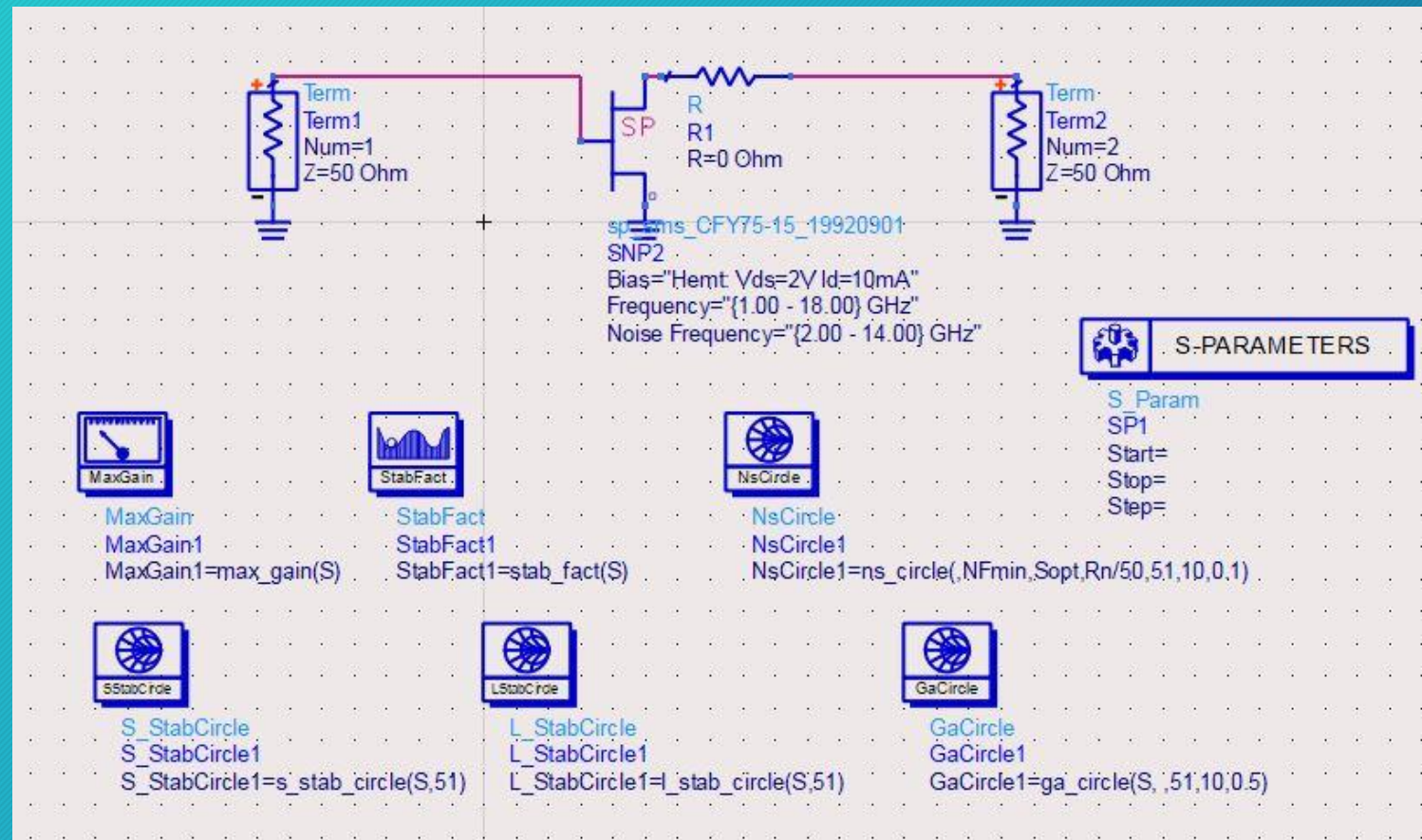


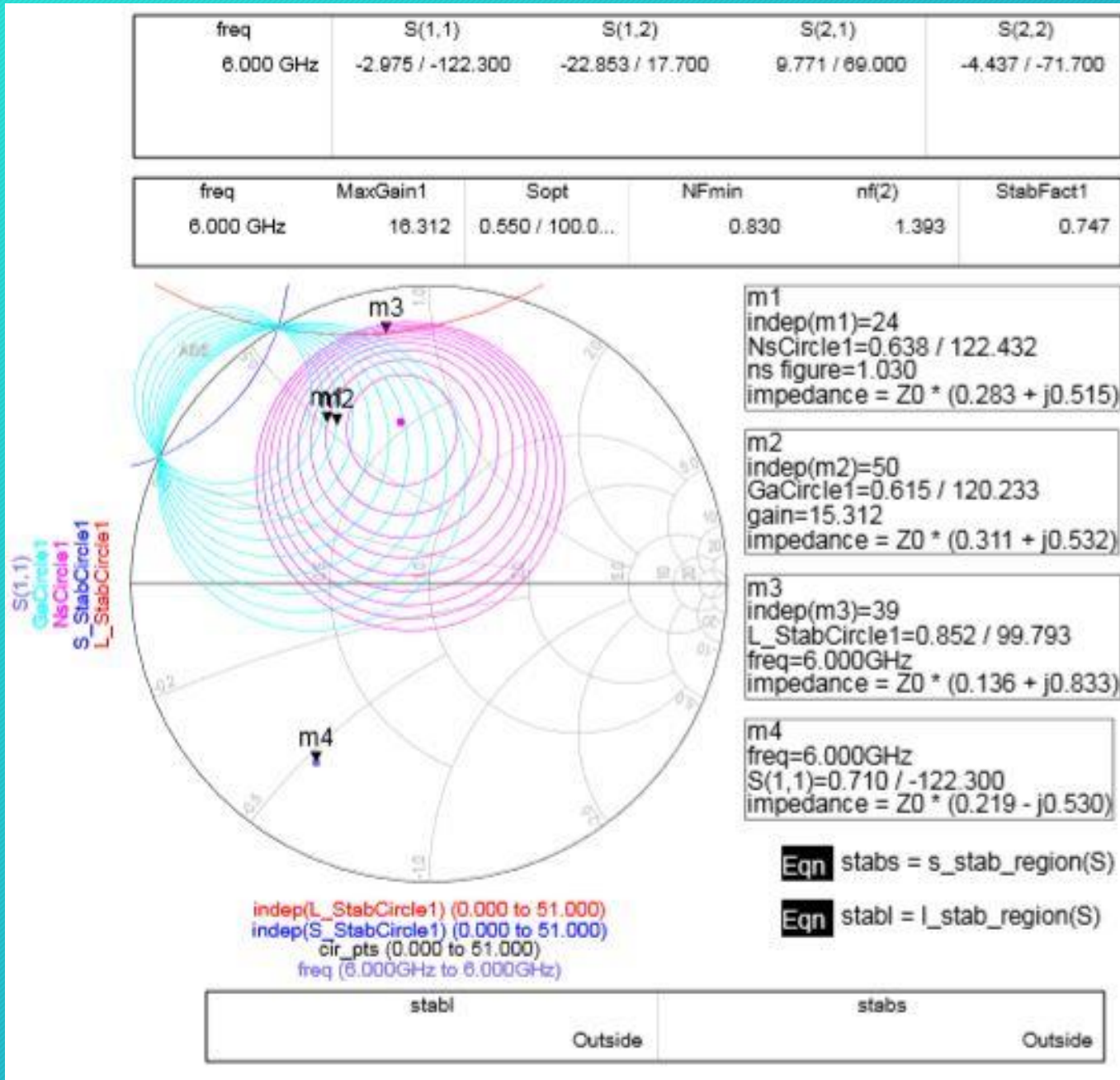
# Diseño de un LNA de microondas

Laura Torres Chan y Alejandro Camanzo Mariño  
CMW grupo C02

# Paso 1: Análisis del transistor







¿Es el FET incondicionalmente estable a esa frecuencia?

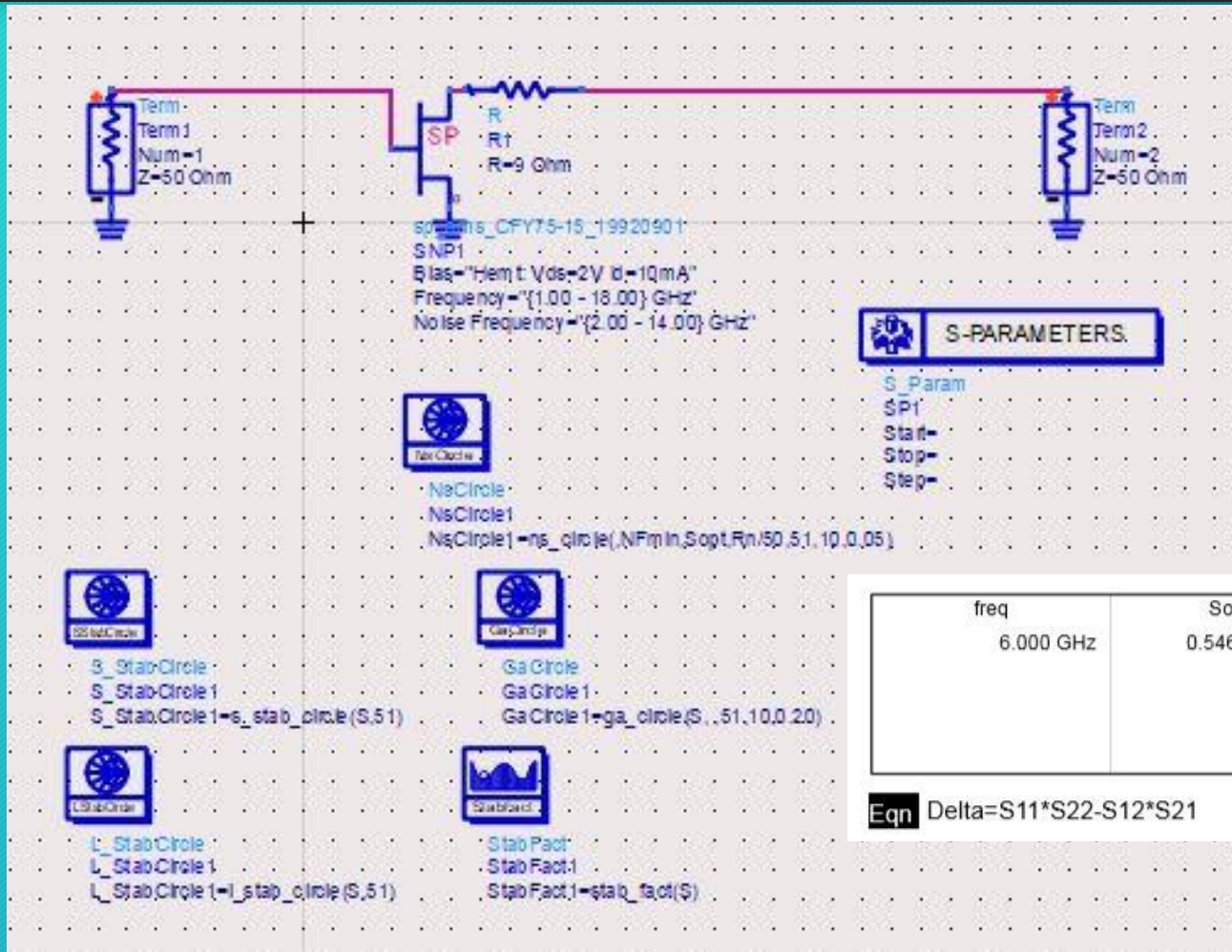
En la curva de los círculos de ruido: ¿Cuánto vale la NFmin?

¿Para qué valor de  $Z_s$  (correspondiente al  $\Gamma_s = S_{opt}$ ) se obtiene ese valor?

Marcador en el centro de los círculos de ruido

**m1**  
indep(m1)=51  
NsCircle1=0.550 / 100.000  
ns figure=0.830  
impedance =  $Z_0 * (0.467 + j0.725)$

## Paso 2: Estabilización del transistor y $Z_s$



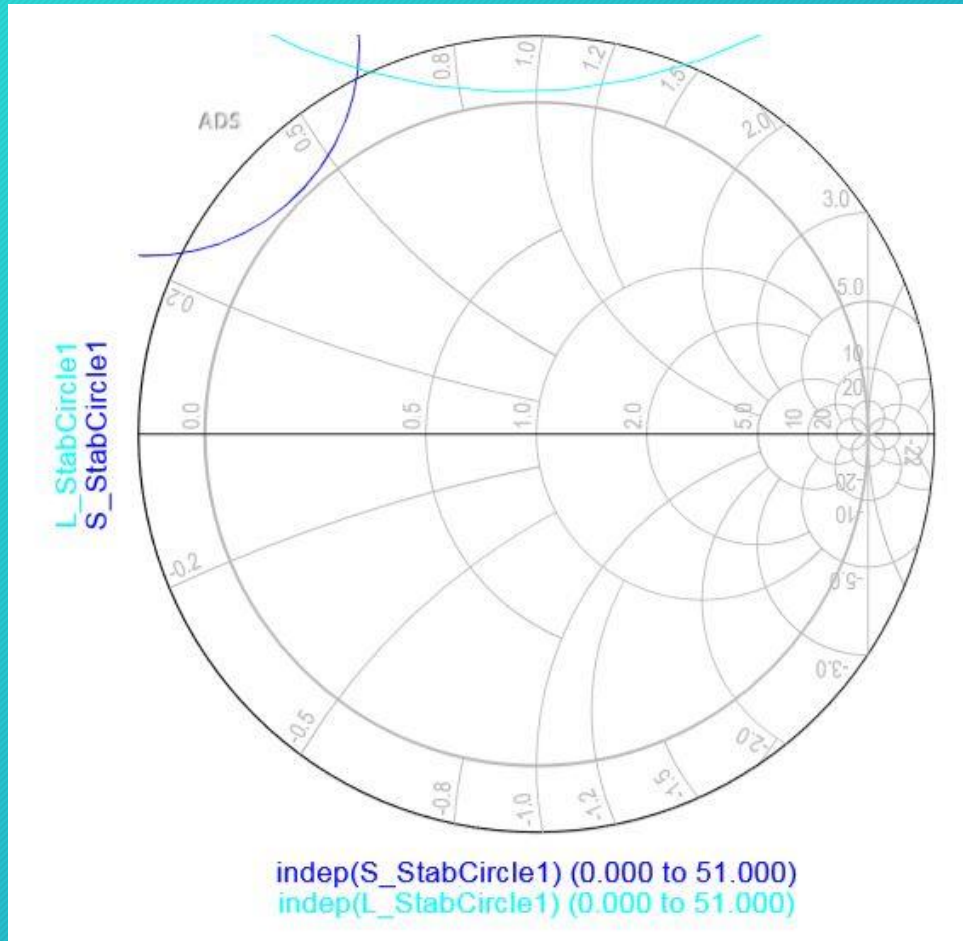
Añadimos una resistencia en serie a la salida del FET, con el valor menor posible que consiga que  $k \approx 1.1$   
¿Es ahora incondicionalmente estable?  
¿Cuanto vale  $k$ ?

freq	Sopt	NFmin	nf(2)	StabFact1	abs(Delta)
6.000 GHz	0.546 / 100.572	0.885	1.453	1.051	0.421

Eqn Delta=S11\*S22-S12\*S21

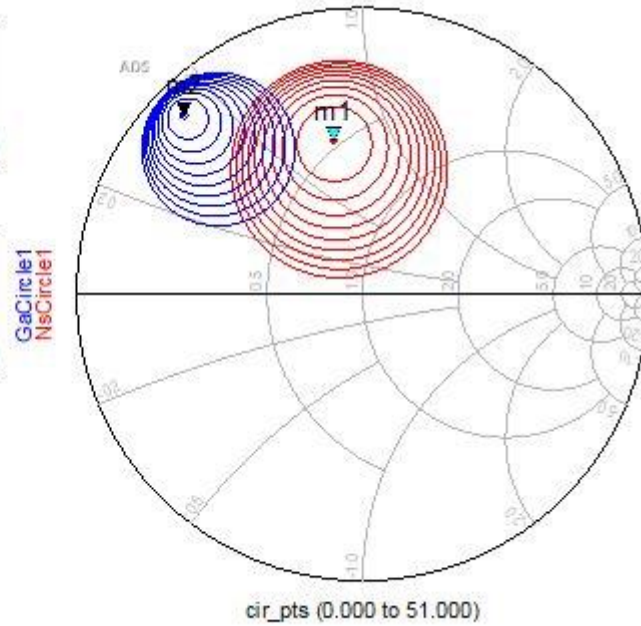


¿Qué ha pasado con los círculos de estabilidad?



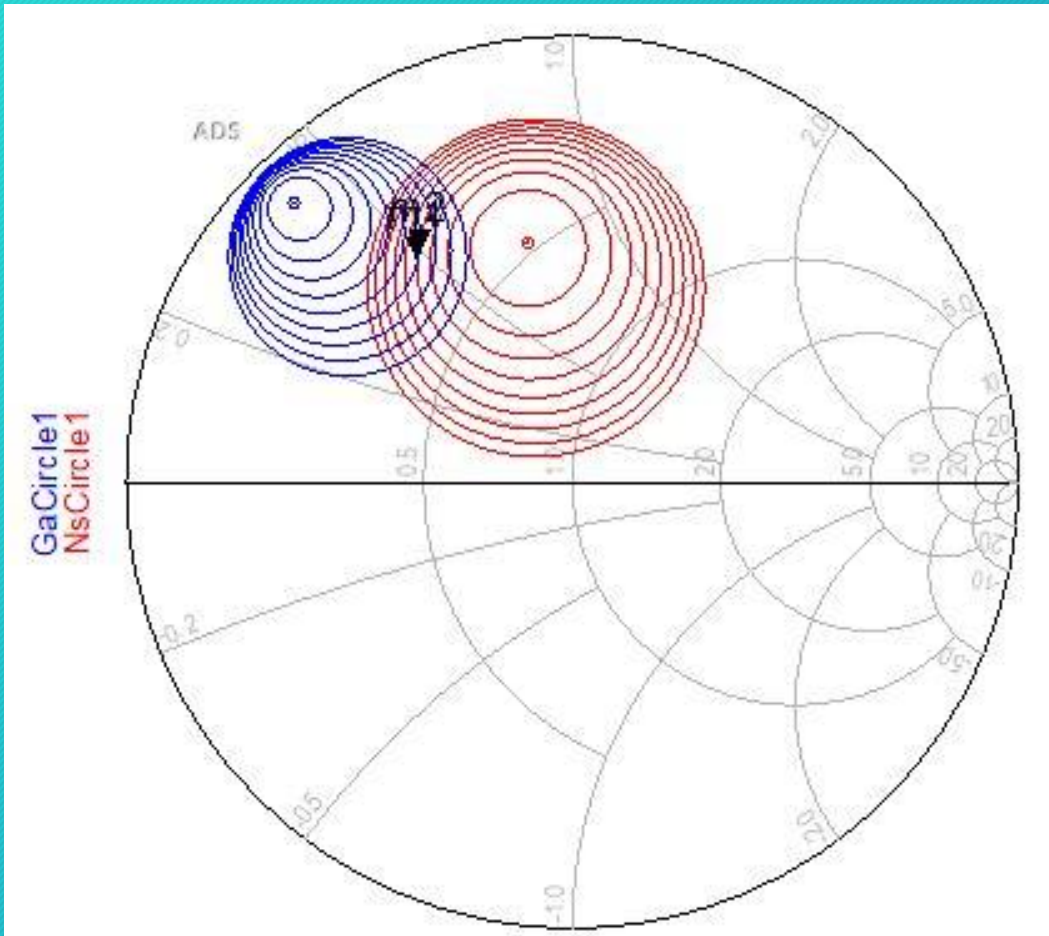
```
m2
indep(m2)=51
GaCircle1=0.884 / 134.917
gain=14.927
impedance = Z0 * (0.072 + j0.413)
```

```
m1
indep(m1)=51
NsCircle1=0.546 / 100.572
ns figure=0.885
impedance = Z0 * (0.468 + j0.716)
```



¿Cuánto vale NFmin (dB) y la MAG (dB)? ¿Han aumentado o disminuido?

Círculo de ganancia disponible que tangente al círculo de ruido  $0.2 \text{ dB} + N_{fmin}$  produce un valor de  $G_a$  lo más alto posible. ¿Cuánto vale  $Z_s$ ?

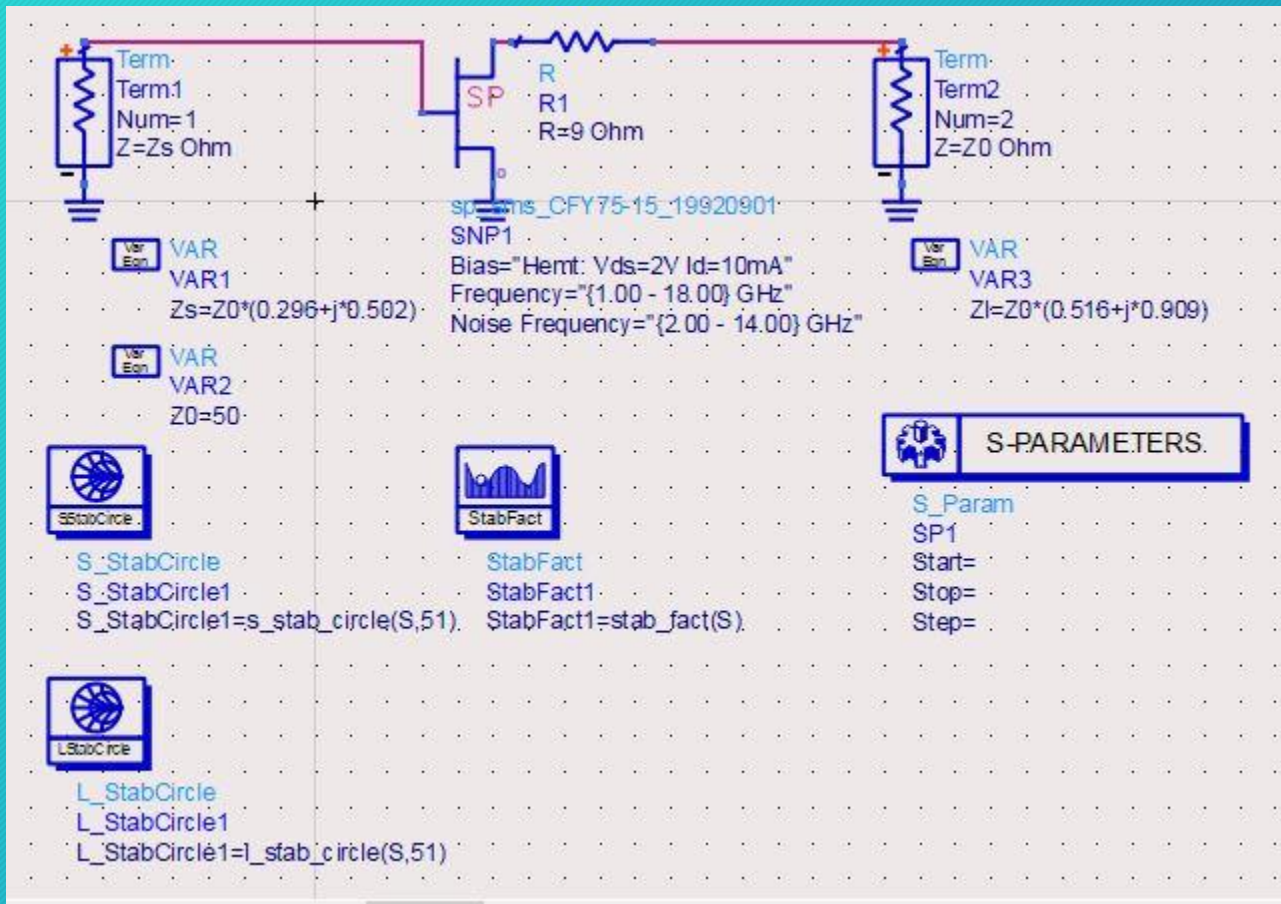


m2  
indep(m2)=50  
GaCircle1=0.622 / 123.314  
gain=13.727  
impedance =  $Z_0 * (0.296 + j0.502)$

m1  
indep(m1)=25  
NsCircle1=0.613 / 124.695  
ns figure=1.085  
impedance =  $Z_0 * (0.301 + j0.486)$



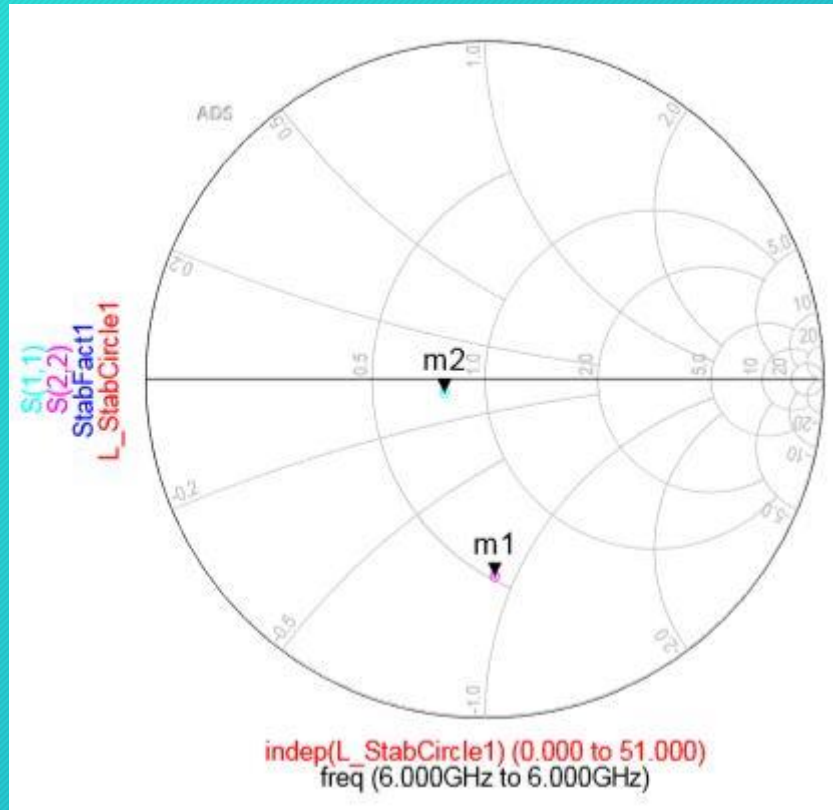
## Paso 3: Calculo $Z_L$



Para obtener máxima transferencia de potencia en la puerta de salida del FET, ¿Qué tipo de adaptación se tiene que realizar en esa puerta?

¿Qué valor de  $S_{ij}$ , en esta simulación, nos puede ayudar a obtener el  $\Gamma_L$  correspondiente a  $Z_L$ ?  
El  $S(2,2)$

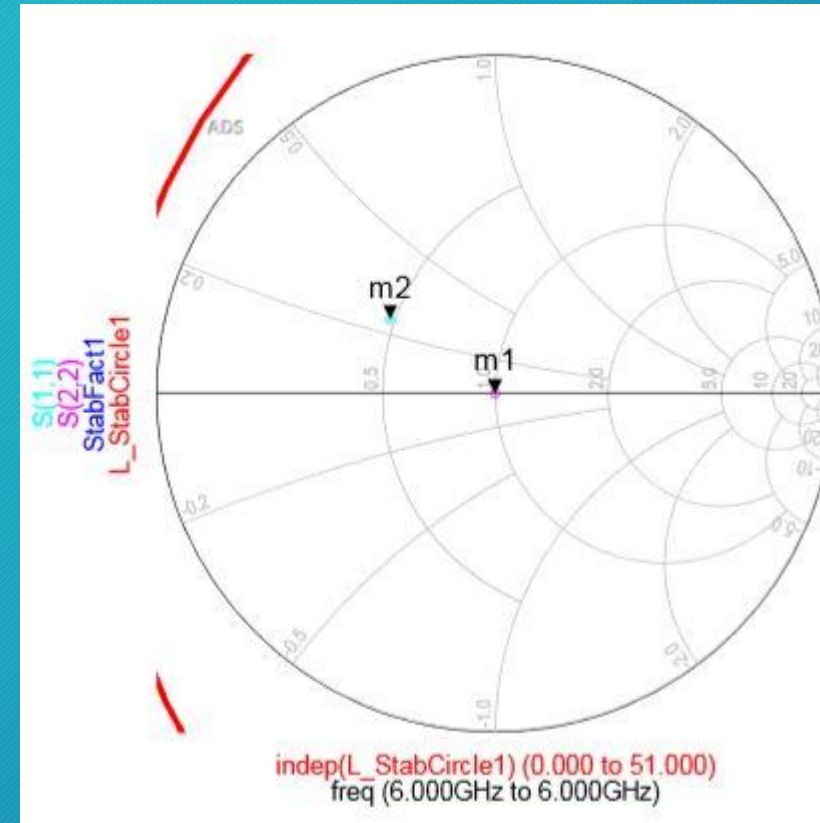
## Sin adaptar



m1  
freq=6.000GHz  
S(2,2)=0.583 / -87.121  
impedance =  $Z_0 * (0.516 - j0.909)$

m2  
freq=6.000GHz  
S(1,1)=0.126 / -161.957  
impedance =  $Z_0 * (0.785 - j0.062)$

## Adaptada



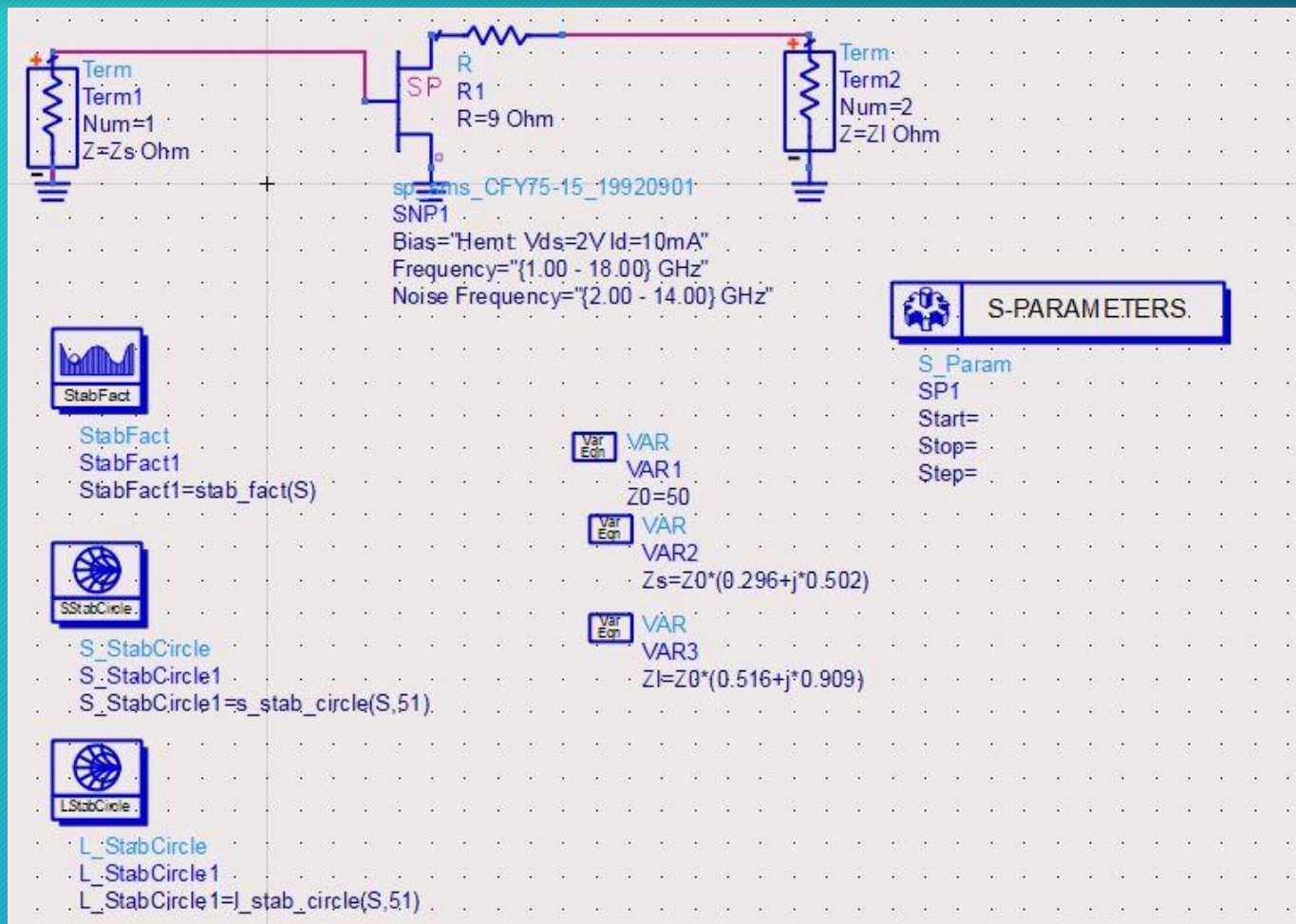
m1  
freq=6.000GHz  
S(2,2)=5.385E-4 / 128.036  
impedance =  $Z_0 * (0.999 + j8.477E-4)$

m2  
freq=6.000GHz  
S(1,1)=0.380 / 144.745  
impedance =  $Z_0 * (0.485 + j0.249)$

¿Qué valor de  $Z_L$   
hay que poner en  
el TERM2?



# Paso 4: Calculo de parámetros del amplificador



freq	nf(2)	$50 \cdot (1 + S(2,2)) / (1 - S(2,2))$	S(2,2)
6.000 GHz	1.076	33.974 / 0.049	5.385E-4 / 128.036

freq	S(2,1)
6.000 GHz	13.727 / 14.396

freq	StabFact1
6.000 GHz	1.051

Pérdidas de retorno de entrada  
 $-20 \cdot \log(S(1,1)) = 8,402 \text{ dB}$

Pérdidas de retorno de salida  
 $-20 \cdot \log(S(2,2)) = 65,377 \text{ dB}$

Ganancia disponible  
 $G_a = 13.727 \text{ dB}$

¿Ganancia de transducción?

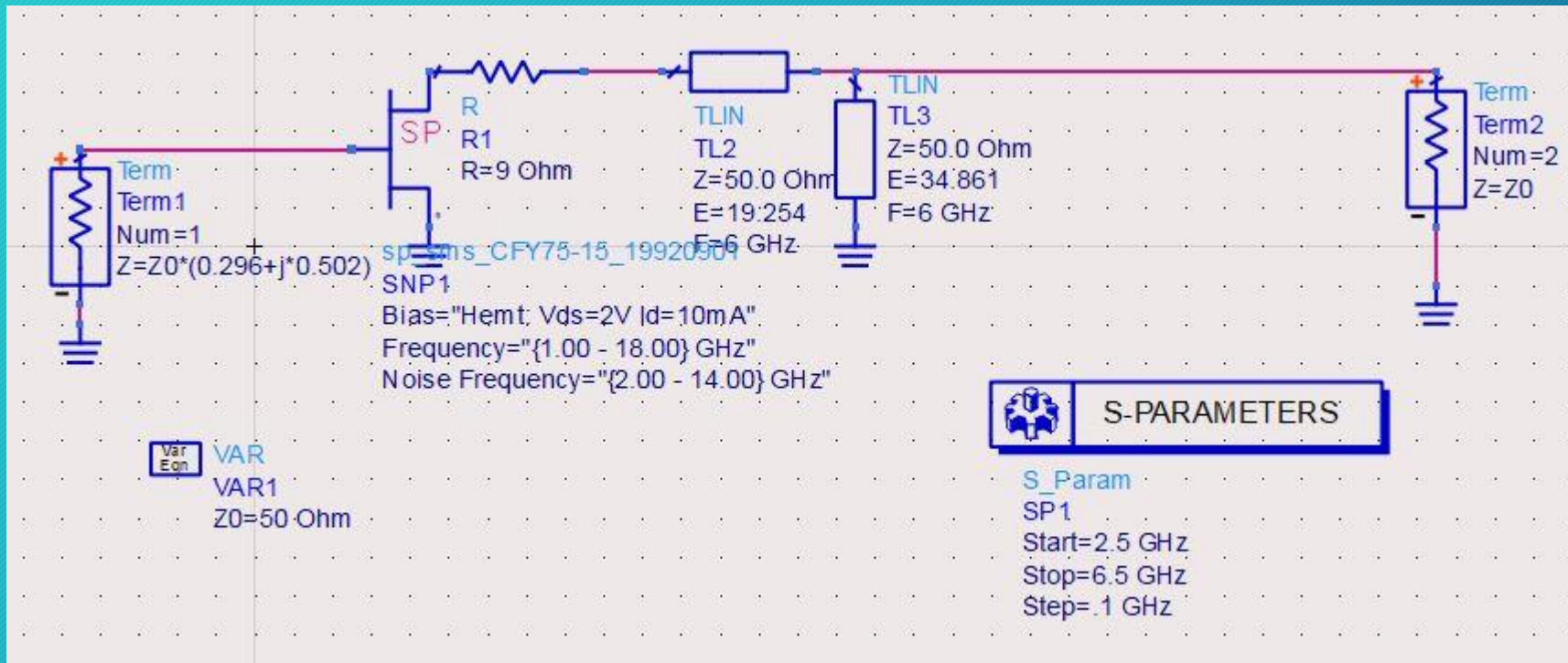
¿Figura de ruido?

Compara el valor de GT con la MAG del paso 2  
(MAG(dB)=14.927)



# Paso 5: Diseño de las redes de adaptación

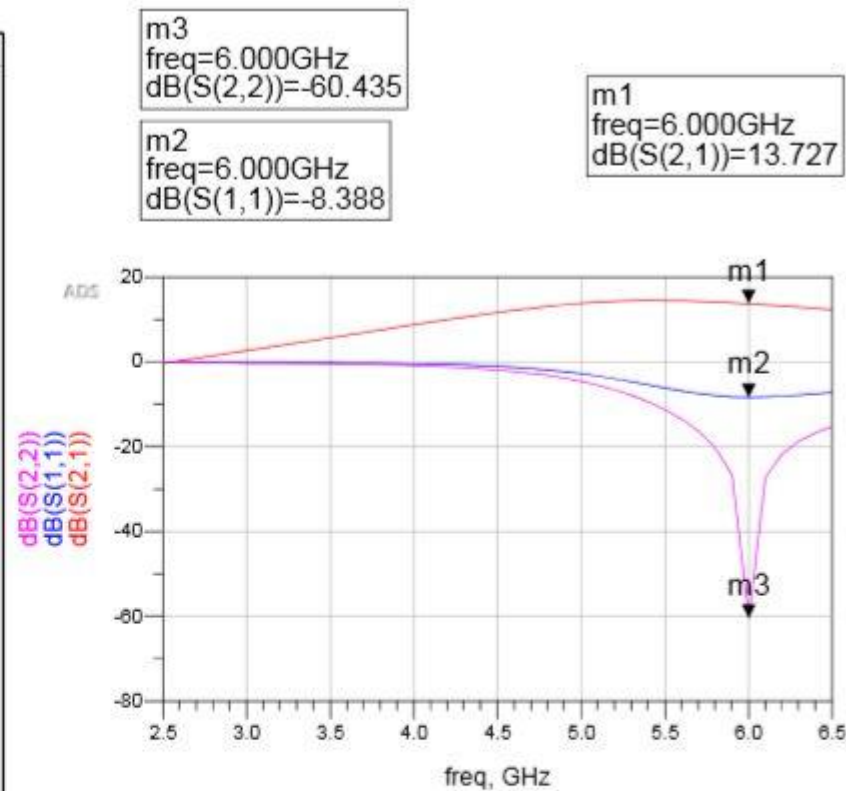
- Paso 5 A: Adaptación a la salida







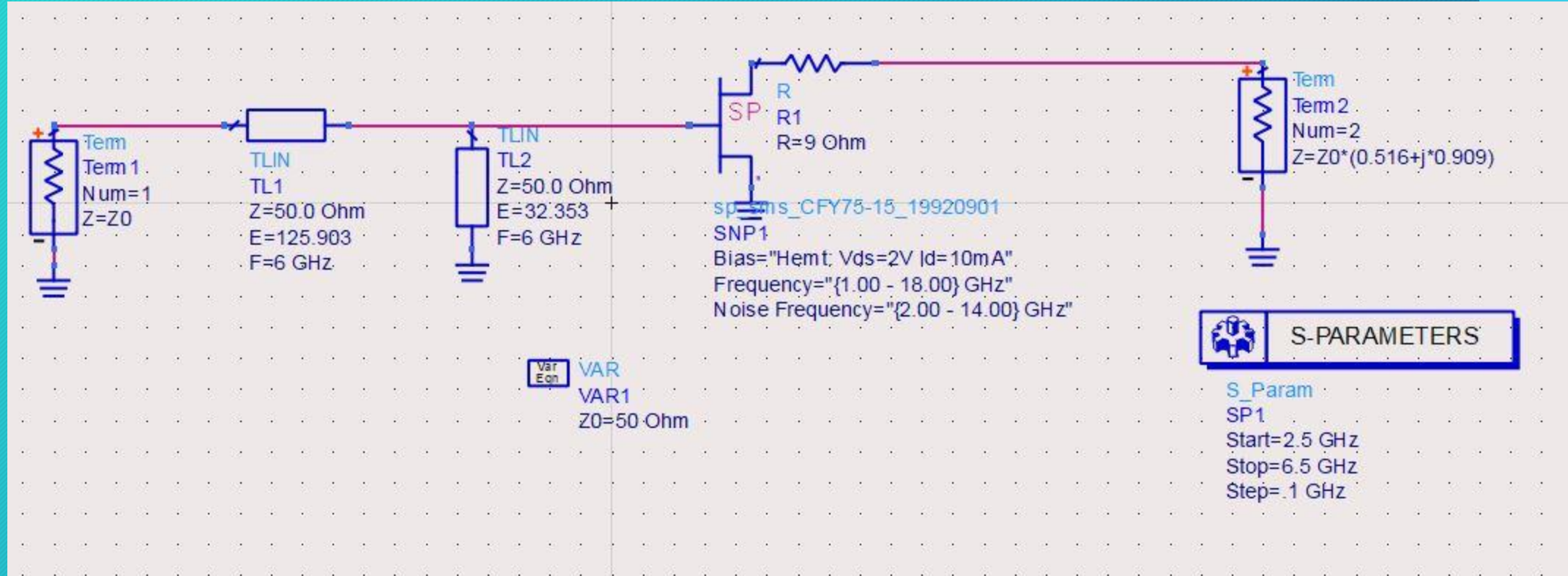
freq	nf(2)	S(2,1)	... <invalid>
2.500 GHz	2.633	-0.332 / -...	
2.600 GHz	2.582	0.273 / -1...	
2.700 GHz	2.533	0.874 / -1...	
2.800 GHz	2.483	1.474 / -1...	
2.900 GHz	2.435	2.073 / -1...	
3.000 GHz	2.386	2.673 / -1...	
3.100 GHz	2.338	3.273 / -1...	
3.200 GHz	2.291	3.874 / -1...	
3.300 GHz	2.244	4.477 / -1...	
3.400 GHz	2.197	5.083 / -1...	
3.500 GHz	2.151	5.691 / -1...	
3.600 GHz	2.106	6.303 / -1...	
3.700 GHz	2.061	6.919 / -1...	
3.800 GHz	2.017	7.537 / -1...	
3.900 GHz	1.974	8.157 / -1...	
4.000 GHz	1.931	8.779 / -1...	
4.100 GHz	1.870	9.373 / 1...	
4.200 GHz	1.811	9.961 / 1...	
4.300 GHz	1.753	10.540 / ...	
4.400 GHz	1.696	11.105 / ...	
4.500 GHz	1.641	11.651 / ...	
4.600 GHz	1.588	12.171 / ...	
4.700 GHz	1.537	12.659 / ...	
4.800 GHz	1.487	13.105 / ...	
4.900 GHz	1.440	13.501 / ...	
5.000 GHz	1.394	13.839 / ...	
5.100 GHz	1.351	14.114 / ...	
5.200 GHz	1.310	14.318 / ...	
5.300 GHz	1.271	14.449 / ...	
5.400 GHz	1.235	14.511 / ...	
5.500 GHz	1.202	14.505 / ...	
5.600 GHz	1.171	14.439 / ...	
5.700 GHz	1.143	14.319 / ...	
5.800 GHz	1.118	14.156 / ...	
5.900 GHz	1.095	13.956 / ...	
6.000 GHz	1.076	13.727 / ...	
6.100 GHz	1.057	13.483 / ...	
6.200 GHz	1.041	13.219 / ...	
6.300 GHz	1.029	12.940 / ...	
6.400 GHz	1.019	12.652 / ...	



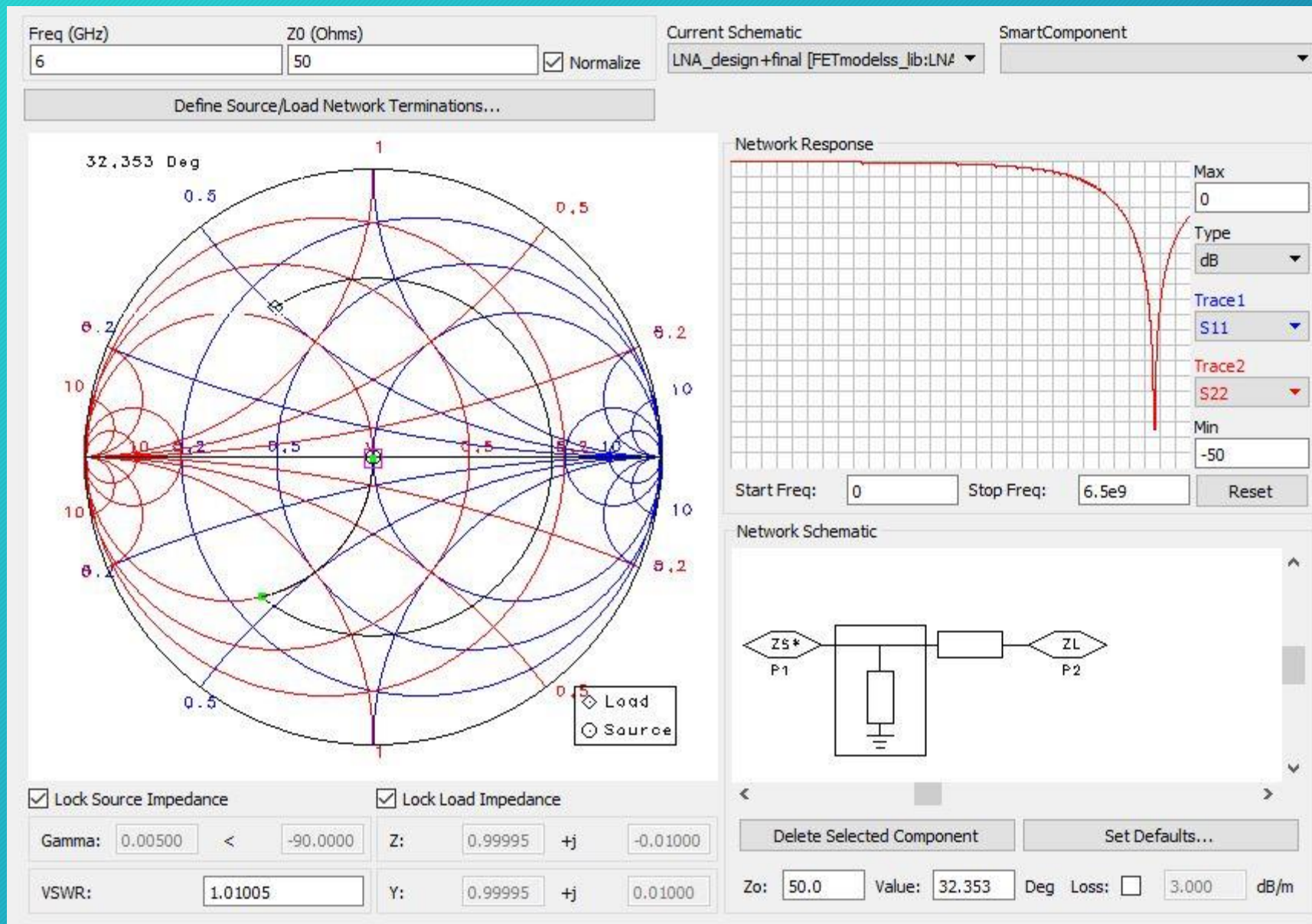
Compara los valores de GT, ReturnLoss entrada y salida, y NF (nf2) obtenidos con respecto a la predicción obtenida en el paso 4.

	Paso 4	Paso 5a
GT	13.727 dB	13.727 dB
RL entrada	8,402 dB	8.388 dB
RL salida	65,377 dB	60.435 dB
NF	1.076 dB	1.076 dB

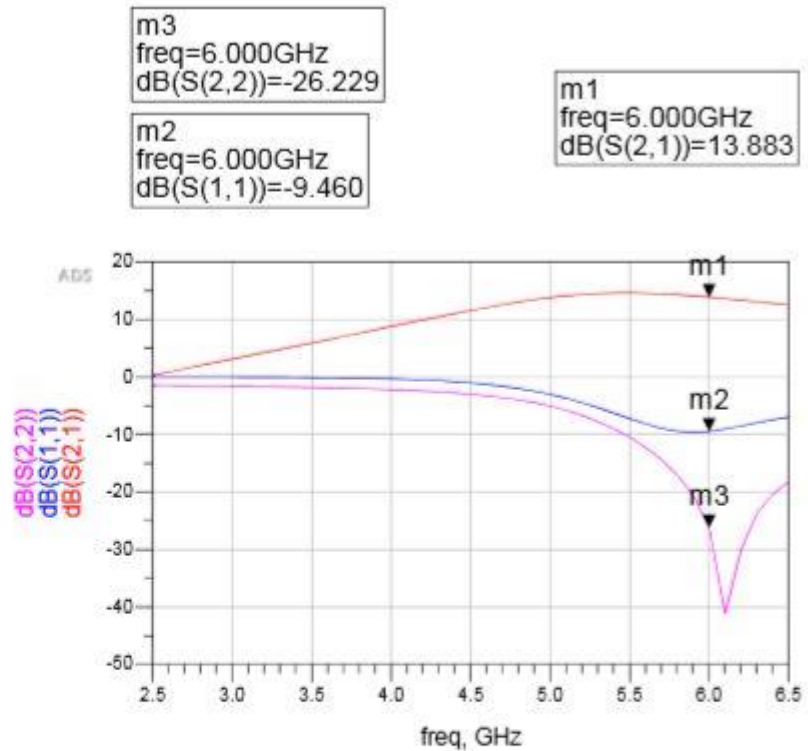
- Paso 5 B: Adaptación a la entrada







freq	nf(2)	S(2,1)	...1 <invalid>
2.500 GHz	8.242	1.036 / 173...	
2.600 GHz	7.867	1.106 / 169...	
2.700 GHz	7.506	1.181 / 165...	
2.800 GHz	7.160	1.260 / 161...	
2.900 GHz	6.827	1.345 / 156...	
3.000 GHz	6.507	1.435 / 152...	
3.100 GHz	6.199	1.529 / 148...	
3.200 GHz	5.902	1.630 / 143...	
3.300 GHz	5.617	1.737 / 139...	
3.400 GHz	5.343	1.853 / 134...	
3.500 GHz	5.080	1.976 / 129...	
3.600 GHz	4.827	2.109 / 124...	
3.700 GHz	4.584	2.253 / 119...	
3.800 GHz	4.351	2.407 / 114...	
3.900 GHz	4.128	2.572 / 109...	
4.000 GHz	3.914	2.751 / 103...	
4.100 GHz	3.680	2.936 / 98....	
4.200 GHz	3.456	3.132 / 92....	
4.300 GHz	3.242	3.341 / 86....	
4.400 GHz	3.039	3.559 / 79....	
4.500 GHz	2.846	3.786 / 73....	
4.600 GHz	2.664	4.019 / 66....	
4.700 GHz	2.491	4.254 / 58....	
4.800 GHz	2.329	4.485 / 51....	
4.900 GHz	2.178	4.706 / 43....	
5.000 GHz	2.037	4.907 / 34....	
5.100 GHz	1.905	5.081 / 26....	
5.200 GHz	1.784	5.221 / 17....	
5.300 GHz	1.673	5.319 / 9.3...	
5.400 GHz	1.571	5.375 / 0.6...	
5.500 GHz	1.479	5.386 / -7....	
5.600 GHz	1.396	5.356 / -16...	
5.700 GHz	1.322	5.291 / -24...	
5.800 GHz	1.257	5.196 / -32...	
5.900 GHz	1.200	5.078 / -40...	
6.000 GHz	1.151	4.945 / -47...	
6.100 GHz	1.108	4.807 / -54...	
6.200 GHz	1.072	4.662 / -61...	
6.300 GHz	1.043	4.512 / -68...	

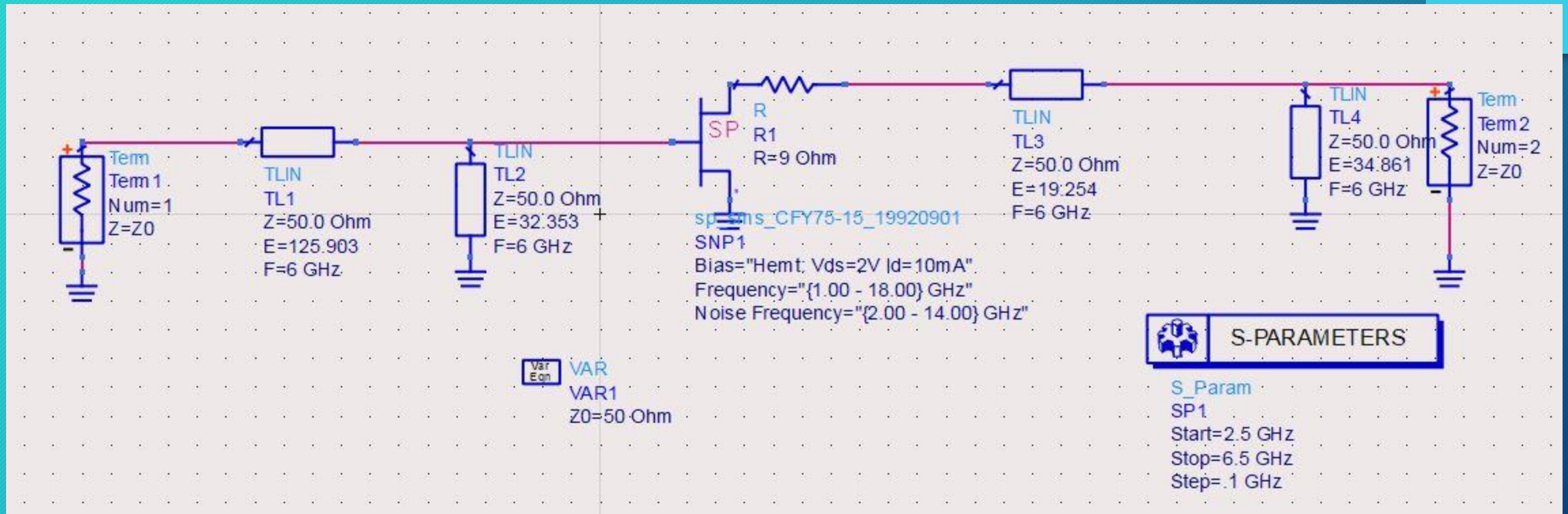


Compara los valores de GT, ReturnLoss entrada y salida, y NF (nf2) obtenidos con respecto a la predicción obtenida en el paso 4.

	Paso 4	Paso 5b
GT	13.727 dB	13.883 dB
RL entrada	8,402 dB	9.460 dB
RL salida	65,377 dB	26.229 dB
NF	1.076 dB	1.151 dB



- Paso 5 C: Red de adaptación de entrada y salida

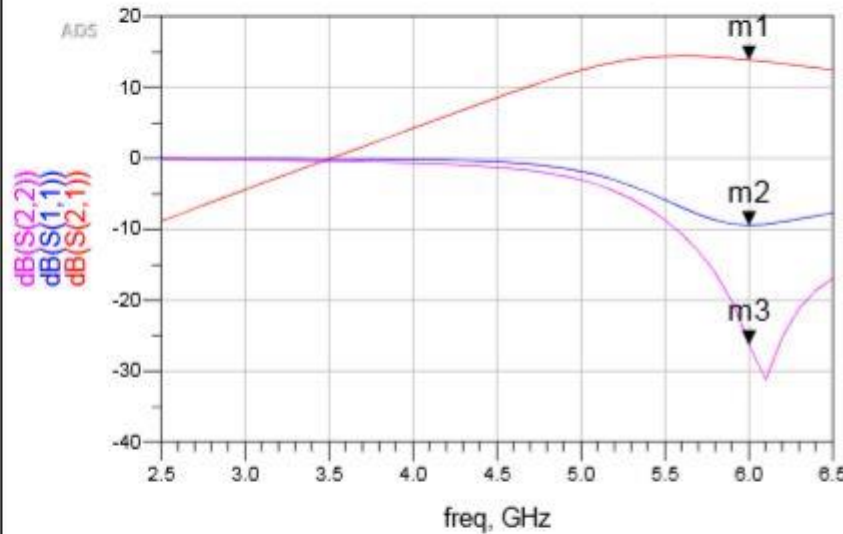


freq	nf(2)	S(2,1)	... <invalid>
2.500 GHz	8.242	-8.878 / -...	
2.600 GHz	7.867	-7.957 / -...	
2.700 GHz	7.506	-7.051 / -...	
2.800 GHz	7.160	-6.156 / -...	
2.900 GHz	6.827	-5.271 / -...	
3.000 GHz	6.507	-4.394 / -...	
3.100 GHz	6.199	-3.525 / -...	
3.200 GHz	5.902	-2.660 / -...	
3.300 GHz	5.617	-1.799 / -...	
3.400 GHz	5.343	-0.939 / -...	
3.500 GHz	5.080	-0.080 / -...	
3.600 GHz	4.827	0.780 / -1...	
3.700 GHz	4.584	1.642 / -1...	
3.800 GHz	4.351	2.508 / -1...	
3.900 GHz	4.128	3.377 / -1...	
4.000 GHz	3.914	4.252 / -1...	
4.100 GHz	3.680	5.114 / 1...	
4.200 GHz	3.456	5.977 / 1...	
4.300 GHz	3.242	6.840 / 1...	
4.400 GHz	3.039	7.700 / 1...	
4.500 GHz	2.846	8.554 / 1...	
4.600 GHz	2.664	9.396 / 1...	
4.700 GHz	2.491	10.218 / ...	
4.800 GHz	2.329	11.009 / ...	
4.900 GHz	2.178	11.755 / ...	
5.000 GHz	2.037	12.441 / ...	
5.100 GHz	1.905	13.048 / ...	
5.200 GHz	1.784	13.558 / ...	
5.300 GHz	1.673	13.957 / ...	
5.400 GHz	1.571	14.238 / ...	
5.500 GHz	1.479	14.401 / ...	
5.600 GHz	1.396	14.455 / ...	
5.700 GHz	1.322	14.413 / ...	
5.800 GHz	1.257	14.292 / ...	
5.900 GHz	1.200	14.110 / ...	
6.000 GHz	1.151	13.883 / -...	
6.100 GHz	1.108	13.635 / -...	
6.200 GHz	1.072	13.361 / -...	
6.300 GHz	1.043	13.072 / -...	
6.400 GHz	1.020	12.774 / -...	
6.500 GHz	1.003	12.473 / -...	

m3  
freq=6.000GHz  
dB(S(2,2))=-26.236

m2  
freq=6.000GHz  
dB(S(1,1))=-9.441

m1  
freq=6.000GHz  
dB(S(2,1))=13.883

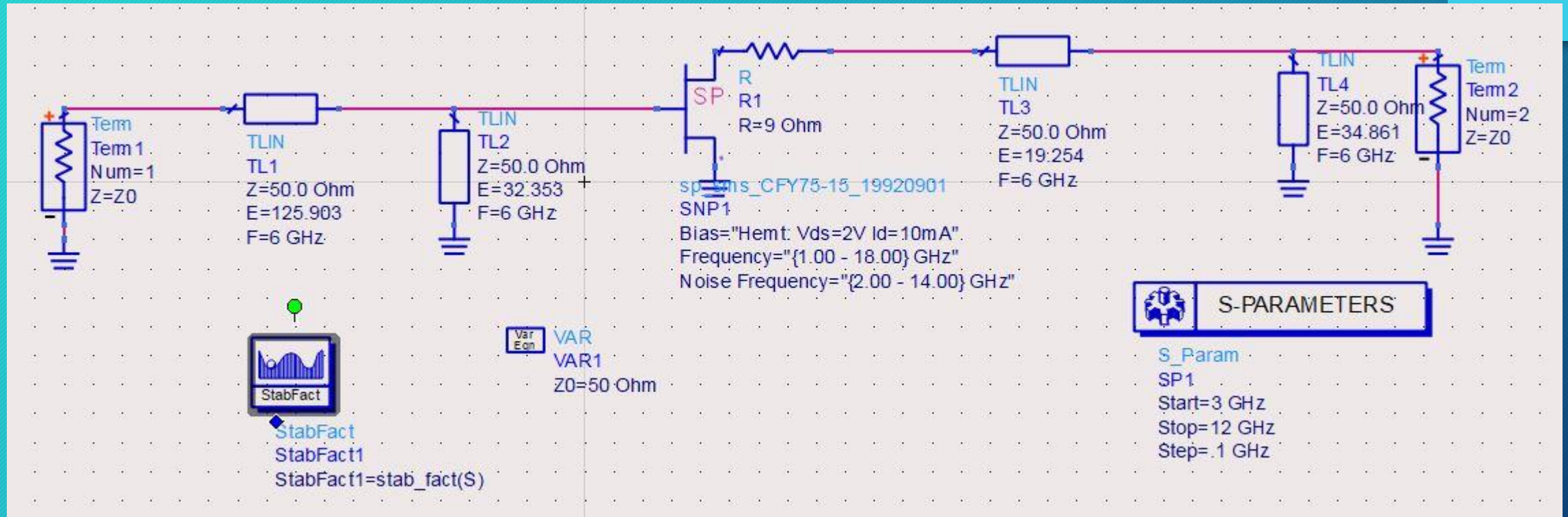


Compara los valores de GT, ReturnLoss entrada y salida, y NF (nf2) obtenidos con respecto a la predicción obtenida en el paso 4.

	Paso 4	Paso 5c
GT	13.727 dB	13.883 dB
RL entrada	8,402 dB	9.441 dB
RL salida	65,377 dB	26.236 dB
NF	1.076 dB	1.151 dB



- Paso 5 D: Simulación de la red de adaptación entre 3 y 12 GHz



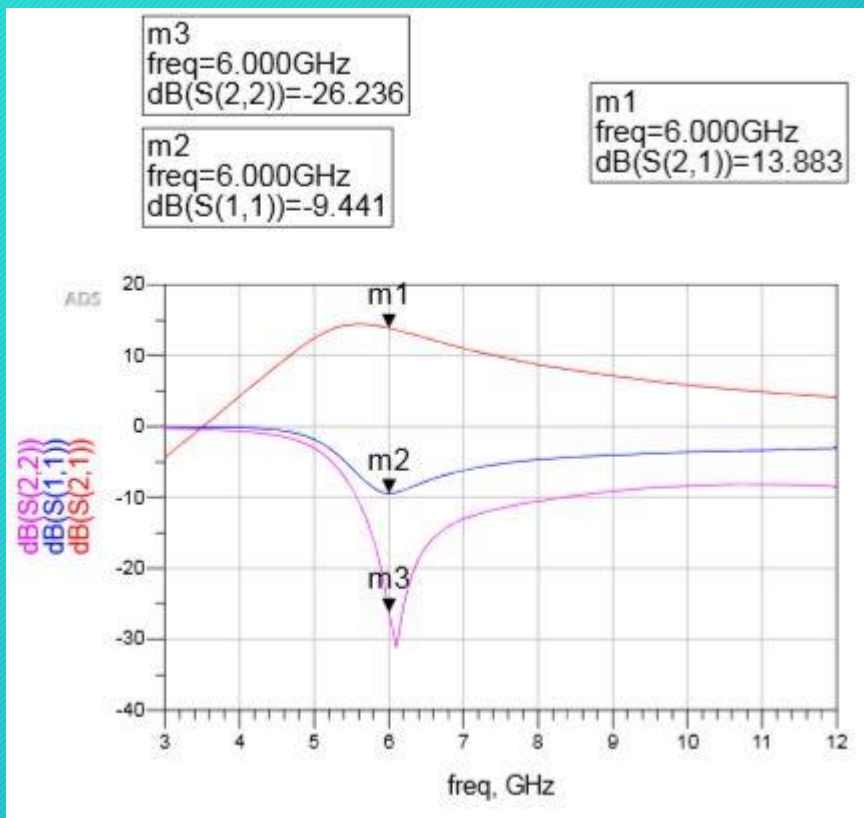


freq	nf(2)	S(2,1)	StabFact1
3.000 GHz	6.507	0.603 / -1...	0.496
3.100 GHz	6.199	0.666 / -1...	0.511
3.200 GHz	5.902	0.736 / -1...	0.525
3.300 GHz	5.617	0.813 / -1...	0.540
3.400 GHz	5.343	0.898 / -1...	0.555
3.500 GHz	5.080	0.991 / -1...	0.570
3.600 GHz	4.827	1.094 / -1...	0.584
3.700 GHz	4.584	1.208 / -1...	0.599
3.800 GHz	4.351	1.335 / -1...	0.614
3.900 GHz	4.128	1.475 / -1...	0.629
4.000 GHz	3.914	1.632 / -1...	0.644
4.100 GHz	3.680	1.802 / 1...	0.661
4.200 GHz	3.456	1.990 / 1...	0.679
4.300 GHz	3.242	2.198 / 1...	0.697
4.400 GHz	3.039	2.427 / 1...	0.715
4.500 GHz	2.846	2.677 / 1...	0.734
4.600 GHz	2.664	2.950 / 1...	0.752
4.700 GHz	2.491	3.243 / 1...	0.771
4.800 GHz	2.329	3.552 / 1...	0.789
4.900 GHz	2.178	3.871 / 1...	0.808
5.000 GHz	2.037	4.188 / 1...	0.827

5.000 GHz	2.037	4.188 / 1...	0.827
5.100 GHz	1.905	4.492 / 9...	0.848
5.200 GHz	1.784	4.763 / 8...	0.870
5.300 GHz	1.673	4.987 / 7...	0.891
5.400 GHz	1.571	5.151 / 6...	0.913
5.500 GHz	1.479	5.249 / 4...	0.935
5.600 GHz	1.396	5.281 / 3...	0.958
5.700 GHz	1.322	5.256 / 2...	0.981
5.800 GHz	1.257	5.183 / 1...	1.004
5.900 GHz	1.200	5.076 / 8...	1.028
6.000 GHz	1.151	4.945 / -0...	1.051
6.100 GHz	1.108	4.806 / -8...	1.072
6.200 GHz	1.072	4.657 / -1...	1.094
6.300 GHz	1.043	4.504 / -2...	1.115
6.400 GHz	1.020	4.352 / -3...	1.137
6.500 GHz	1.003	4.204 / -4...	1.160
6.600 GHz	0.992	4.061 / -4...	1.182
6.700 GHz	0.986	3.925 / -5...	1.205
6.800 GHz	0.986	3.795 / -6...	1.229
6.900 GHz	0.992	3.672 / -6...	1.253
7.000 GHz	1.001	3.556 / -7...	1.277
7.100 GHz	1.016	3.454 / -7...	1.297
7.200 GHz	1.034	3.357 / -8...	1.318
7.300 GHz	1.057	3.265 / -9...	1.340
7.400 GHz	1.083	3.177 / -9...	1.362
7.500 GHz	1.112	3.093 / -1...	1.385
7.600 GHz	1.144	3.014 / -1...	1.408
7.700 GHz	1.178	2.938 / -1...	1.431
7.800 GHz	1.213	2.866 / -1...	1.455
7.900 GHz	1.250	2.797 / -1...	1.479
8.000 GHz	1.286	2.731 / -1...	1.504

8.000 GHz	1.286	2.731 / -1...	1.504
8.100 GHz	1.328	2.677 / -1...	1.518
8.200 GHz	1.372	2.625 / -1...	1.533
8.300 GHz	1.418	2.576 / -1...	1.548
8.400 GHz	1.465	2.528 / -1...	1.564
8.500 GHz	1.513	2.482 / -1...	1.579
8.600 GHz	1.562	2.438 / -1...	1.595
8.700 GHz	1.611	2.396 / -1...	1.611
8.800 GHz	1.659	2.356 / -1...	1.628
8.900 GHz	1.707	2.317 / -1...	1.644
9.000 GHz	1.754	2.280 / -1...	1.661
9.100 GHz	1.799	2.242 / -1...	1.674
9.200 GHz	1.842	2.205 / 1...	1.686
9.300 GHz	1.882	2.170 / 1...	1.699
9.400 GHz	1.919	2.137 / 1...	1.712
9.500 GHz	1.953	2.105 / 1...	1.726
9.600 GHz	1.983	2.075 / 1...	1.739
9.700 GHz	2.009	2.046 / 1...	1.753
9.800 GHz	2.032	2.019 / 1...	1.766
9.900 GHz	2.051	1.992 / 1...	1.780
10.00 GHz	2.066	1.968 / 1...	1.794
10.10 GHz	2.130	1.941 / 1...	1.797
10.20 GHz	2.191	1.916 / 1...	1.799
10.30 GHz	2.250	1.893 / 1...	1.802
10.40 GHz	2.306	1.870 / 1...	1.805
10.50 GHz	2.359	1.849 / 1...	1.808
10.60 GHz	2.408	1.829 / 1...	1.811
10.70 GHz	2.453	1.810 / 1...	1.814
10.80 GHz	2.494	1.792 / 1...	1.817
10.90 GHz	2.531	1.774 / 1...	1.821
11.00 GHz	2.565	1.758 / 9...	1.824
11.10 GHz	2.596	1.740 / 9...	1.815
11.20 GHz	2.623	1.722 / 9...	1.805
11.30 GHz	2.647	1.706 / 8...	1.796
11.40 GHz	2.667	1.690 / 8...	1.787
11.50 GHz	2.684	1.675 / 7...	1.777
11.60 GHz	2.699	1.661 / 7...	1.768
11.70 GHz	2.711	1.648 / 7...	1.759
11.80 GHz	2.721	1.635 / 6...	1.750
11.90 GHz	2.728	1.623 / 6...	1.742
12.00 GHz	2.733	1.612 / 5...	1.733





Muestra gráficas de la respuesta en frecuencia de k, GT(dB), ReturnLoss (puerta de entrada y salida) y NF.

GT	12.883 dB
RL entrada	9.441 dB
RL salida	26.236 dB