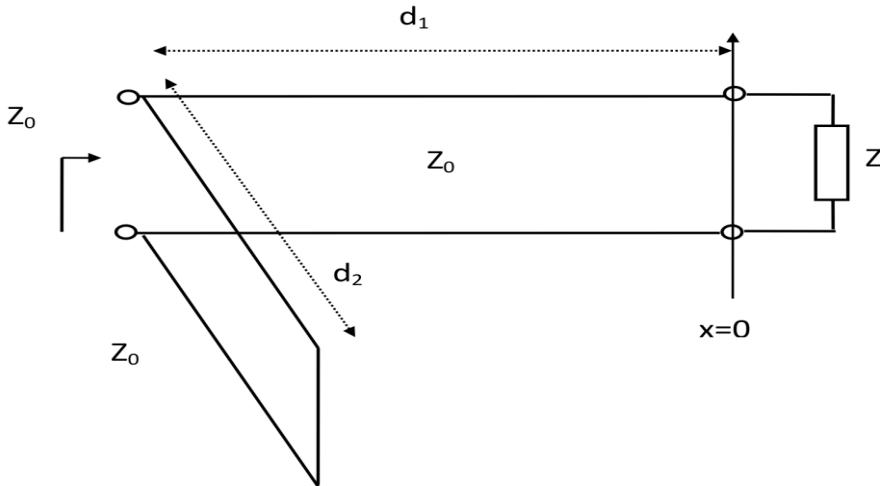


Figura 4.19 Adaptación con taco simple



Líneas de Transmisión – Adaptadores de Taco Simple



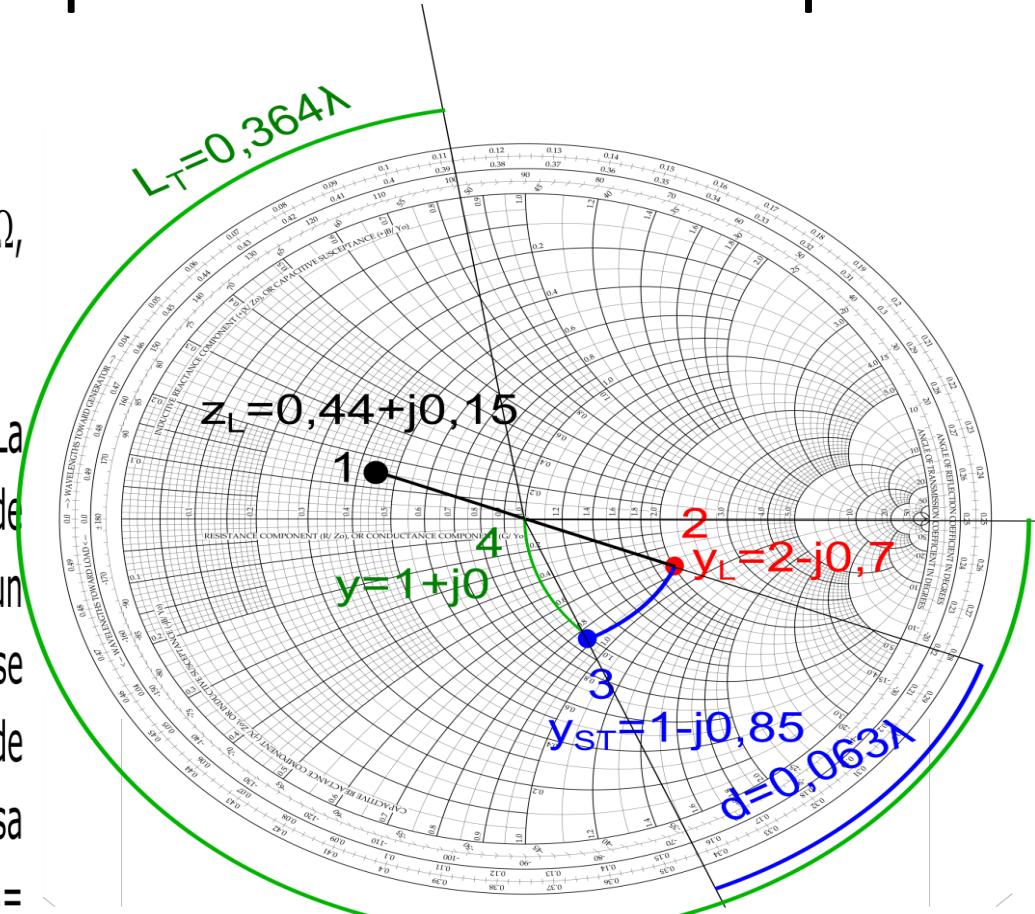
El tramo de línea de transmisión sin perdidas d_1 modifica la admitancia Y_L de manera que a esa distancia, dicha impedancia se transforma en $Y_0 \pm jB$. El cálculo de la adaptación se efectúa normalizando la impedancia Z_L a Z_0 . Luego se procede a calcular la admitancia correspondiente normalizada y_L (Tomando el punto diametralmente opuesto a z_L , la impedancia normalizada). El valor de admitancia normalizado se modifica moviéndose a ROE constante a lo largo de la línea 1, para transformarse en $1 \pm jb$. El “taco”, o línea de transmisión en CC o CA, cancela la parte imaginaria $\pm jb$, por que al estar en paralelo implica sencillamente una suma de una susceptancia de signo contrario.(Esta es la razón por la que se trabaja en admitancia).

Líneas de Transmisión – Adaptadores de Taco Simple

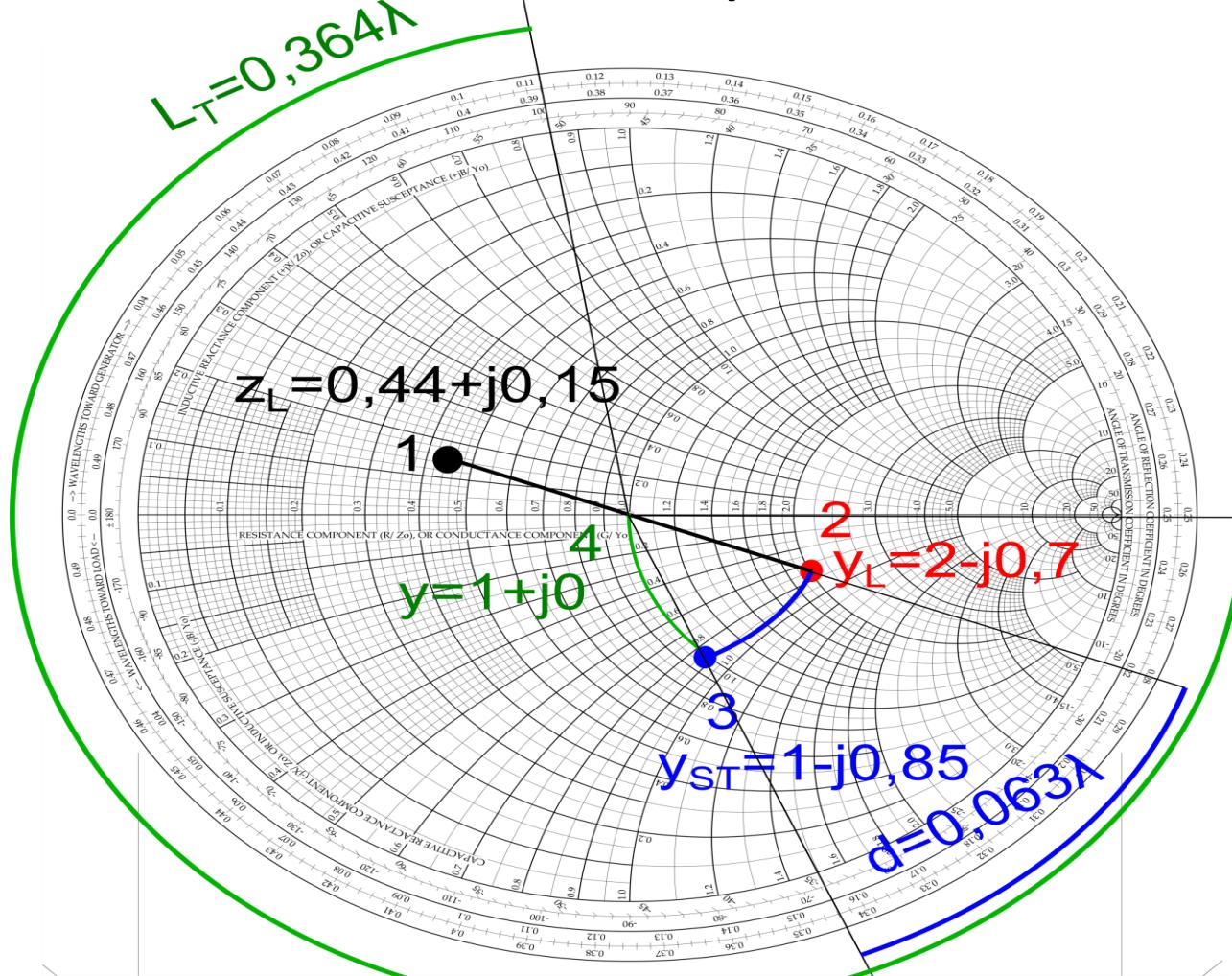
Ejemplo:

Adaptar una carga $Z_L = (22 + j7.5)\Omega$, a un generador de impedancia $Z_0=50 \Omega$, mediante líneas de transmisión de impedancia $Z_0=50 \Omega$.

Si se normaliza la impedancia se obtiene el valor $z_L = 0.44 + j0.15$. La admitancia normalizada correspondiente es: $y_L=2-j0.7$. el tramo de línea de transmisión 1 es usado para modificar la admitancia normalizada, en un movimiento a ROE constante. La admitancia se transforma en $1-j0.85$ si se produce un desplazamiento normalizado de $d_1=0.063\lambda$. En ese sitio se puede conectar un "taco" o línea de transmisión en paralelo para cancelar esa susceptancia. Si ese taco fuera uno en corto circuito, su longitud d_2 sería: $d_2=0.364\lambda$.



Líneas de Transmisión – Adaptadores de Taco Simple



Líneas de Transmisión – Adaptadores de Taco Simple

Pasos :

1 – Normalizo $Z_L = z_L = Z_L/Z_0$.

2- Como el taco se conecta en paralelo, busco el punto diametralmente opuesto del ábaco y_L .

3- Como el taco solo va a sumar (o restar) una parte imaginaria $-jB$, y el objetivo el llegar al punto $1+j0$. Debemos movernos en la línea de transmisión hasta el punto $1+jB$. El cual se encuentra en el círculo unitario.

Entonces, me muevo hacia el generador una distancia d_1 hasta llegar al círculo unitario.

**4- Una vez en el punto $1+jB$, sumo el taco en paralelo y llego al punto $1+j0$.
El sistema está adaptado.**

5- Dependiendo si el taco es CC o CA, obtengo su largo en fracciones de λ .

6- En función de la frecuencia y velocidad de fase de la línea, obtengo la el largo físico del taco en metros.

Líneas de Transmisión – Adaptadores de Taco Simple

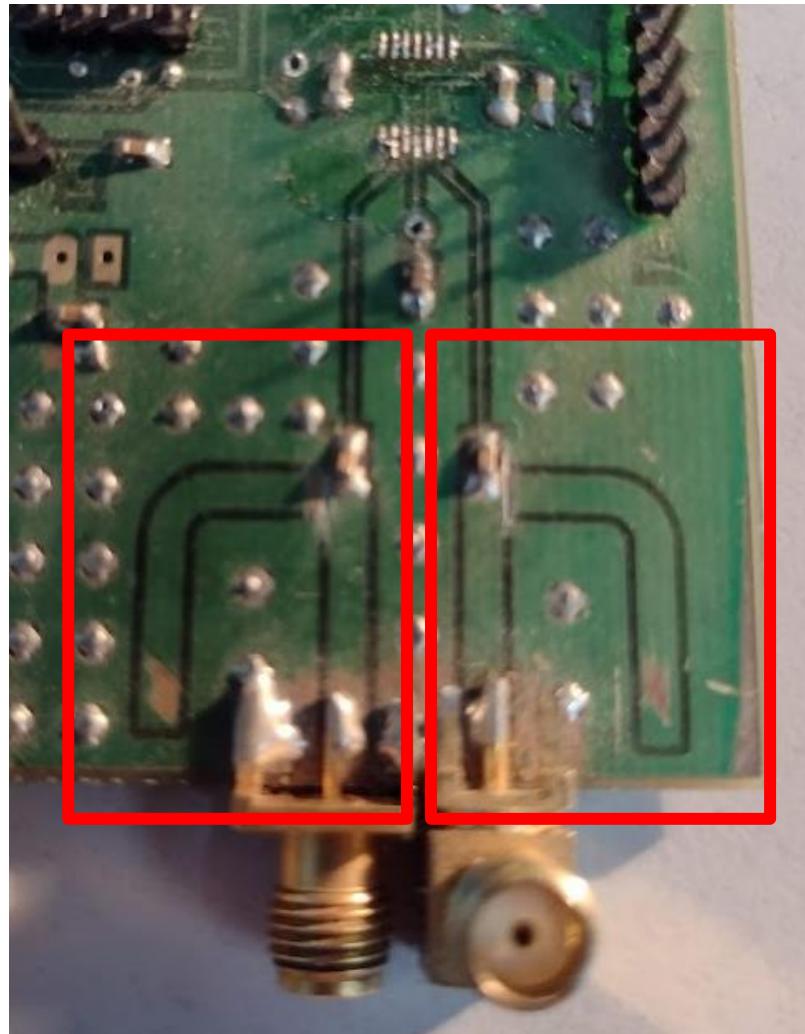
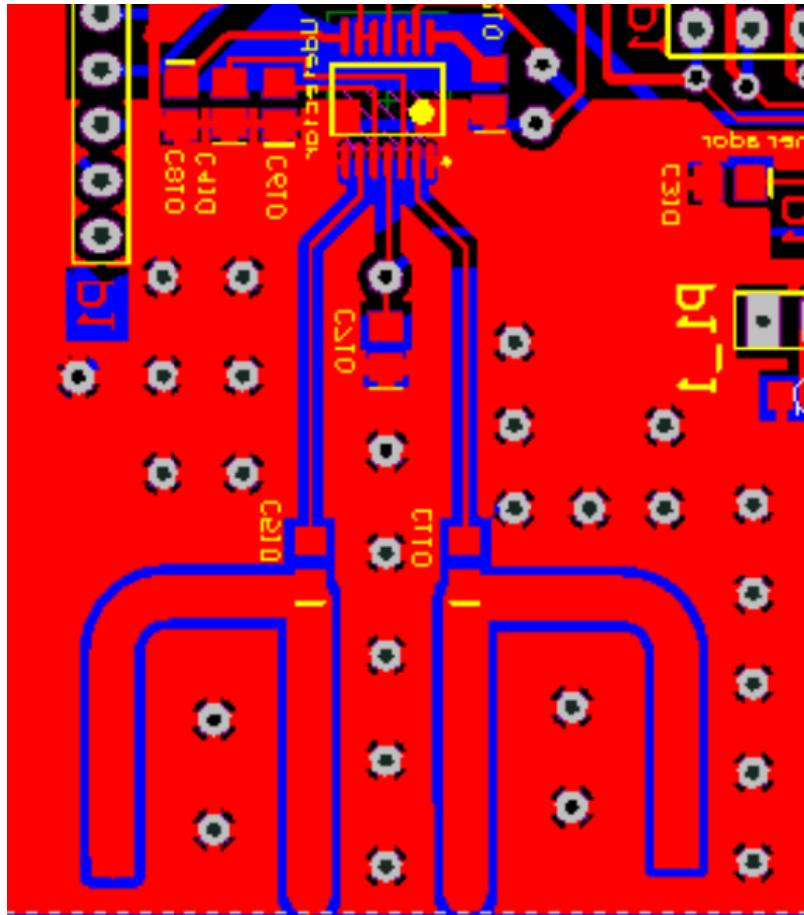
Ventajas:

- Es simple de calcular.
- Puede adaptar cargas que no sean reales puras.
- La impedancia característica del taco a es la misma que la de la línea de transmisión. O sea que el taco se puede armar con el mismo cable o material que compone la línea.

Desventajas:

- La distancia d_1 sale de la resolución del ejercicio, y en algunos casos no es accesible.
- La adaptación depende de la frecuencia. La adaptación se diseña e implementa a una frecuencia, si variamos la frecuencia aparece una desadaptación.

Líneas de Transmisión – Adaptadores de Taco Simple



Adaptaciones resistivas

Redes atenuadoras resistivas son ampliamente usadas en RF.

Atenuadores tipo π



Pi Attenuator Calculator

A Pi Attenuator uses a single series resistor, and two shunts to ground (input and output) to attenuate a signal. This calculator lets the user enter in the desired att and it will calculate the needed shunt resistors (R_1) and series resistor (R_2).

Pi Bridged-Tee Reflection Tee

ATTENUATION (DB)

IMPEDANCE

 Ω
 R_1

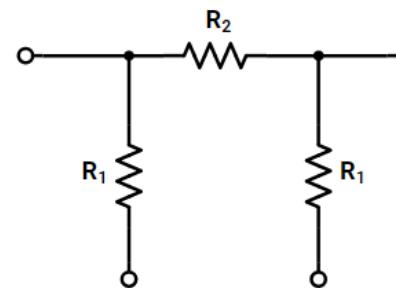
 Ω
 R_2

 Ω

FORMULAS

$$R_1 = Z_0 \left(\frac{10^{\frac{A_{dB}}{20}} + 1}{10^{\frac{A_{dB}}{20}} - 1} \right)$$

$$R_2 = \frac{Z_0}{2} \left(10^{\frac{A_{dB}}{20}} - \frac{1}{10^{\frac{A_{dB}}{20}}} \right)$$



Atenuadores tipo T



Tee Attenuator Calculator

This Tee Attenuator Calculator will calculate the values of R₁ and R₂. Please enter in the needed attenuation and the impedance of the line to be matched.

Pi Bridged-Tee Reflection **Tee**

ATTENUATION (DB)

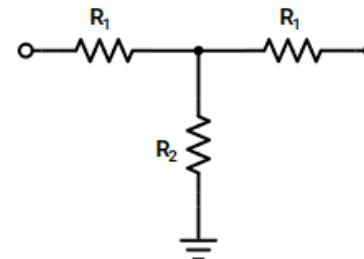
IMPEDANCE

 Ω**R₁** Ω**R₂** Ω

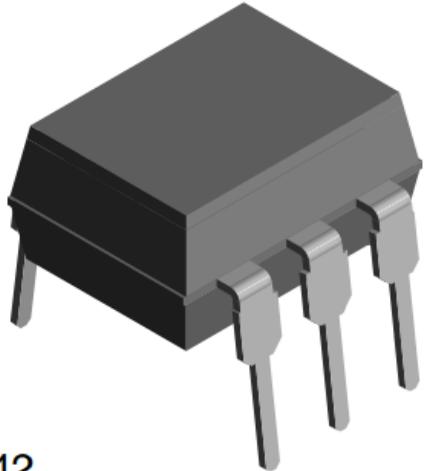
FORMULAS

$$R_1 = Z_0 \left(\frac{10^{\frac{A_{dB}}{20}} - 1}{10^{\frac{A_{dB}}{20}} + 1} \right)$$

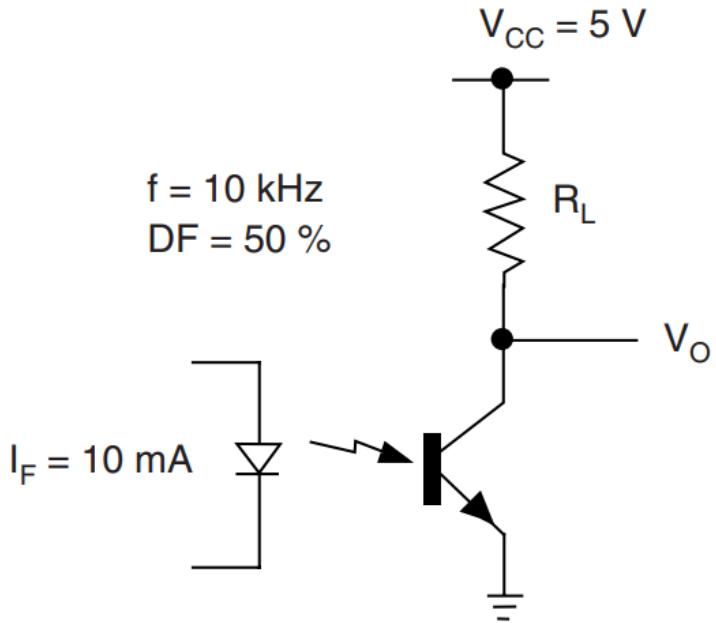
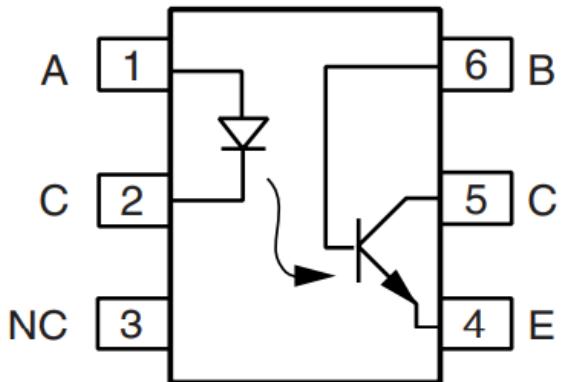
$$R_2 = 2Z_0 \left(\frac{10^{\frac{A_{dB}}{20}}}{10^{\frac{A_{dB}}{10}} - 1} \right)$$



Optoaisladores



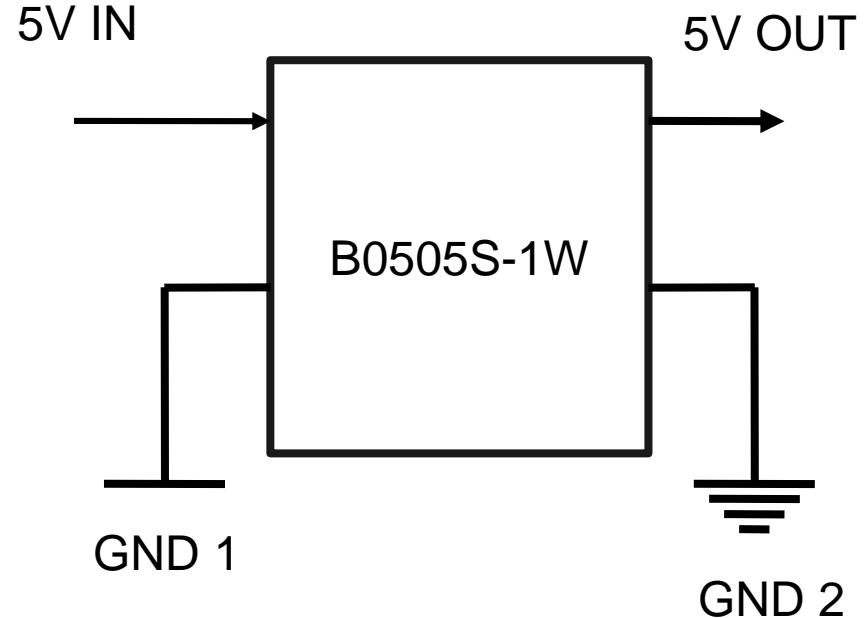
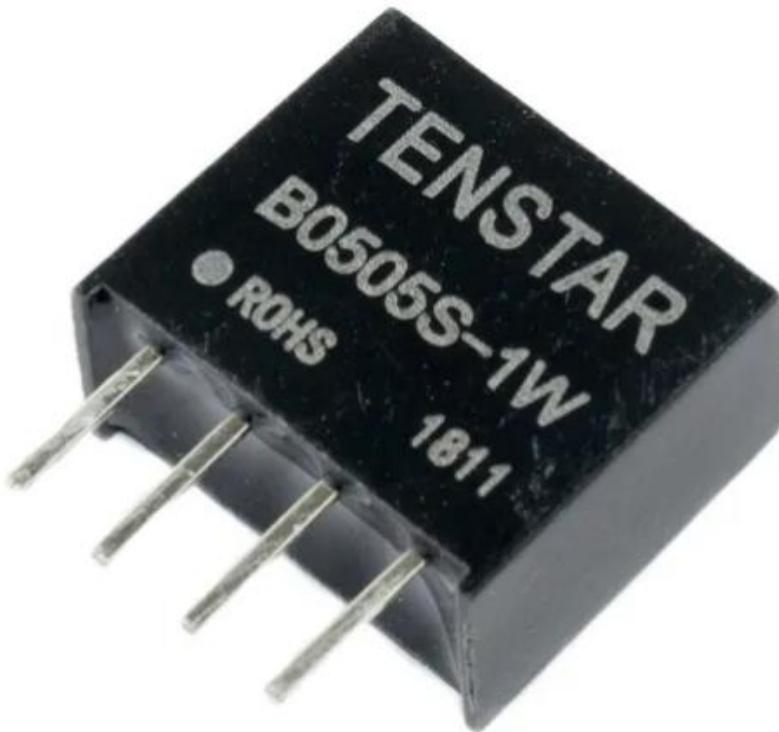
21842



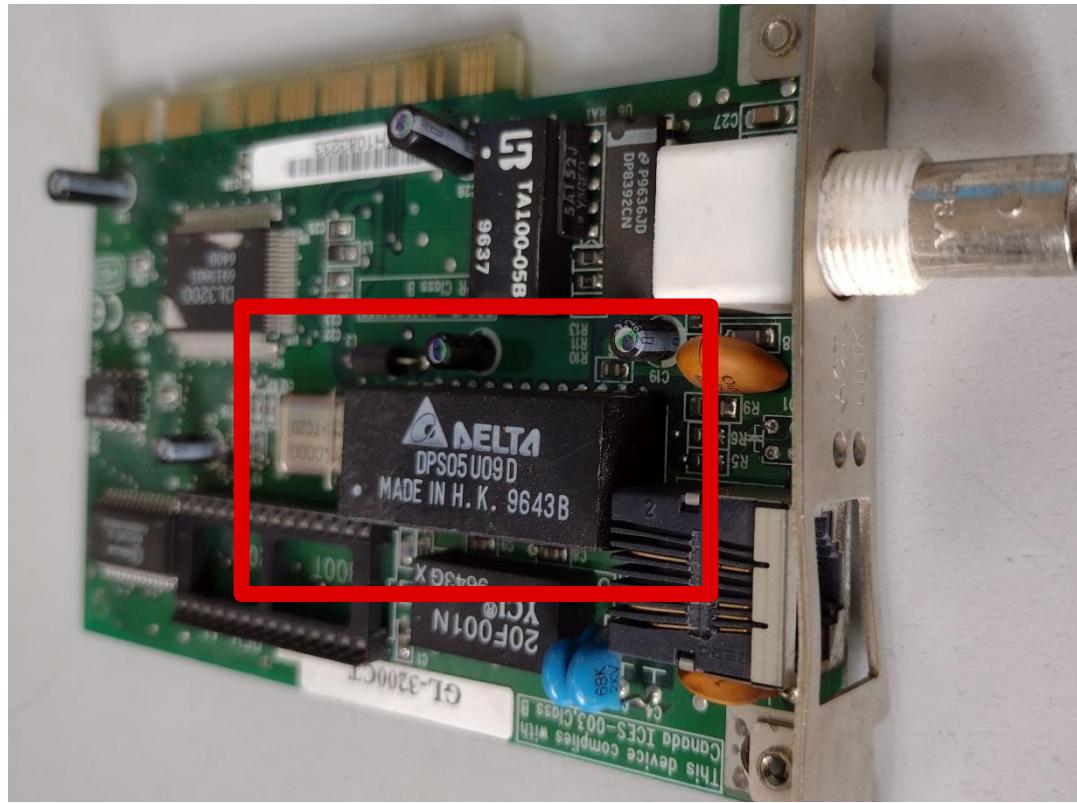
n25_14

Fig. 14 - Switching Schematic

Fuentes Aisladas



Fuentes Aisladas



ELECTRICAL CHARACTERISTICS @25°C

Model	Input Voltage Nominal / Range (VDC)	Output Voltage (VDC)	Output Current (mA)	Regulated Output	Enable Function	Efficiency (%) TYPE	Isolation
DPS0501D	5	4.75-5.25	0	120	N	N	70
DPS0502D	5	4.75-5.25	0	200	N	N	70
DPS05U09D	5	4.75-5.25	9	200	N	N	75
DPS05U00MD	5	4.75-5.25	0	200	N	N	75

Limitadores con diodos

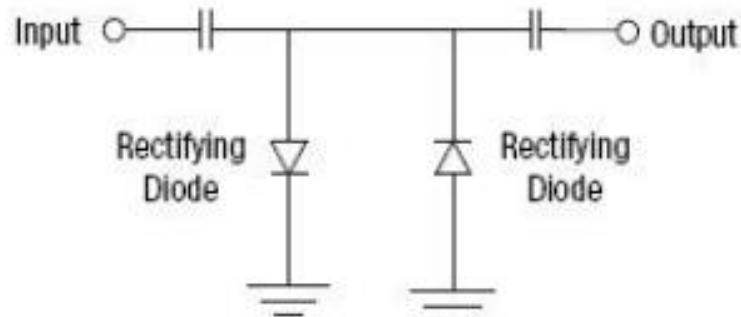
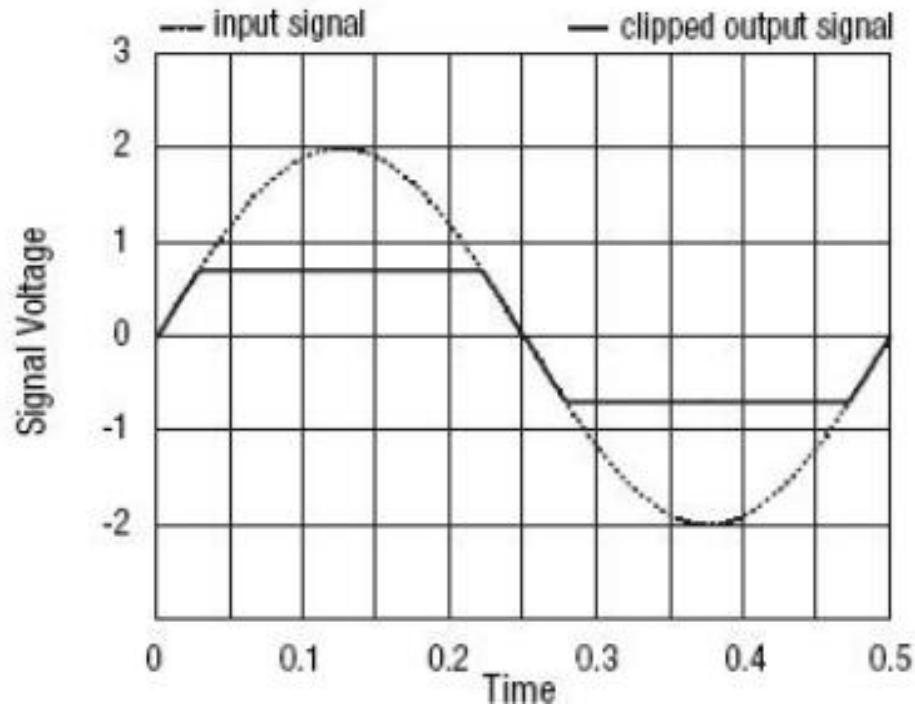
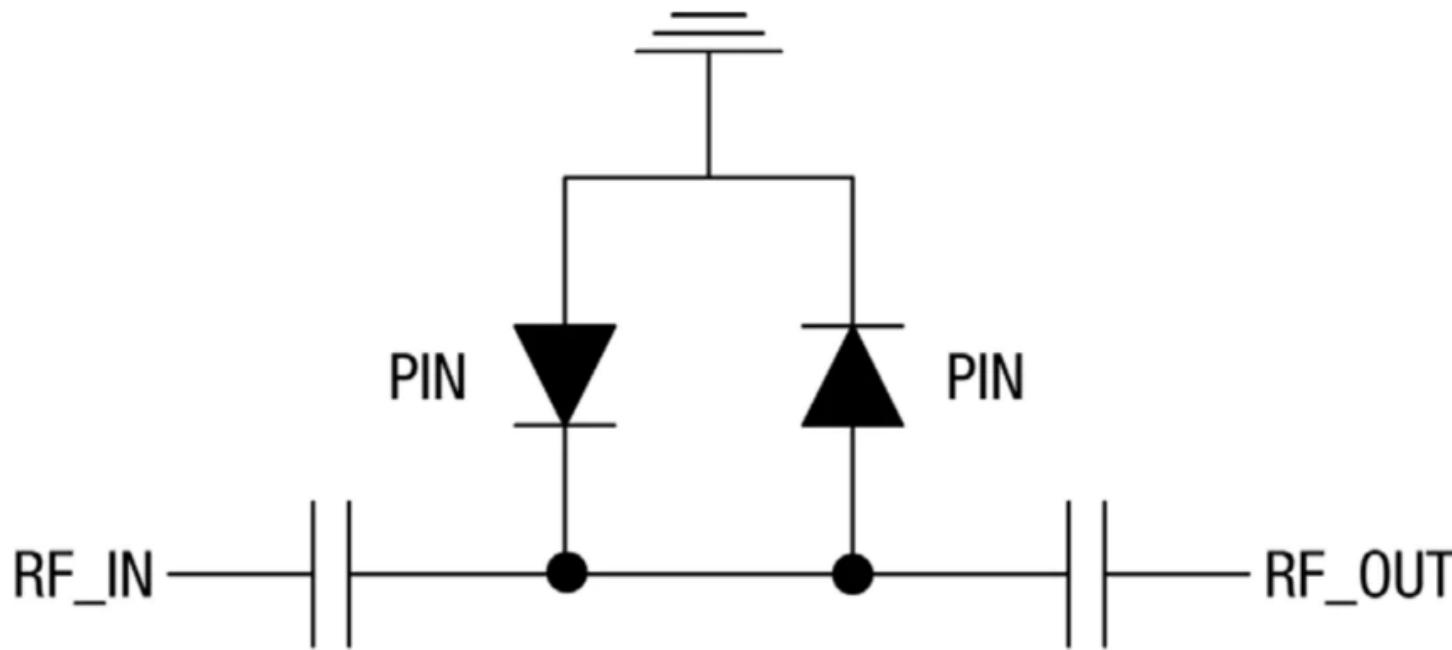


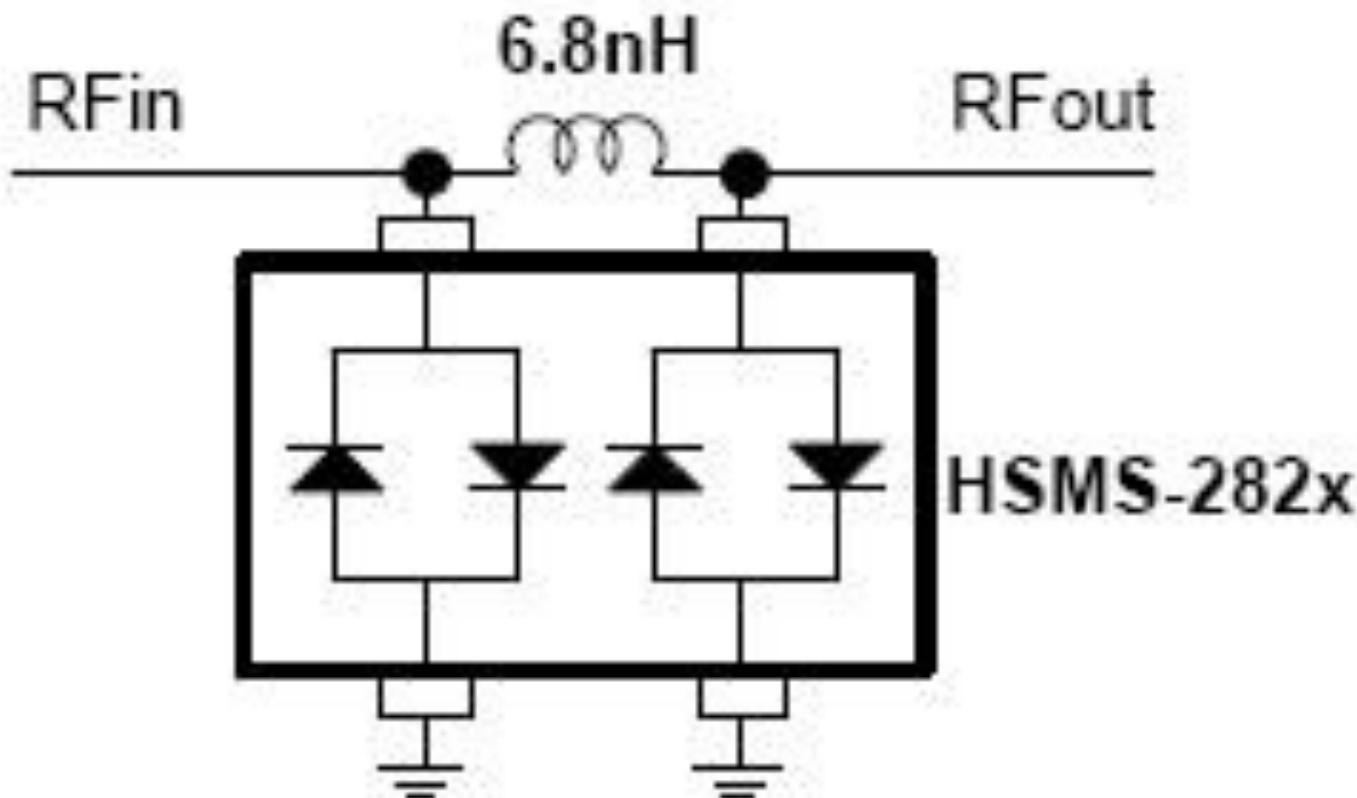
Figure 4. Clipper Circuit and Large Signal Input/Output Waveforms



Limitadores con diodos



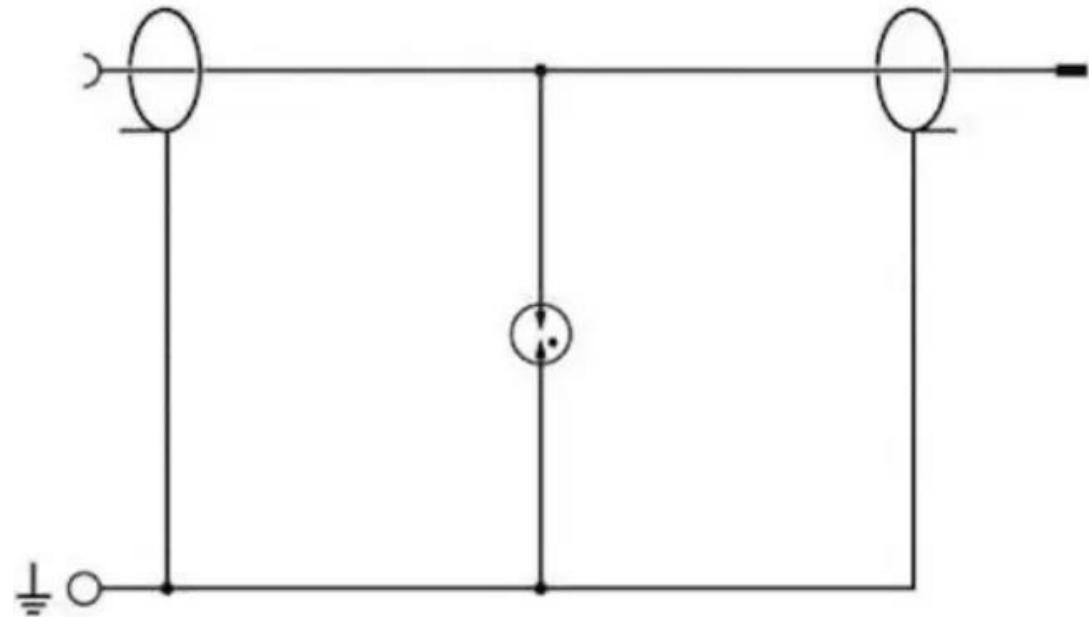
Limitadores con diodos



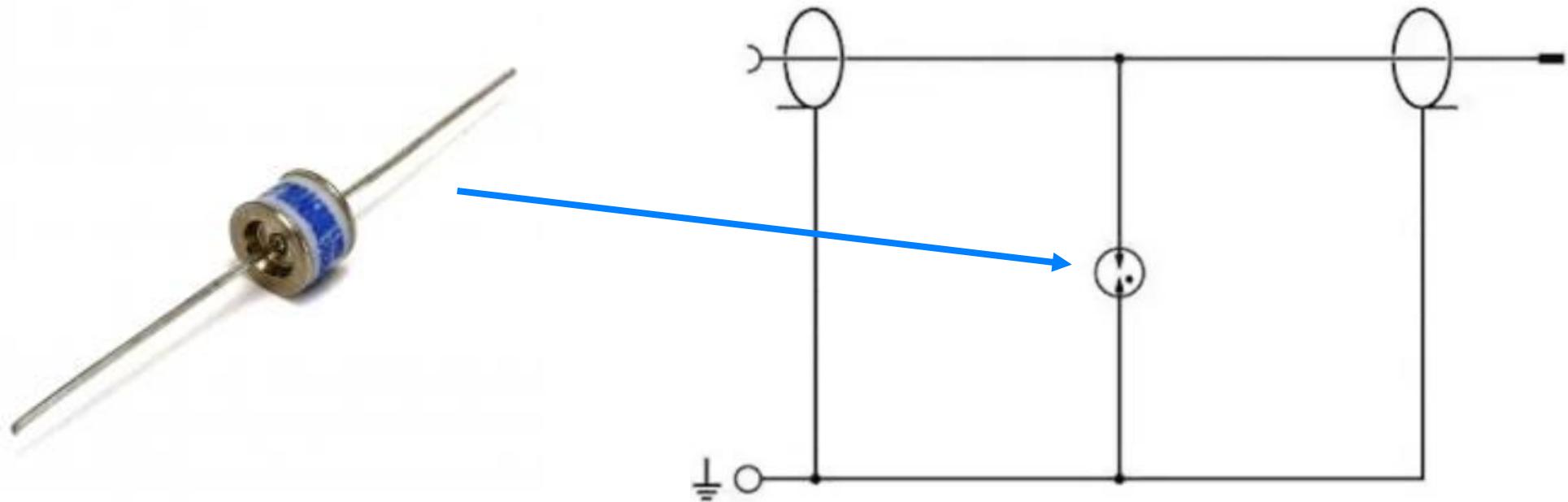
Descargadores gaseosos



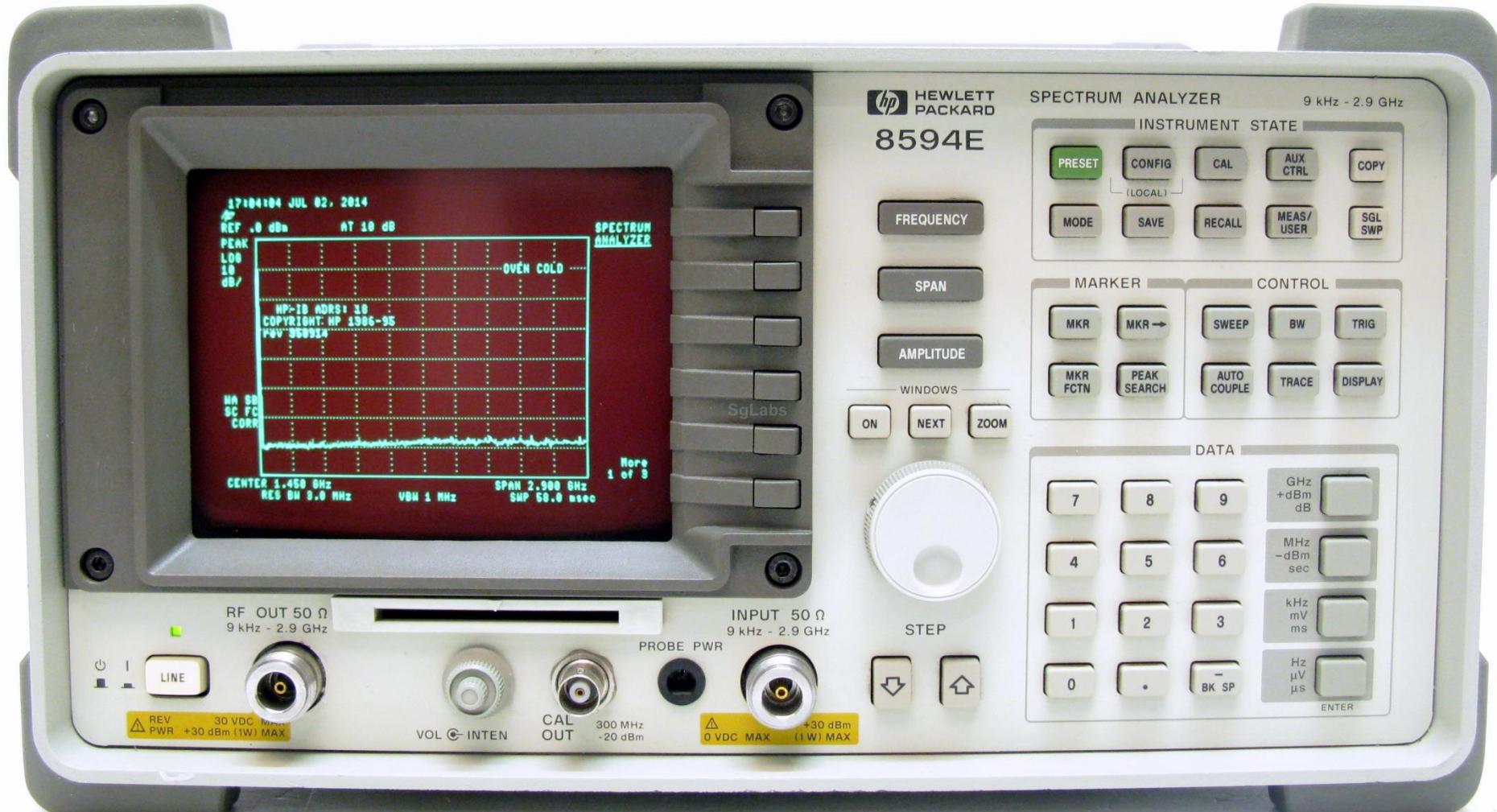
Descargadores gaseosos



Descargadores gaseosos



Analizador de espectros



Analizador de espectros: Precauciones

¡No sobrepasar el nivel máximo de entrada!

Usar atenuadores



Analizador de espectros: Precauciones

¡No ingresar señales con componentes de continua!

Medir con otro instrumento y verificar que el sistema tenga capacitores de desacople en el punto de medición.

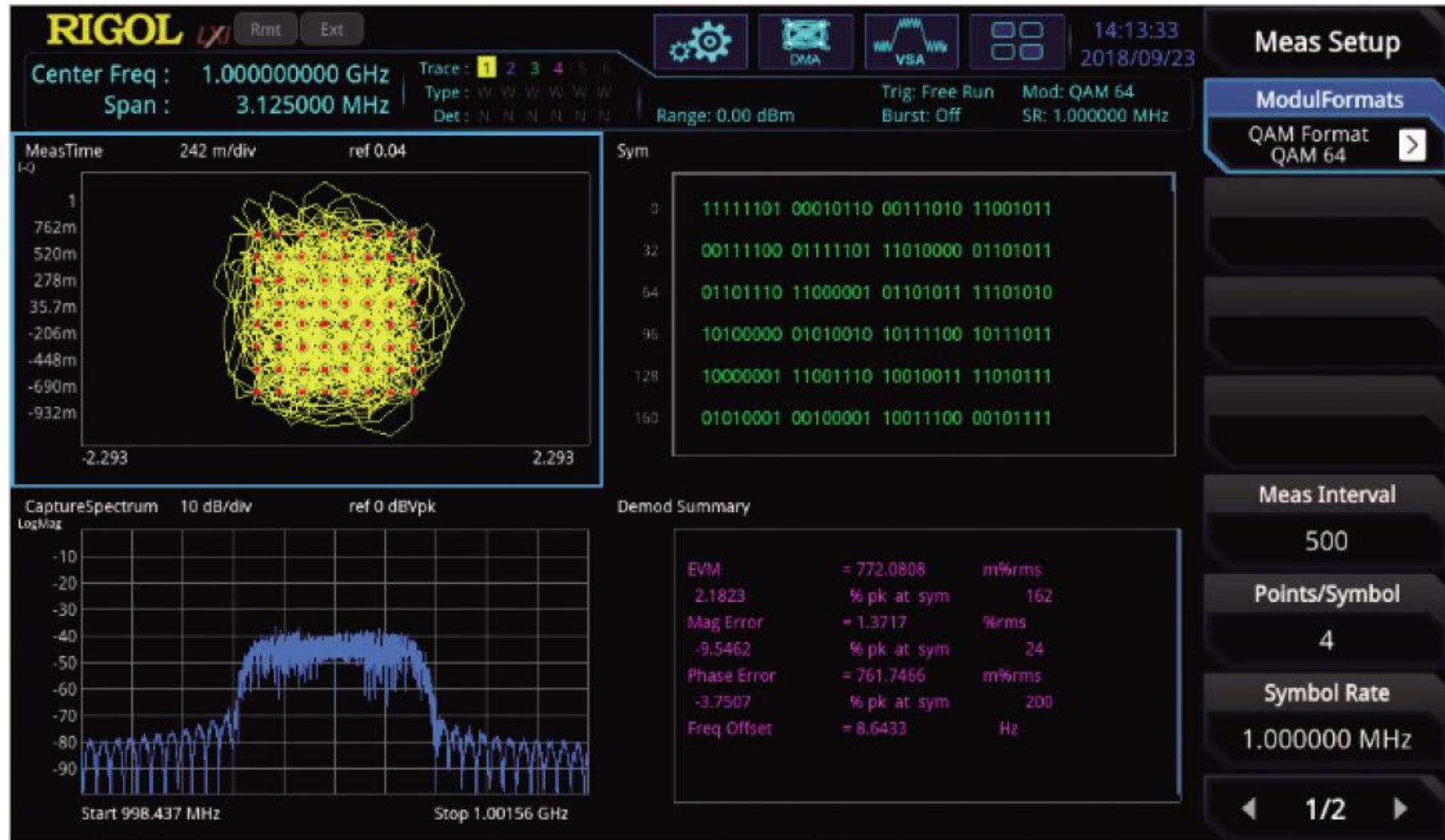
Analizador Vectorial de Redes



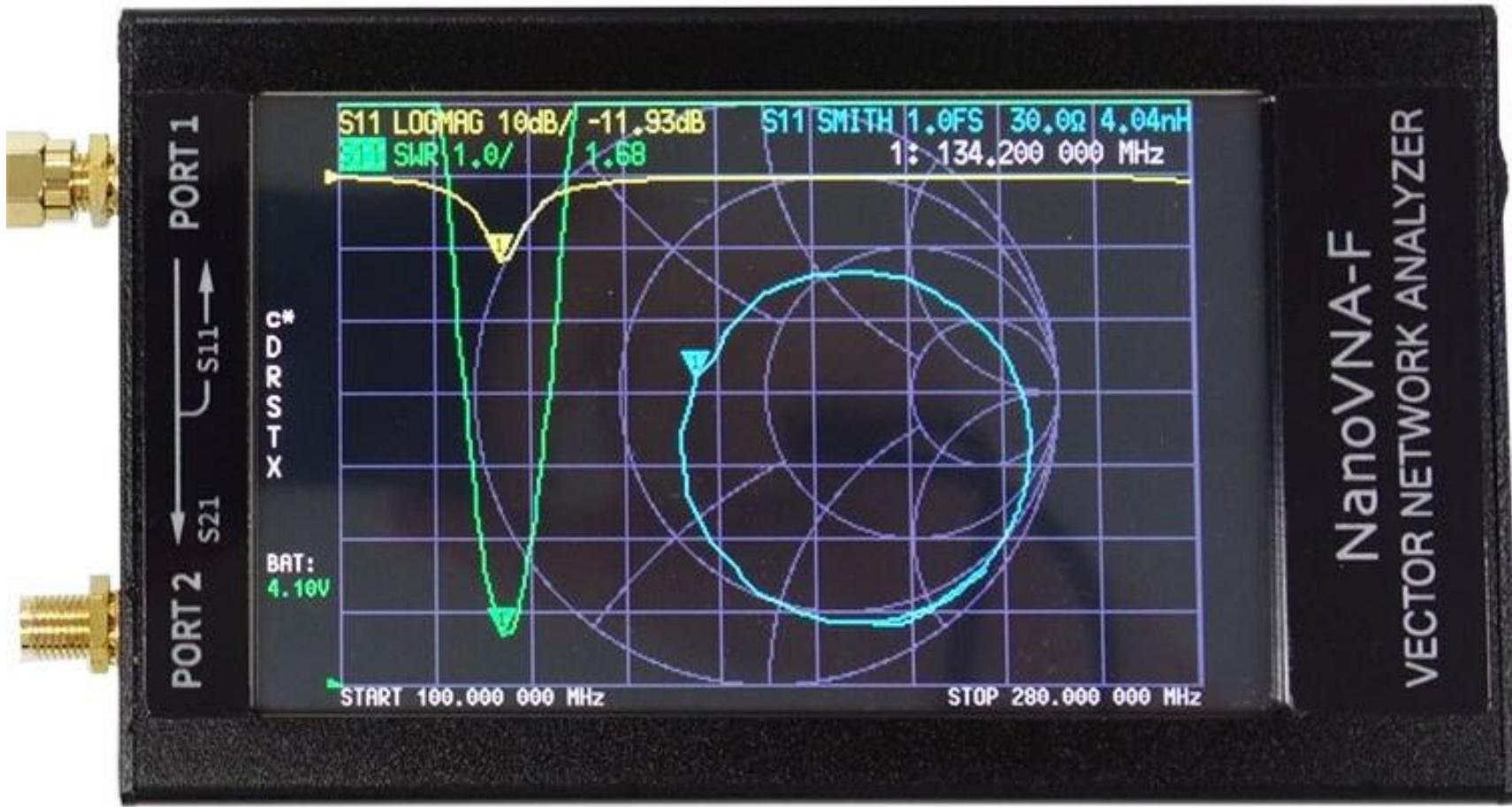
Analizador Vectorial de Redes



Analizador Vectorial de Redes



nanoVNA



Plan de negocios

Un plan de negocios es una estrategia documentada sobre los objetivos y planes de una empresa. Describe el plan de comercialización, proyecciones financieras, investigación de mercado, propósito comercial y la declaración de misión. También puede incluir el personal clave para lograr los objetivos, recursos necesarios y un cronograma.

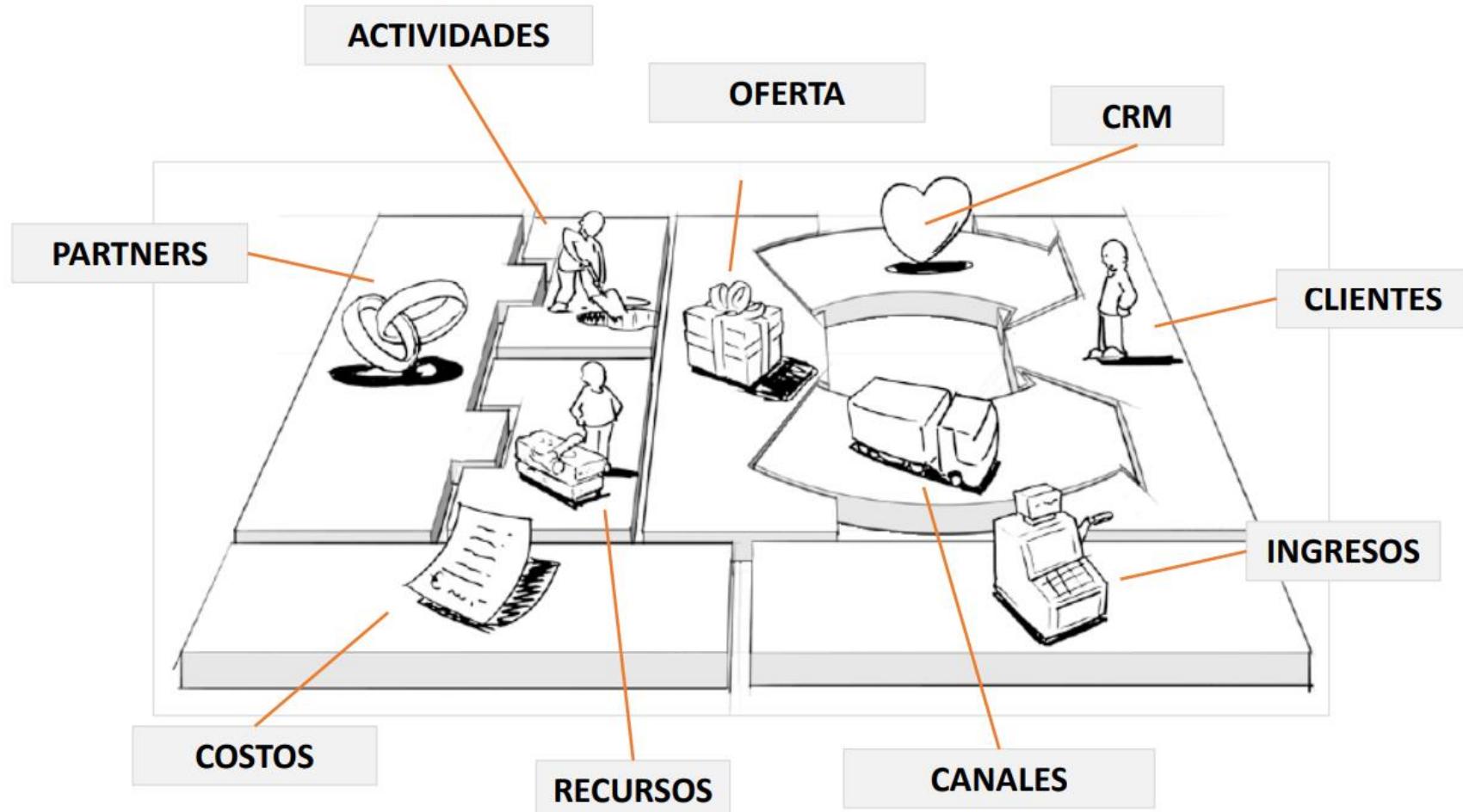
El Plan de Negocios es una guía u orientación en el desarrollo de su empresa, pero también un instrumento para conseguir financiamiento.

Resumen ejecutivo

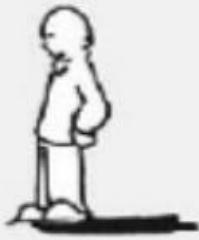
Un resumen ejecutivo es una descripción general de un documento. La extensión y el alcance de tu resumen ejecutivo variarán según el documento que estés resumiendo, pero en general un resumen ejecutivo puede tener entre una y dos páginas. En el documento, querrás compartir toda la información que los lectores y participantes importantes necesitan saber.

En modelos de negocios suele ser del orden de 4 ó 5 páginas.

CANVAS Bussines Model



CANVAS Business Model



SM

■ Segmentos de mercado

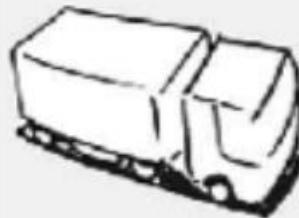
Una empresa atiende a uno o varios segmentos de mercado.



PV

■ Propuestas de valor

Su objetivo es solucionar los problemas de los clientes y satisfacer sus necesidades mediante propuestas de valor.



C

■ Canales

Las propuestas de valor llegan a los clientes a través de canales de comunicación, distribución y venta.



RCI

■ Relaciones con clientes

Las relaciones con los clientes se establecen y mantienen de forma independiente en los diferentes segmentos de mercado.

CANVAS Business Model



F

5 Fuentes de ingresos

Las fuentes de ingresos se generan cuando los clientes adquieren las propuestas de valor ofrecidas.



RC

6 Recursos clave

Los recursos clave son los activos necesarios para ofrecer y proporcionar los elementos antes descritos...



AC

7 Actividades clave

... mediante una serie de actividades clave.



AsC

8 Asociaciones clave

Algunas actividades se externalizan y determinados recursos se adquieren fuera de la empresa.



EC

9 Estructura de costes

Los diferentes elementos del modelo de negocio conforman la estructura de costes.

CANVAS Bussines Model

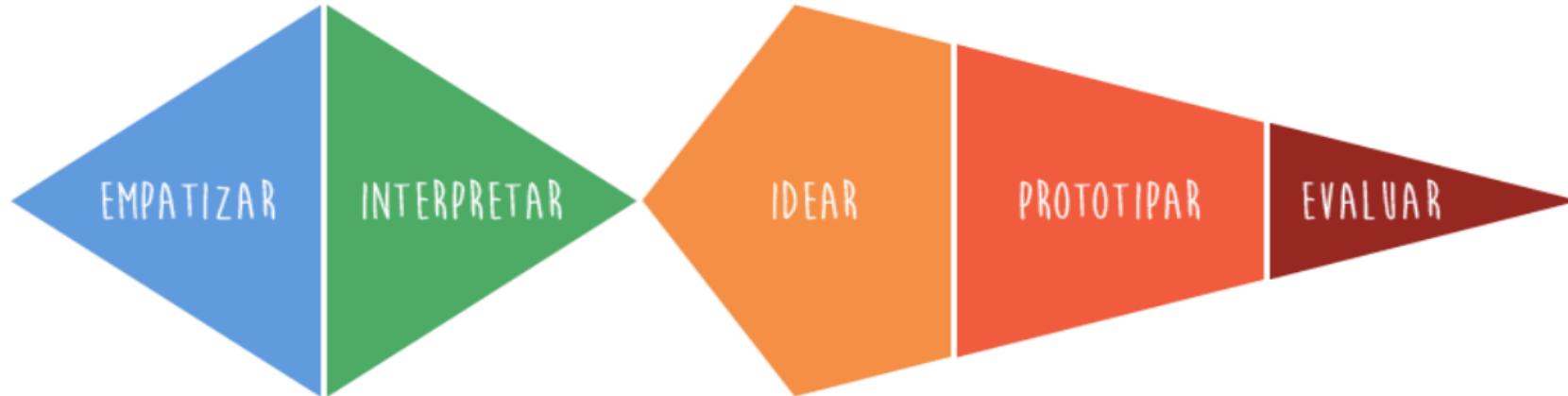
Plantilla para el lienzo del modelo de negocio

4

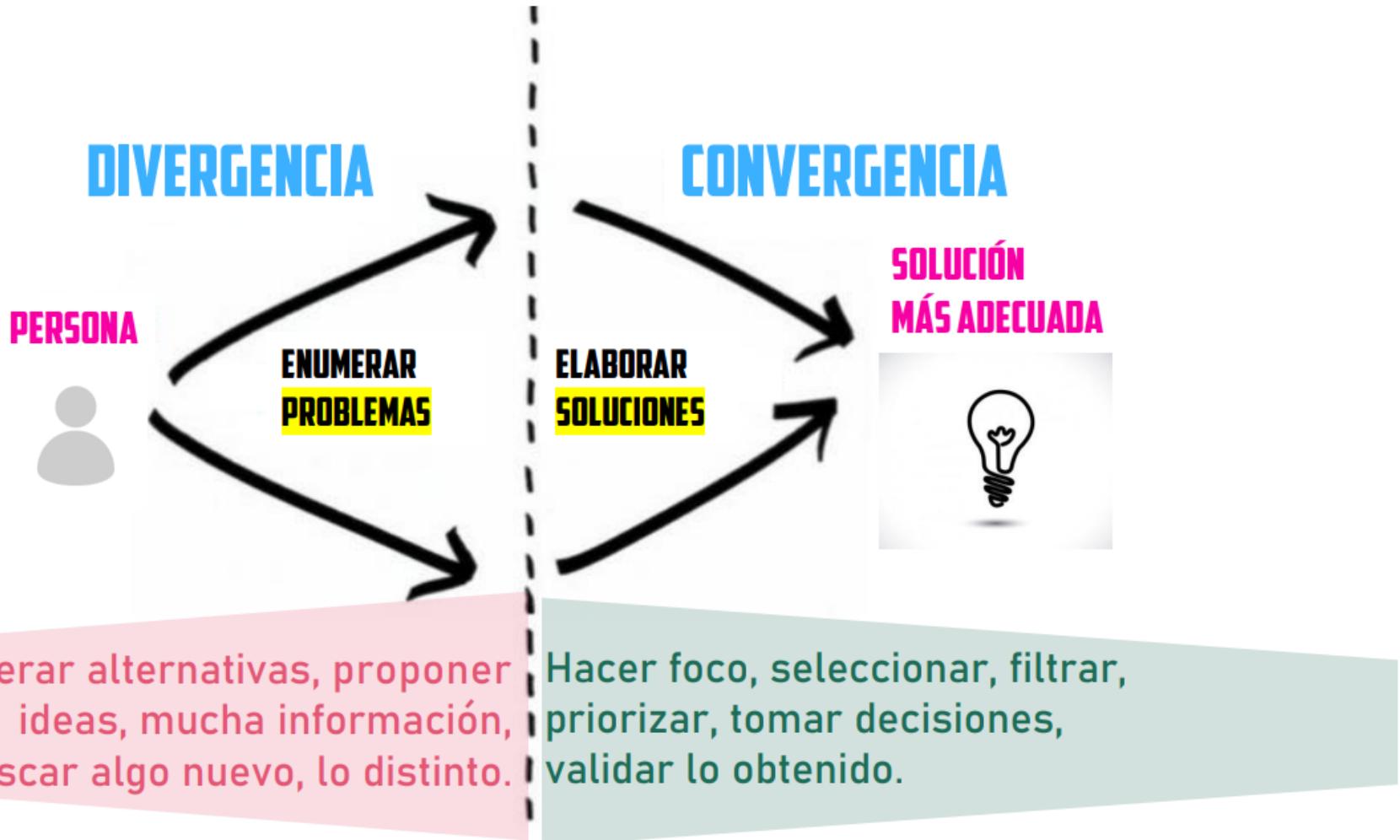
<p>Asociaciones clave</p> 	<p>Actividades clave</p> 	<p>Propuestas de valor</p> 	<p>Relaciones con clientes</p> 	<p>Segmentos de mercado</p> 
	<p>Recursos clave</p> 		<p>Canales</p> 	
<p>Estructura de costes</p> 		<p>Fuentes de ingresos</p> 		

DESIGN THINKING

DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO



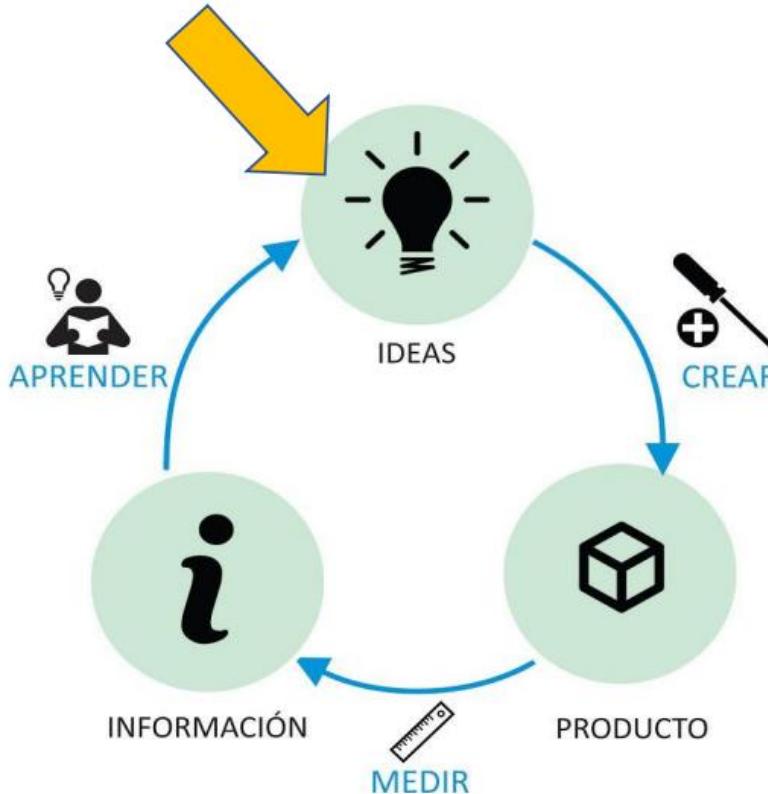
TRANSFORMAR AQUELLO QUE SABEN HACER EN
ALGO QUE LA GENTE NECESITE

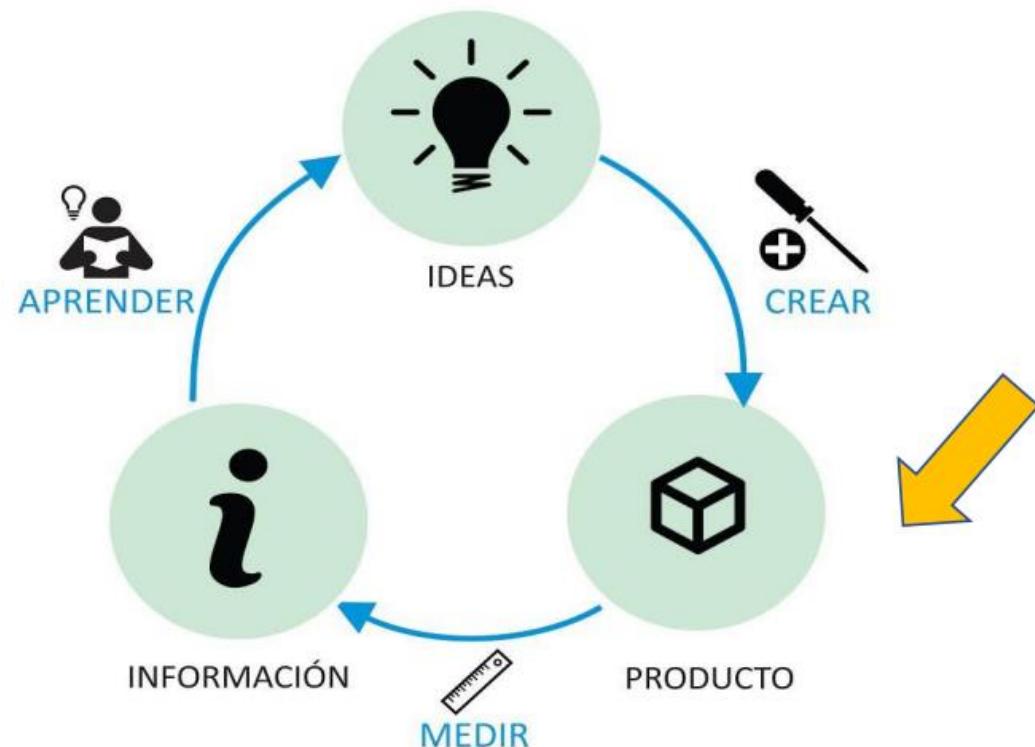


LEAN STARTUP



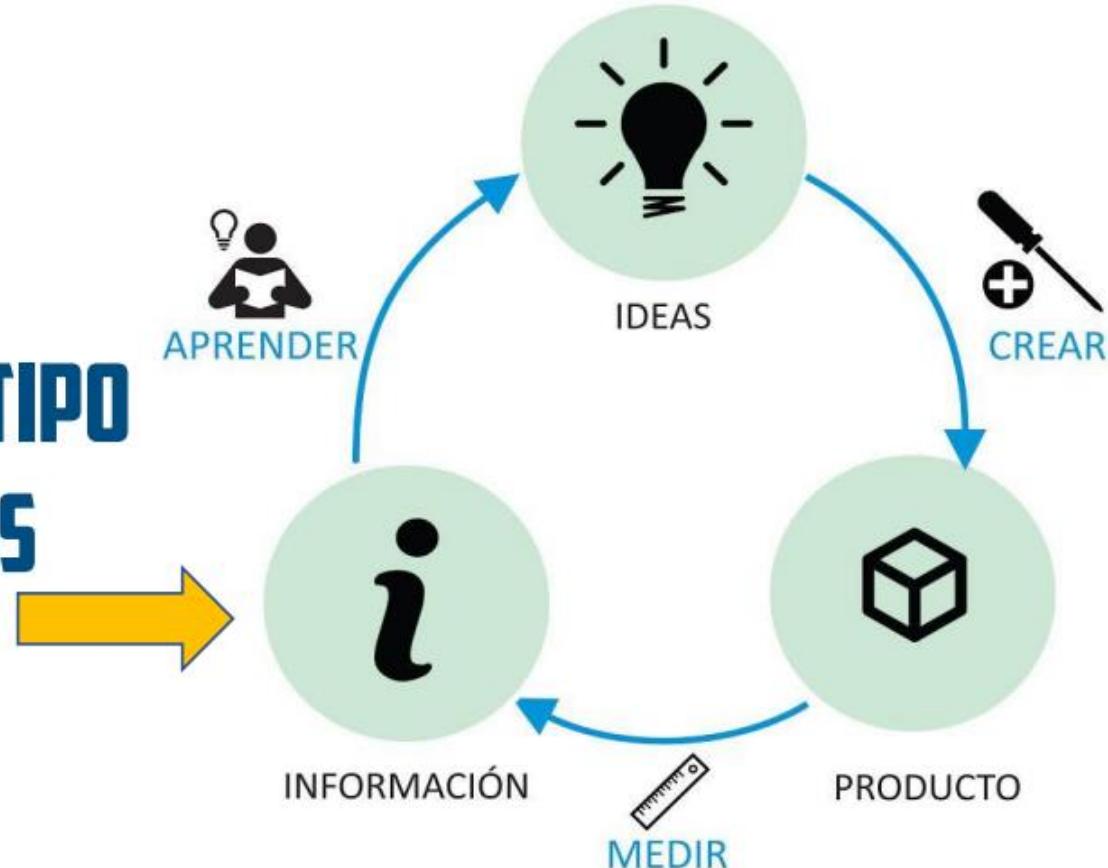
IDENTIFICAR LAS HIPÓTESIS QUE VAMOS A TESTEAR

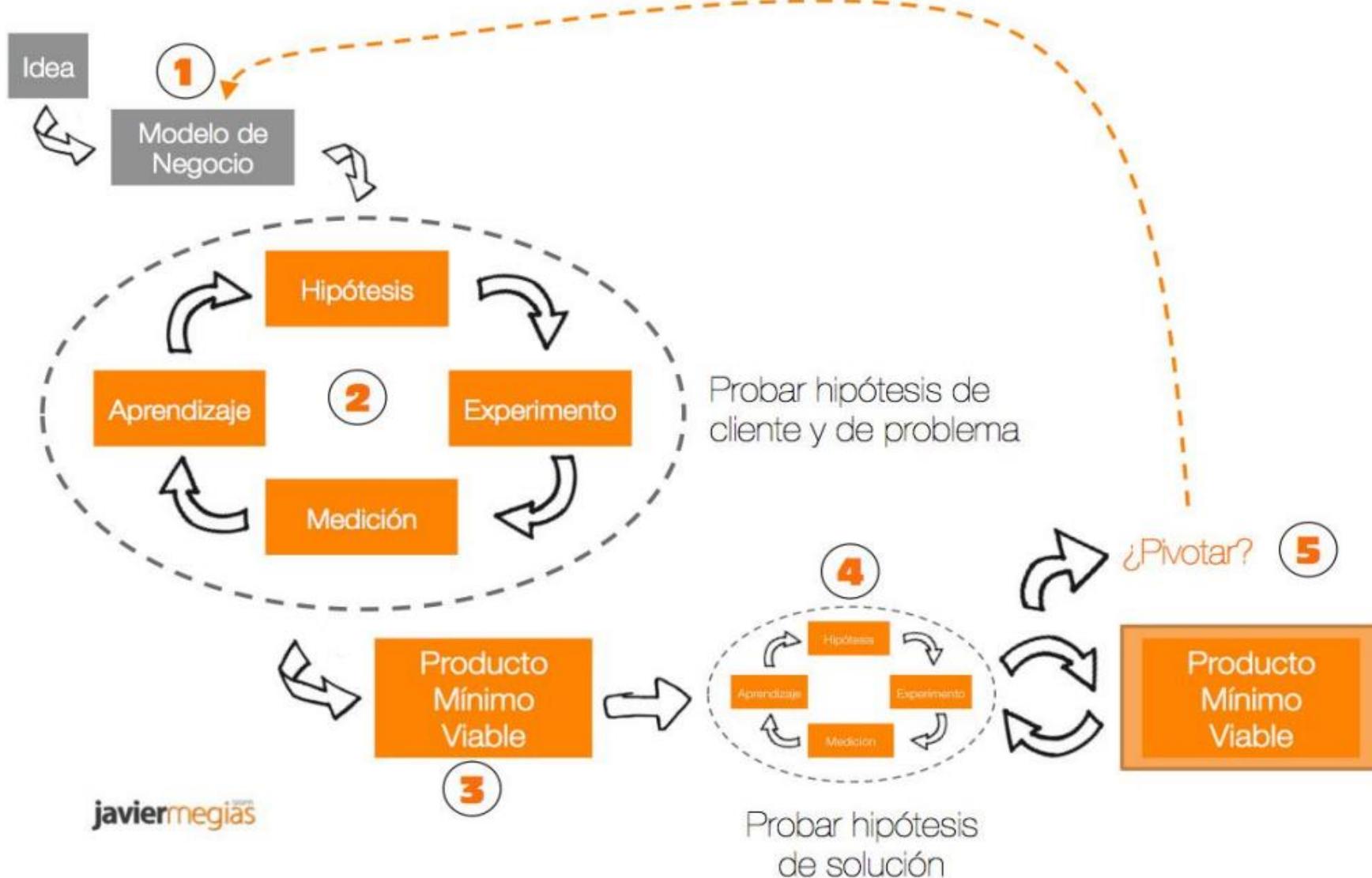




**CONSTRUIR UN MVP
(PRODUCTO MÍNIMO VIABLE),
UN PROTOTIPO QUE
SUPONEMOS SERÁ
VALORADO POR LOS
USUARIOS**

ANALIZAR SI EFFECTIVAMENTE EL MVP ES UN PROTOTIPO VALORADO POR LOS USUARIOS





Niveles de TRL

TRL 1 – Principios básicos observados e informados.

TRL 2 – Investigación aplicada: se formula el concepto de la tecnología y/o su aplicación.

TRL 3 – Prueba experimental de concepto.

TRL 4 – Tecnología validada en laboratorio.

TRL 5 – Tecnología validada en un entorno relevante.

TRL 6 – Tecnología demostrada en un entorno relevante.

TRL 7 – Demostración del prototipo del sistema en un entorno operativo.

TRL 8 – Sistema completo y calificado.

TRL 9 – Sistema real probado en el entorno operativo (fabricación competitiva en el caso de tecnologías).

TRL 1 Principios básicos observados e informados

Este es el nivel más bajo de madurez tecnológica. La investigación científica comienza a traducirse en I+D aplicada. Los ejemplos pueden incluir estudios en papel de las propiedades básicas de una tecnología o trabajo experimental que consiste principalmente en observaciones del mundo físico. La información de respaldo incluye investigaciones publicadas u otras referencias que identifican los principios que subyacen a la tecnología.

TRL 2 Investigación aplicada: se formula el concepto de la tecnología y/o su aplicación

La información de respaldo incluye publicaciones u otras referencias que describen la aplicación que se está considerando y que proporcionan análisis para respaldar el concepto. El paso de TRL 1 a TRL 2 mueve las ideas de la investigación pura a la aplicada. La mayor parte del trabajo son estudios analíticos o en papel con énfasis en comprender mejor la ciencia. El trabajo experimental está diseñado para corroborar las observaciones científicas básicas realizadas durante el trabajo TRL 1.

TRL 3 Prueba de concepto analítica y experimental de función crítica y / o característica

Se comienza con la investigación y desarrollo (I + D) realizando estudios analíticos y estudios a escala de laboratorio para validar físicamente las predicciones analíticas de elementos separados de la tecnología. Los ejemplos incluyen componentes que aún no están integrados o probados de forma representativa con simuladores. El modelado y la simulación pueden usarse para complementar los experimentos físicos.

TRL 4 Validación de componentes y / o sistemas en entornos de laboratorio.

Los componentes tecnológicos básicos se integran para comprobar que las piezas funcionarán juntas. Esto es relativamente de "baja fidelidad" en comparación con el sistema terminado final. Los ejemplos incluyen la integración de hardware ad hoc en un laboratorio y pruebas con una variedad de simuladores y pruebas a pequeña escala con condiciones /cargas reales. La información de respaldo incluye los resultados de los experimentos integrados y las estimaciones de cómo los componentes experimentales y los resultados de las pruebas experimentales difieren de los objetivos de rendimiento del sistema esperados. TRL 4 al a TTL 6 representa el puente de la investigación científica a la ingeniería. TRL 4 es el primer paso para determinar si los componentes individuales funcionarán juntos como un sistema.

TRL 5 Escala de laboratorio, validación de sistema similar en entorno relevante

Los componentes tecnológicos básicos están integrados de forma tal que la configuración del sistema sea similar o coincida con la aplicación final en casi todos los aspectos. Los ejemplos incluyen probar un sistema a escala de laboratorio de alta fidelidad en un entorno simulado con una gama de esimulantes y situaciones reales. La información de respaldo incluye los resultados de las pruebas a escala de laboratorio, el análisis de las diferencias entre el laboratorio y el eventual sistema operativo / entorno, y el análisis de lo que significan los resultados experimentales para el eventual sistema operativo / entorno.

La principal diferencia entre TRL 4 y 5 es el aumento de la fidelidad del sistema y el entorno a la aplicación real. El sistema probado es casi un prototipo.

TRL 6 Ingeniería / escala piloto, validación de sistema similar (prototipo) en entorno relevante

Los modelos o prototipos a escala de ingeniería se prueban en un entorno relevante. Esto representa un paso importante en demostrar la madurez de una tecnología. Los ejemplos incluyen probar un sistema prototipo a escala de ingeniería con una gama de simulantes. La información de respaldo incluye los resultados de las pruebas a escala de ingeniería y el análisis de las diferencias entre la escala de ingeniería, el sistema / entorno del prototipo y el análisis de lo que significan los resultados experimentales para el eventual sistema operativo / entorno. En TRL 6 comienza el verdadero desarrollo de ingeniería de la tecnología como un sistema operativo. La principal diferencia entre TRL 5 y 6 es el paso de la escala de laboratorio a la escala de ingeniería y la determinación de los factores de escala que permitirán el diseño del sistema operativo. El prototipo debe ser capaz de realizar todas las funciones que se requerirán del sistema operativo. El entorno operativo para la prueba debe ser una buena representación del entorno operativo real.

TRL 7 Sistema similar a gran escala (prototipo) demostrado en un entorno relevante.

Esto representa un paso importante con respecto a TRL 6, que requiere la demostración de un prototipo de sistema real en un entorno relevante. Los ejemplos incluyen probar prototipos a gran escala en el campo con una variedad de simulantes en la puesta en marcha en frío. La información de respaldo incluye los resultados de las pruebas y análisis a gran escala de las diferencias entre el entorno de prueba y el análisis de lo que significan los resultados experimentales para el eventual sistema operativo / entorno. El diseño final está prácticamente completo.

TRL 8 Sistema real completado y calificado a través de prueba y demostración.

Se ha demostrado que la tecnología funciona en su forma final y en las condiciones esperadas. En casi todos los casos, este TRL representa el final del verdadero desarrollo del sistema. El sistema incorpora el diseño comercial.

TRL 9 Sistema listo para su uso a escala completa

La tecnología está en su forma final y funciona bajo una amplia gama de condiciones de operación. Los ejemplos incluyen el uso del sistema real con la gama completa de estados y situaciones en caliente. Nivel posterior al 9 es el producto, proceso o servicio se lanza comercialmente en el mercado y es aceptado por un grupo de clientes.