



# Title: Software para el Diseño de Circuitos de Microondas

**Author:** Edgar Alejandro, ANDRADE-GONZÁLEZ, Mario, REYES-AYALA, José  
Alfredo, TIRADO-MÉNDEZ, Hilario, TERRES-PEÑA

**Editorial label ECORFAN:** 607-8534  
**BCIERMMI Control Number:** 2018-03  
**BCIERMMI Classification (2018):** 251018-0301

**Pages:** 29  
**RNA:** 03-2010-032610115700-14

## ECORFAN-México, S.C.

244 – 2 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 | 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

## Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

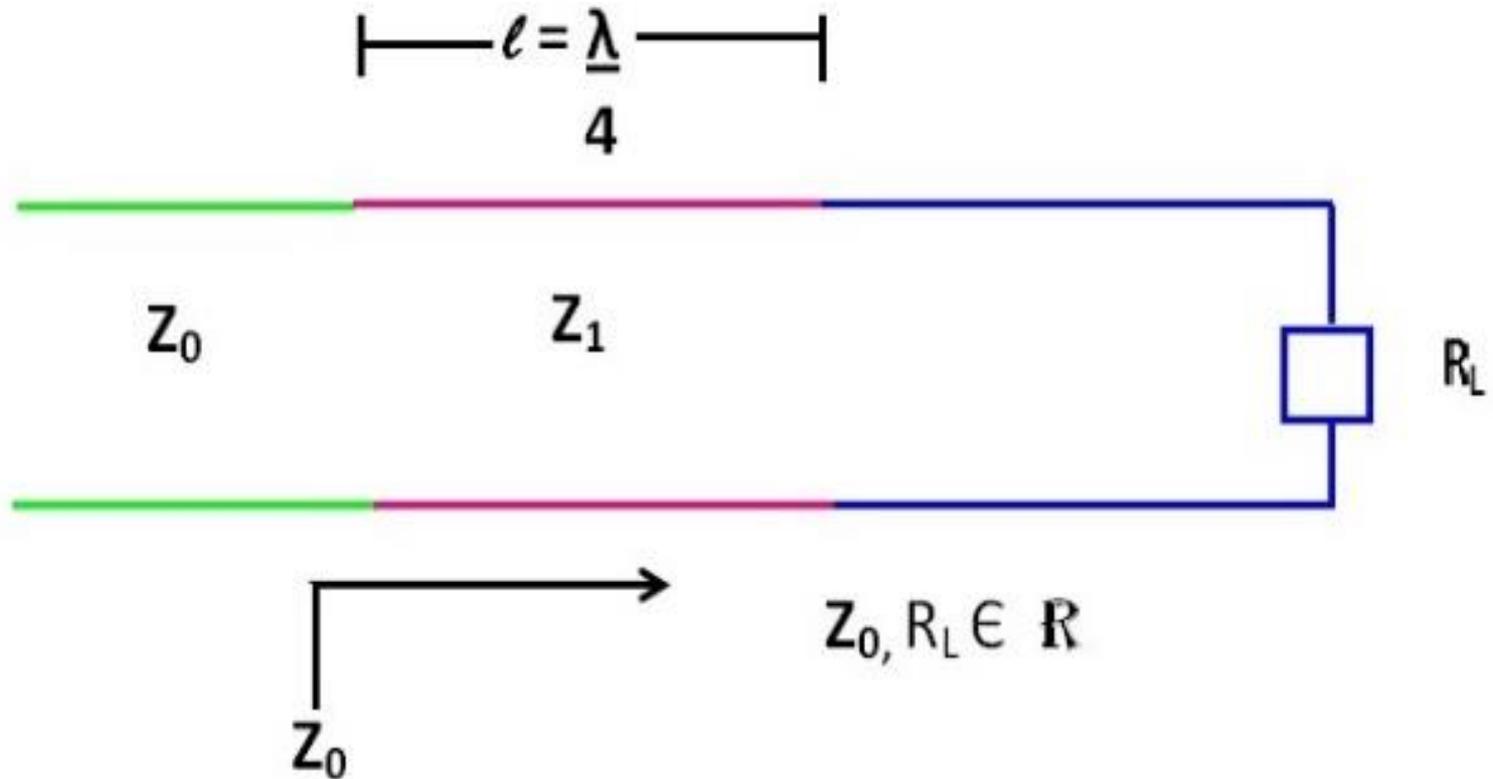
# Introducción

- Herramientas de Simulación
  - FEKO
  - Microwave Office
  - High Frequency Structure Simulator (HFSS)
  - Advanced Design System (ADS)
  - Etc.

# Redes de Acoplamiento

- De Banda Angosta
  - Transformador  $\lambda/4$  (para impedancias reales)
  - Redes tipo L
  - STUB en paralelo y serie ( en corto y a circuito abierto)
- De Banda Ancha
  - Binomial
  - Chebyshev

# Transformador $\lambda/4$



# Transformador $\lambda/4$

$$Z_{ent} = Z_1 \frac{R_L + jZ_1 \tan \beta l}{Z_1 + jR_L \tan \beta l}$$

- Se obtiene

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

- $Z_1$  : impedancia que debe presentar el transformador de  $l/4$
- $Z_0$  : impedancia a acoplar
- $R_L$  : impedancia de carga (real)

# Transformador $\lambda/4$

Calcular el ancho de la microcinta en base a las características del dieléctrico (grosor y permitividad efectiva), así como en base a la frecuencia de operación.

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{d}{W}}} \right)$$

# Transformador $\lambda/4$ (aplicación)

Transformador\_Lambda\_Cuartos

Impedancias a acoplar

Fuente =   $\Omega$

Carga =   $\Omega$

Frecuencia de Operación

GHz.

Sustrato

$\epsilon_r$  =

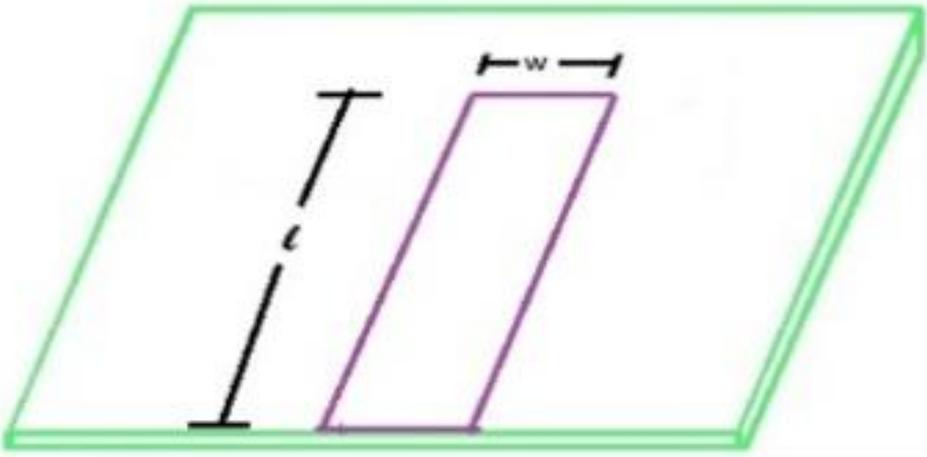
Espesor (d) =  mm.

**CALCULAR**

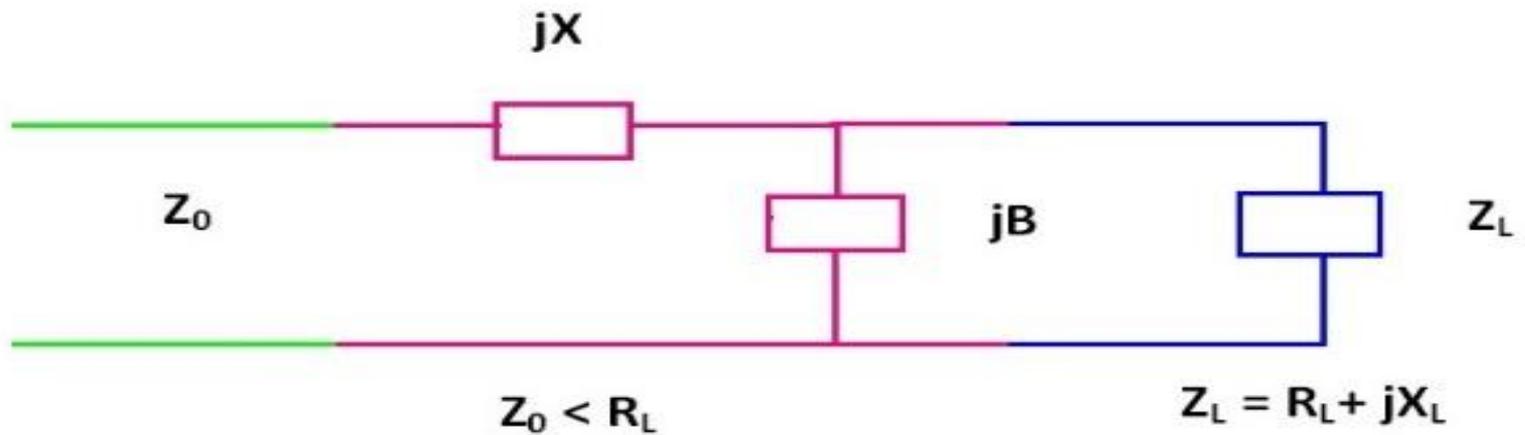
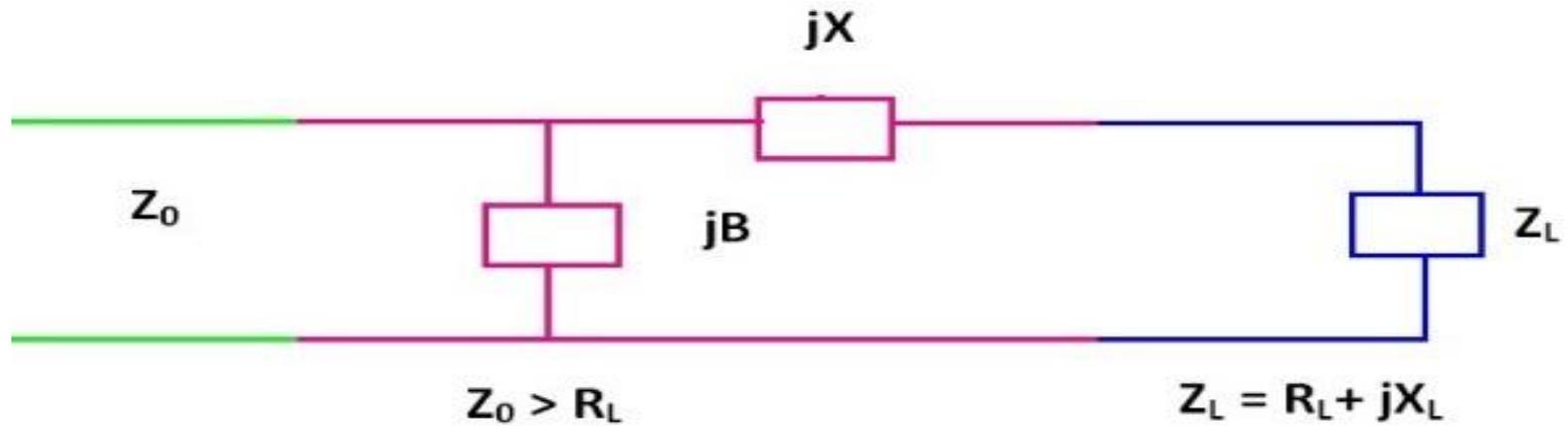
Transformador

Ancho de la pista (W) =  mm.

Longitud (l) =  mm.



# Redes tipo L



# Redes tipo L

- Permite el acoplamiento de impedancias complejas.
- Dos tipos de cálculos, cuando:
  - $Z_0 > R_L$
  - $Z_0 < R_L$

# Redes tipo L ( $Z_0 < R_L$ )

$$B = \frac{X_L \pm \sqrt{R_L/Z_0} \sqrt{R_L^2 + X_L^2} - Z_0 R_L}{R_L^2 + X_L^2}$$

$$X = \frac{1}{B} + \frac{X_L Z_0}{R_L} - \frac{Z_0}{B R_L}$$

# Redes tipo L ( $Z_0 < R_L$ )

Dado

$$X_L = j\omega L$$

$$X_C = -\frac{j}{\omega C}$$

$$B_L = -\frac{j}{\omega L}$$

$$B_C = j\omega C$$

Por lo tanto

Si  $X > 0$  se obtiene Inductor

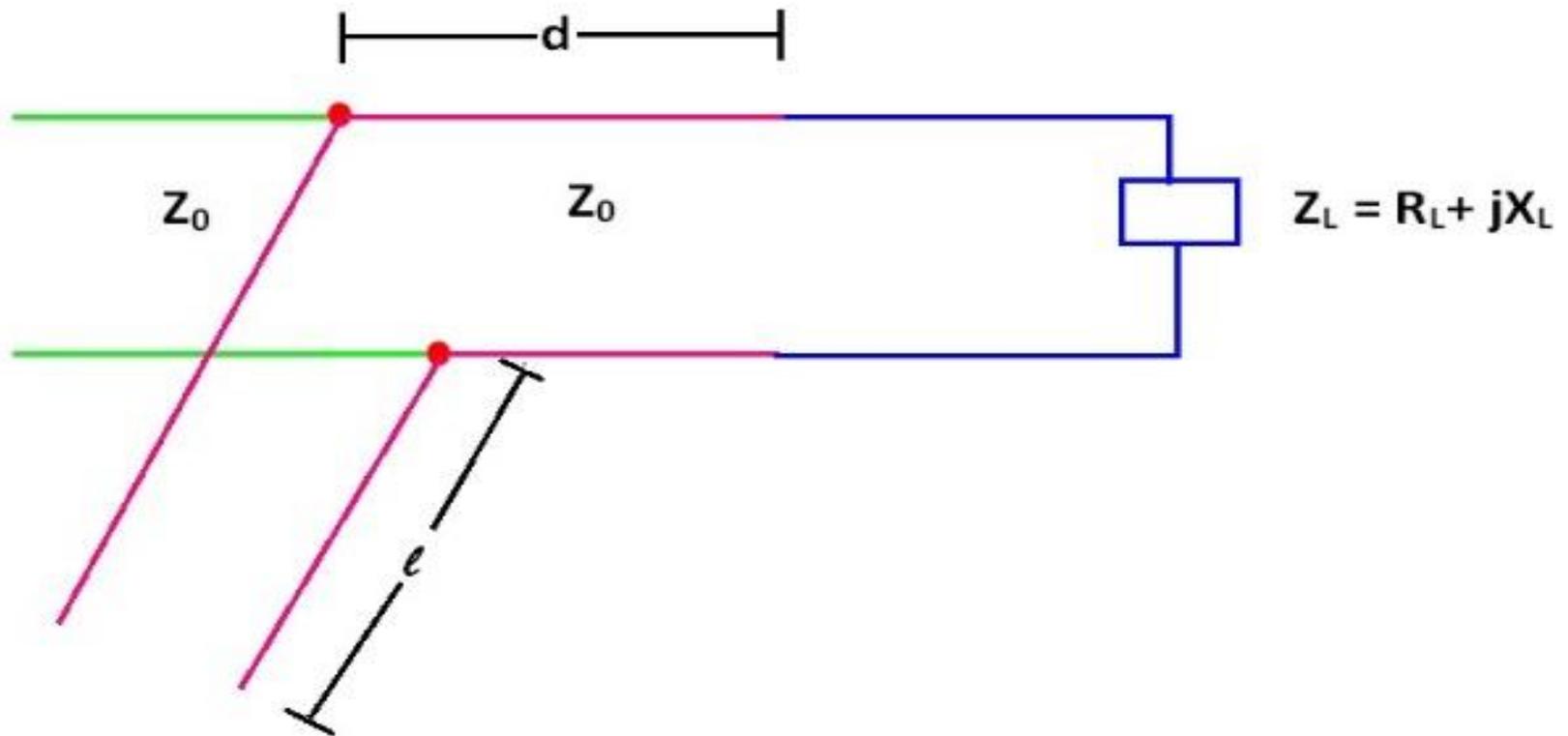
Si  $X < 0$  se obtiene Capacitor

Si  $B > 0$  se obtiene Capacitor

Si  $B < 0$  se obtiene Inductor



# Redes tipo STUB (paralelo)



# Redes tipo STUB (paralelo)

$$t = \frac{X_L \pm \sqrt{R_L[(Z_0 - R_L)^2 + X_L^2]}/Z_0}{R_L - Z_0} \quad R_L \neq Z_0$$

$$t = -\frac{X_L}{2Z_0} \quad R_L = Z_0$$

# Redes tipo STUB (paralelo)

$$\frac{\tan^{-1} t}{2\pi} \quad \text{para } t \geq 0$$

$$\frac{\pi + \tan^{-1} t}{2\pi} \quad \text{para } t < 0$$

$$B = \frac{R_L^2 t - (Z_0 - X_L t)(X_L + Z_0 t)}{Z_0 [R_L^2 + (X_L + Z_0 t)^2]}$$

# Redes tipo STUB (paralelo)

- Ahora, existen dos opciones con las cuales se puede implementar el STUB en paralelo: en circuito abierto o en corto circuito.
- Para el caso en que  $R_L$  es diferente a  $Z_0$ , se obtienen dos valores de  $t$  y por ende de  $d/l$ , de la misma forma que habrá dos valores de  $B$ .
- Para STUB en circuito abierto, deberá encontrarse los dos valores de  $I_{o1}/I$ ,  $I_{o2}/I$  y para corto circuito  $I_{s1}/I$ ,  $I_{s2}/I$ . los valores de  $I$  deberán encontrarse de la misma forma que el transformador  $l/4$  y así finalmente encontrar el ancho de la microcinta, la distancia  $d$  y  $l$  del STUB paralelo.

# Redes tipo STUB (aplicación)

STUB\_Paralelo
— □ ×

**Impedancias a acoplar**

Fuente =   $\Omega$

Carga =  + j   $\Omega$

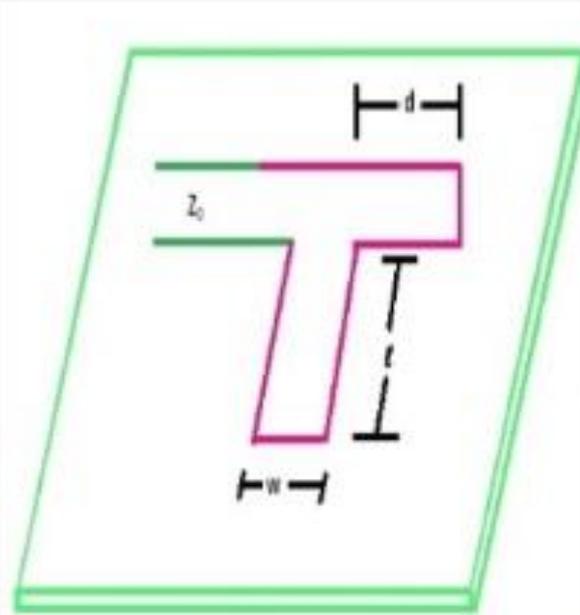
**Frecuencia de Operación**

GHz.

**Sustrato**

$\epsilon_r$  =

Espesor (d) =  mm.



**STUB en Circuito Abierto**

Ancho de la pista (W) =  mm.

L1 =  mm.

D1 =  mm.

L2 =  mm.

D2 =  mm.

**STUB en Corto Circuito**

Ancho de la pista (W) =  mm.

L1 =  mm.

D1 =  mm.

L2 =  mm.

D2 =  mm.

**CALCULAR**

# Resultados (Transformador $\lambda/4$ )

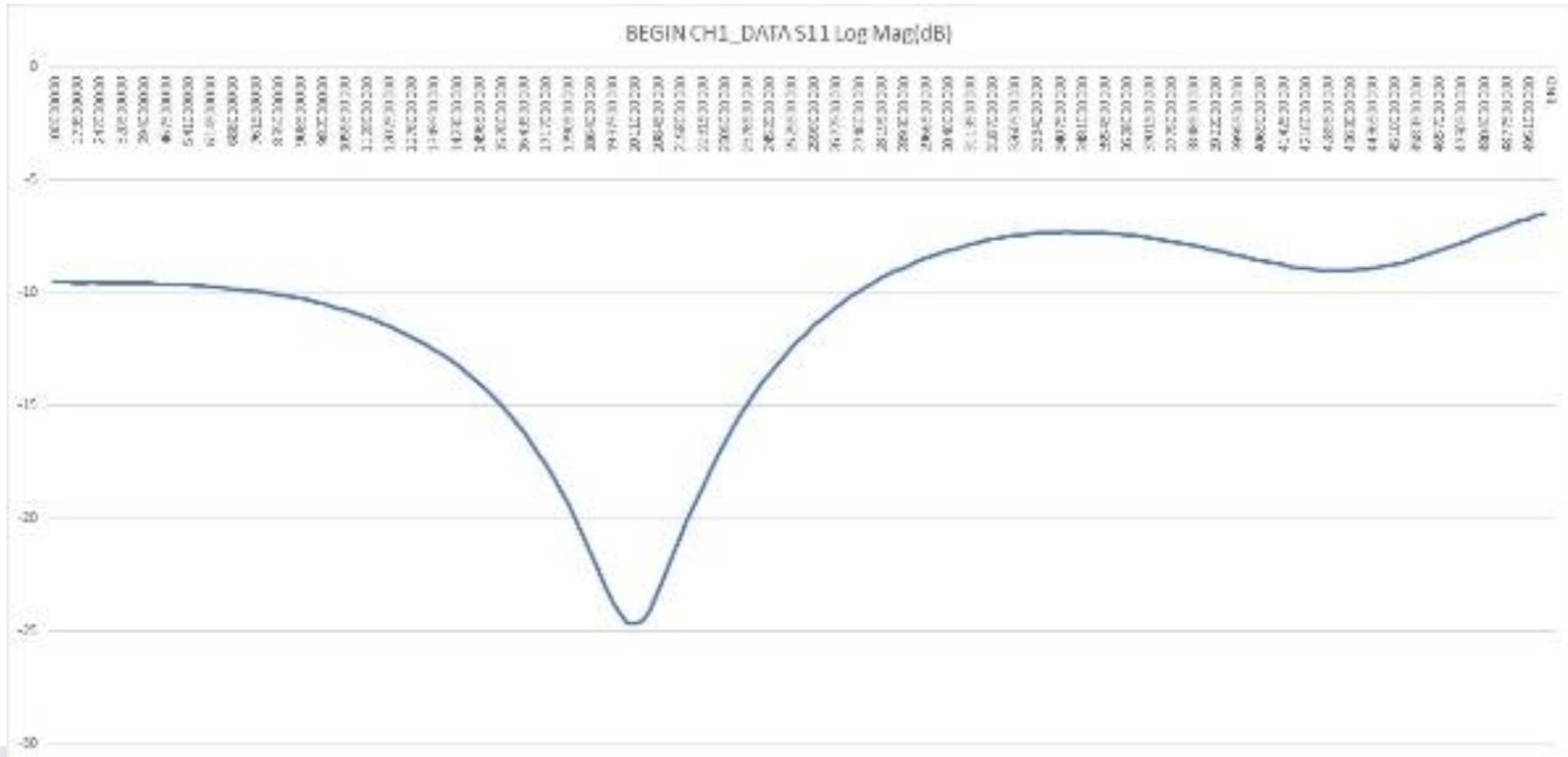
Impedancia de fuente de  $50 \Omega$ , impedancia de carga de  $100 \Omega$ , a una frecuencia de 2 GHz

Como resultado se obtuvo que la microcinta tendrá una longitud de 27.81 mm y un grosor de 2.24 mm



# Resultados (Transformador $\lambda/4$ )

Empleando el Analizador de Redes de Microondas Agilent N5244A (parámetro  $S_{11}$ )  
Máximo acoplamiento de -24.67 dB a los 2.011 GHz



# Resultados (STUB en paralelo)

Para acoplar impedancia de fuente de  $50 \Omega$  con una impedancia de carga de  $100 \Omega$  con un capacitor de  $10 \text{ pF}$  a una frecuencia de  $2 \text{ GHz}$  y dado una placa fenólica de con una permitividad relativa de  $2.2$  con un espesor de  $1.27 \text{ mm}$ .

- Para circuito abierto:
  - $d_1 = 15.78 \text{ mm}$  y  $l_{o1} = 43.95 \text{ mm}$
  - $d_2 = 37.18 \text{ mm}$  y  $l_{o2} = 10.83 \text{ mm}$
- Para corto circuito:
  - $d_1 = 15.78 \text{ mm}$  y  $l_{s1} = 16.55 \text{ mm}$
  - $d_2 = 37.18 \text{ mm}$  y  $l_{s2} = 38.23 \text{ mm}$

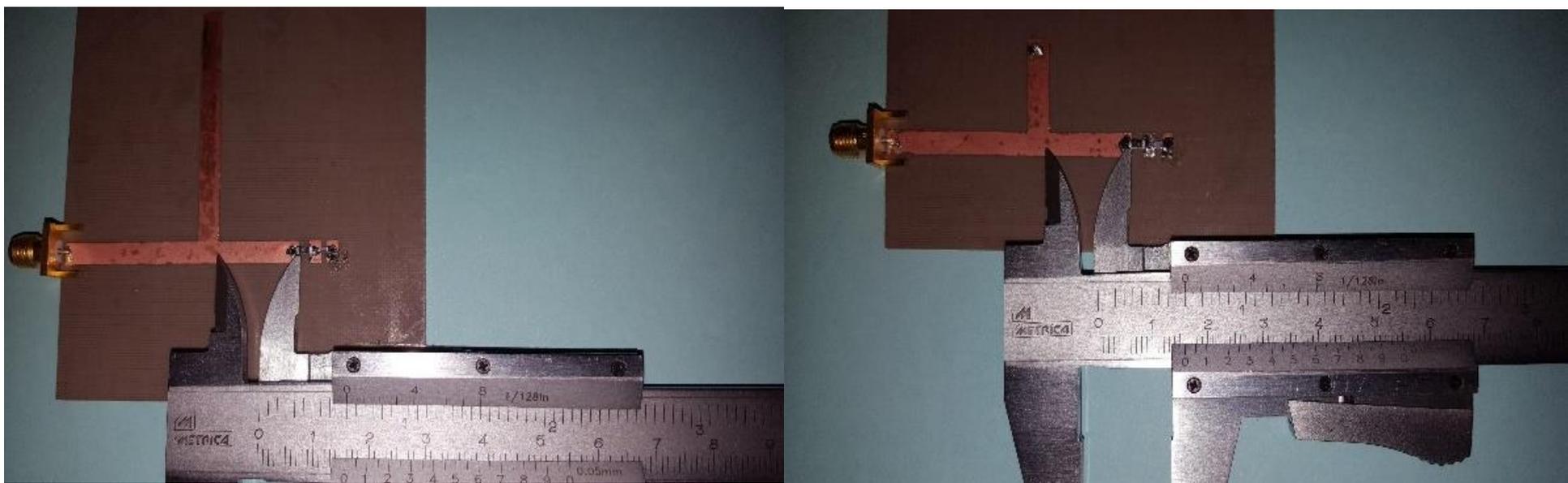
# Resultados (STUB en paralelo)

Eligió  $D_1$  para ambos circuitos, con las longitudes  $l_{o1}=43.95$  mm y  $l_{s1}=16.55$  mm (para circuito abierto y corto circuito respectivamente)

# Resultados (STUB en paralelo) distancia $D_1$

Circuito Abierto

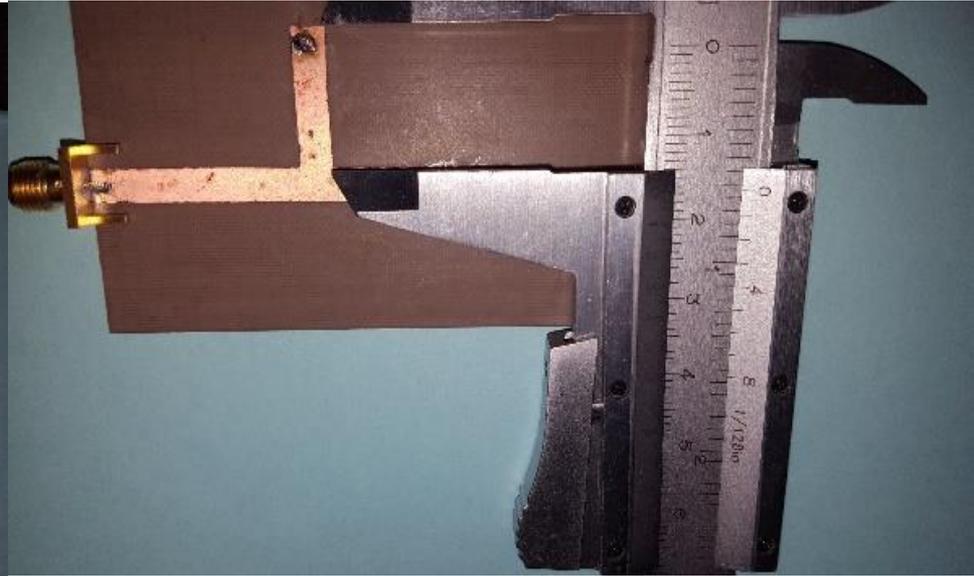
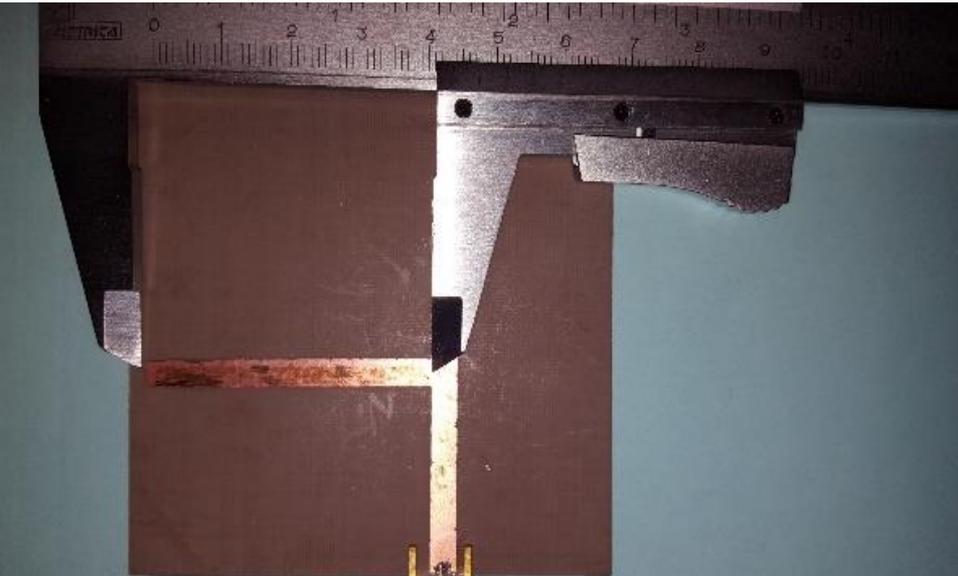
Corto Circuito



# Resultados (STUB en paralelo) longitud $l_{o1}$ y $l_{s1}$

Circuito Abierto

Corto Circuito



# Resultados (STUB en paralelo) parámetro $S_{11}$ a Circuito Abierto



# Resultados (STUB en paralelo) parámetro $S_{11}$ en Corto Circuito



# Resultados (STUB en paralelo)

Para el circuito STUB abierto se presentó la resonancia en 1.864 GHz con un parámetro  $S_{11}$  de -26.52 dB y en el circuito STUB en corto a la frecuencia 1.84 GHz con un parámetro  $S_{11}$  de -20.21 dB.

# Análisis

para el transformador de  $\lambda/4$  a los 2 GHz se obtuvo un  $S_{11}$  de -24.65 dB a diferencia del máximo que se presentó en los 2.011 GHz con un  $S_{11}$  de -24.67 dB (error del 0.55 %)

# Análisis

Para el caso del STUB en circuito abierto a los 2 GHz. se obtuvo un  $S_{11}$  de -11.45 dB a diferencia del máximo obtenido (-26.52 dB) a la frecuencia 1.864 GHz (error de 6.8 %)

# Análisis

STUB en corto circuito a los 2 GHz. se obtuvo un  $S_{11}$  de -15.3 dB a diferencia del máximo obtenido (-20.21 dB) a la frecuencia 1.84 GHz. (error de 8.025%)

# Conclusiones

- El presente trabajo resulta de la necesidad de contar con herramientas gratuitas para el diseño de circuitos de alta frecuencia para su aplicación en comunicaciones.
- Por el momento sólo se presentan los diseños mencionados en el trabajo, aunque se están desarrollando transformadores de banda ancha y se persigue también en un mediano plazo contar con las simulaciones de la respuesta en frecuencia.
- De igual forma se desarrollaron los circuitos del transformador de  $\lambda/4$  y el STUB en paralelo a frecuencias de 2 GHz.
- Todos los circuitos a las frecuencias de resonancia presentaron  $S_{11}$  de por lo menos los  $-10$  dB.



**ECORFAN®**

**© ECORFAN-Mexico, S.C.**

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)