

Distribuidor de Potencias para bajo Nivel de Lóbulos Laterales

Ing. Eldis Díaz Fortes¹, Ing. Norquis Estupiñán Noa²

¹EMI "Yuri Gagarin", antunez@ygag.reduim.cu

²CID MECATRONICS, cid3@reduim.cu

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza el diseño de un distribuidor de potencias en la banda de frecuencias de 160MHz a 200MHz para alimentar un sistema discreto de 16 radiadores, con una distribución de amplitud de Dolph-Chebyshev para -30dB de nivel de lóbulos laterales (NLL) y una ley de fase uniforme para manejar una potencia máxima de 250kW. El diseño del distribuidor se realizó en el programa AWR Microwave Office empleando líneas de transmisión simétricas planas con dieléctrico FR-4 de 10mm, posteriormente se simuló el distribuidor unido al sistema de 16 radiadores en el programa CST Microwave Studio, obteniéndose los diagramas direccionales para 5 frecuencias.

PALABRAS CLAVES: amplitud, fase uniforme, divisor de potencias.

ABSTRACT

The present work was realized design of splitter powers in the frequencies band from 160 MHz to 200 MHz for feeding a discreet system of 16 radiators, with Dolph- Chebyshev distribution of amplitude for -30 dB level side lobes and the law of uniform phase to 250 kW maximum power. The splitter design was realized at the AWR Microwave Office software, using symmetric planar transmission lines with FR-4 dielectric material of 10 mm, after was realized the splitter simulation together system of 16 radiators at the software CST Microwave Studio obtaining the directional diagrams for 5 frequencies.

KEYWORDS: amplitude, uniform phase, power splitter.

INTRODUCCIÓN

Uno de los parámetros fundamentales de las antenas es el Nivel de Lóbulos Laterales (NLL), mientras menor es este, se contribuye a una mayor defensa contra interferencias, para obtener bajos Niveles de Lóbulos Laterales se emplean en la mayoría de los casos, debido a los buenos resultados que brindan, los sistemas discretos de antenas con una adecuada distribución de corriente (amplitud decreciente hacia los extremos de la antena y fase uniforme)¹. Esta distribución se realiza mediante distribuidores de potencia (o divisores de potencia), que son componentes pasivos de microondas usados para dividir o combinar potencias. En este trabajo se necesita obtener un distribuidor de potencias para alimentar 16 radiadores, que presente una distribución de amplitud de Dolph-Chebyshev para un NLL de -30dB y fase uniforme con las siguientes exigencias: banda de trabajo de 160-200 MHz, potencia máxima igual a 250 kW, impedancia de entrada en los accesos de 50 Ω , coeficientes de amplitud según la tabla 1, Razón de Onda Estacionaria (ROE) máximo menor de 2, error de amplitud por puerto de salida no mayor de 0.05 y diferencia de fase entre los puertos de salida no mayor de 5 grados.

Los coeficientes de amplitud para los 16 radiadores fueron calculados mediante el empleo del programa (PCASAL) correspondientes a una distribución de Dolph-Chebyshev para -40dB, teniendo de esta forma un margen de 10 dB para el diseño. Los criterios de los errores máximos permisibles fueron obtenidos de^{2,3}, donde se plantea que para alcanzar niveles de lóbulos laterales por debajo -35 dB es preciso que los errores de amplitud y fase en la abertura de la antena no sean superiores a 0.05 y el desbalance de fase menor de 5 grados.

Desarrollo

La antena tiene una longitud total de 21 m y contiene 16 radiadores idénticos, por lo que se requiere de un distribuidor de 1 en 16 para poder alimentarlos siguiendo la distribución de la tabla 1, como la antena presenta simetría, la distribución puede ser reducida a 2 divisiones, de 1 entrada y 8 salidas para cada extremo de la antena y un distribuidor de 1 entrada con 2 salidas de igual amplitud y fase para alimentarlos. Este último distribuidor (de la entrada) es el encargado de soportar el máximo nivel de potencia, esta potencia es dividida y entregada al resto de los divisores, por lo que los últimos divisores deben manejar una potencia menor. Como la antena presenta una gran dimensión, con el objetivo de minimizar las pérdidas y la cantidad de cables, el divisor de 1 en 8 se dividió en 3 paneles: 1 divisor de 1 entrada y 5 salidas, o divisor de 1 en 5, que alimenta los radiadores de los extremos, otro de 1 en 3 para los radiadores del centro y uno de 1 en 2 que alimenta estos dos distribuidores. La unión de todos los divisores se realizó con cable coaxial RG-393, el cual presenta una elevada calidad (bajas pérdidas en la banda de frecuencias de trabajo). En la figura 1 se muestra el sistema de 16 dipolos y su alimentación mediante el distribuidor de potencia de 1 entrada y 16 salidas.

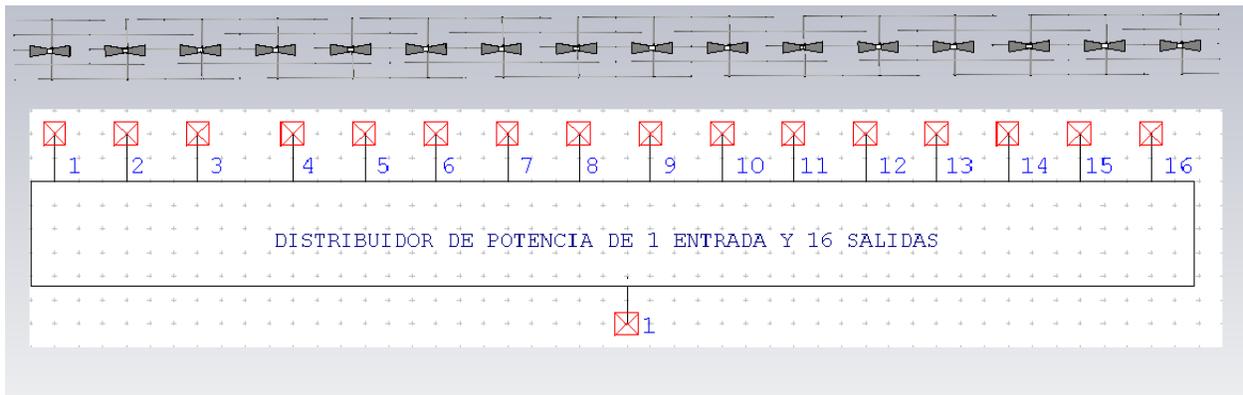


Figura 1. Sistema de 16 radiadores alimentado por el distribuidor de 1 entrada y 16 salidas.

A continuación, en la figura 2 se observa el esquema en bloques del distribuidor de 1 en 16 desglosado en los diferentes divisores internos.

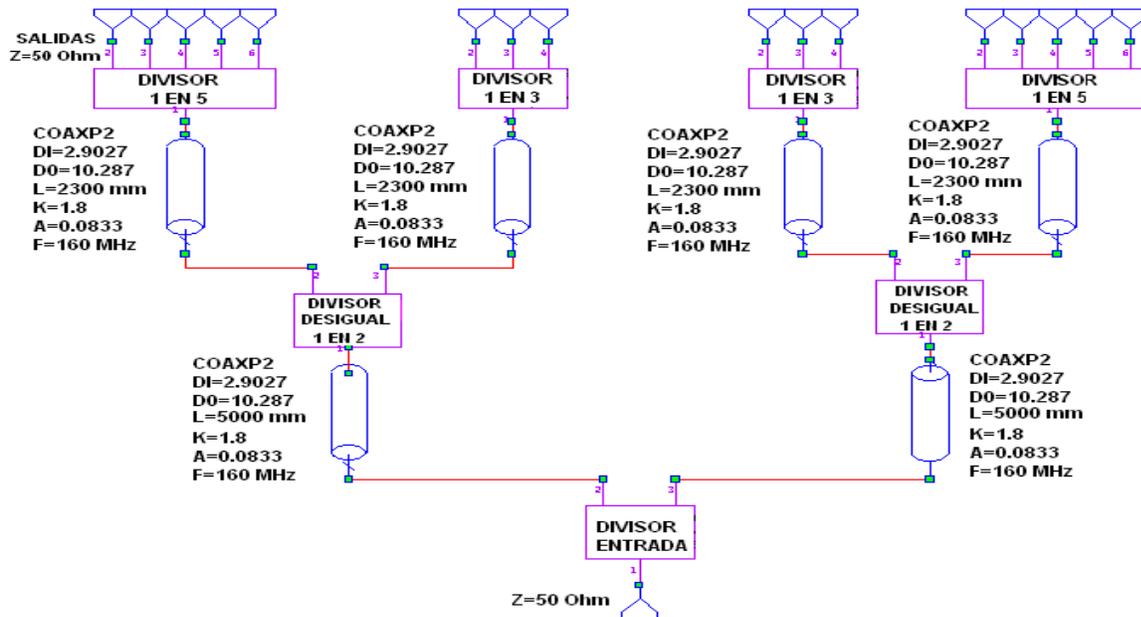


Figura 2. Esquema en bloques del distribuidor de potencia de 1 en 16.

De 4 se concluyó que para el nivel de potencia que debía manejar el distribuidor de 1 en 2 en la entrada (250kW), este se podía diseñar sobre una línea de transmisión coaxial rígida, como se observa en la figura 3. El resto de los divisores manejarían un nivel de potencia menor de 125 kW (los 250 kW divididos entre las dos salidas del divisor de entrada) e igualmente tomando como referencia 4 se podían emplear líneas de transmisión simétricas planas con sustrato FR-4 con los siguientes parámetros: permitividad dieléctrica relativa de 4.3, tangente de pérdidas de 0.021y altura B=10mm. Las líneas simétricas planas además tienen la ventaja de facilitar la construcción de los distribuidores.



Figura 3. Esquema topológico del divisor de entrada.

Los distribuidores de potencia se diseñaron en el programa AWR Microwave Office. En la figura 4 se muestra el esquema topológico del distribuidor de 1en 8 con sus tres divisores.

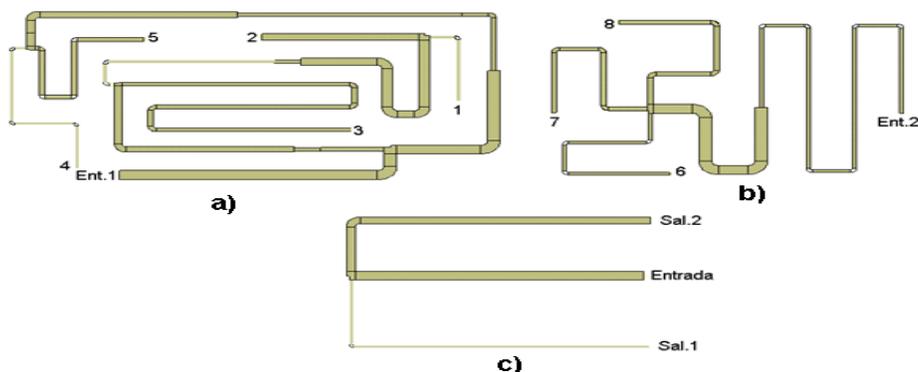


Figura 4. Esquema topológico del divisor de 1 en 8. a) divisor de 1 en 5. b) divisor de 1 en 3. c) divisor desigual de 1 en 2.

Los desbalances de amplitud en los divisores se obtienen a partir de las variaciones de impedancia de cada una de sus divisiones, que en la figura anterior se observan a través de las variaciones de ancho de las líneas. El diseño de los distribuidores tiene una forma compacta, para ajustarlo al tamaño de las placas disponibles, no obstante, entre las líneas paralelas se mantuvo una separación mayor de $2*B$, o $4*H$ en el caso de las líneas de microcinta, para desprestigiar el acoplamiento electromagnético⁵, (B y H son las alturas del sustrato respectivamente).

En la tabla 2 se muestran los valores de ROE, fase, y los errores de amplitud de cada salida del distribuidor de 1 en 8, así como la promedio, donde se puede observar que los resultados cumplen con las exigencias del diseño, ya que se obtiene un ROE por debajo de 2 en toda la banda de frecuencias, así como errores de amplitud y desviación de fase por debajo de 0.05 y 5 grados respectivamente.

Antes de fabricar los distribuidores de potencia es necesario realizar un análisis de sensibilidad para observar el comportamiento de los parámetros en función de las variaciones del sustrato. El espesor del sustrato, empleado en el diseño de los divisores es de 10 mm y según datos del fabricante la diferencia de alturas en todo el sustrato nunca es superior a 0.1 mm. Sin embargo, en el análisis de sensibilidad se puede apreciar que para un rango de variación 10 veces superior se produce muy poca afectación en la amplitud, la fase y la Razón de Onda Estacionaria. En cada caso se realizó el cálculo para 50 valores de B comprendidos en el intervalo de 9.5 a 10.5 mm, la variación de ROE se muestra en la figura 5a. La poca sensibilidad manifestada en la variación de B es un aspecto positivo que permite lograr una mayor exactitud en la obtención del divisor de potencia.

Un análisis similar se realizó variando la permitividad dieléctrica del sustrato $\epsilon_r=4.3$, en el rango de 4 a 4.6, la ROE se muestra en la figura 5b donde se puede apreciar que el distribuidor es más sensible a la variación de permitividad, aunque se mantienen en un rango aceptable.

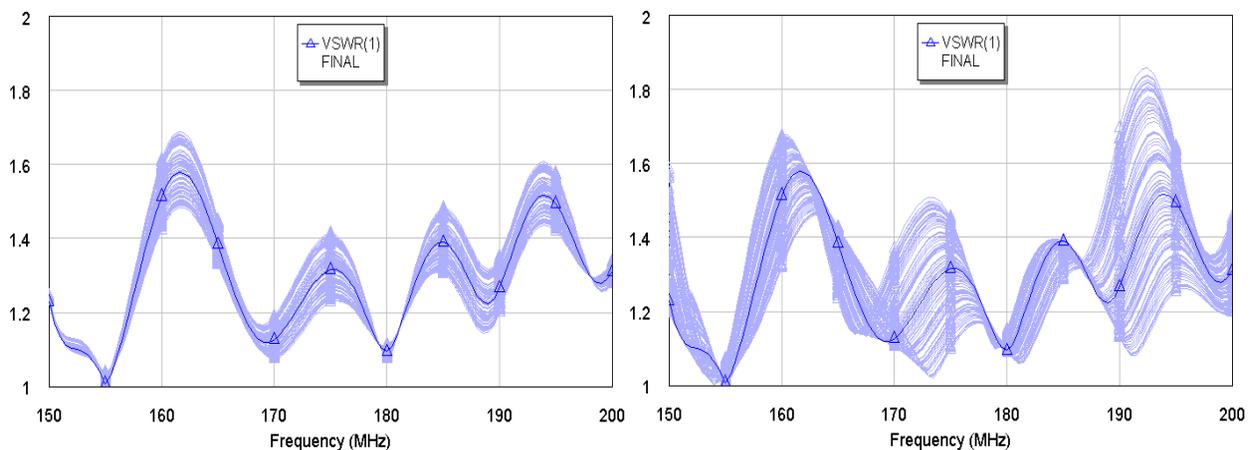


Figura 5. a) ROE para una variación de B entre 9.5 y 10.5 mm. b) ROE para una variación de ϵ_r entre 4 y 4.6 .

Concluido el distribuidor de potencias se realizó un análisis con el sistema de radiadores en el programa profesional CST Microwave Studio. En la figura 6 se observa un bloque del sistema de 16 dipolos a alimentar, unidos al distribuidor de potencia de 1 en 16 mediante 3.3 m de cable coaxial RG-393, el cual como se había mencionado anteriormente presenta bajas pérdidas en la banda de frecuencias de trabajo, se escoge esta longitud de cable para poder alimentar todos los radiadores de la antena.

Los resultados de la simulación en el CST Microwave Studio se muestran en las figura 7 y 8. En la figura 7 se observan las pérdidas por retorno (S_{11}), con valores por debajo de -10 dB, equivalente a ROE igual 2, en toda la banda de frecuencias; el diagrama direccional en coordenadas cartesianas para la frecuencia de 170 MHz se presenta en las figuras 8. La tabla 3 muestra los resultados de los diagramas direccionales en forma más detallada, donde se analiza no solo el Nivel de Lóbulos Laterales máximo, sino el Nivel de Lóbulos Laterales promedio que resulta de aproximadamente con -40dB.

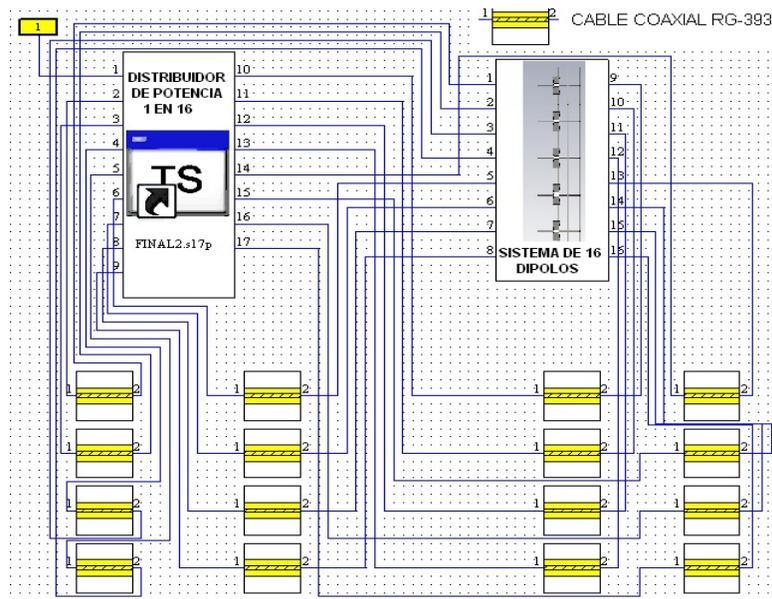


Figura 6. Bloque del distribuidor de potencia y bloque del sistema de dipolos en el CST Microwave Studio.

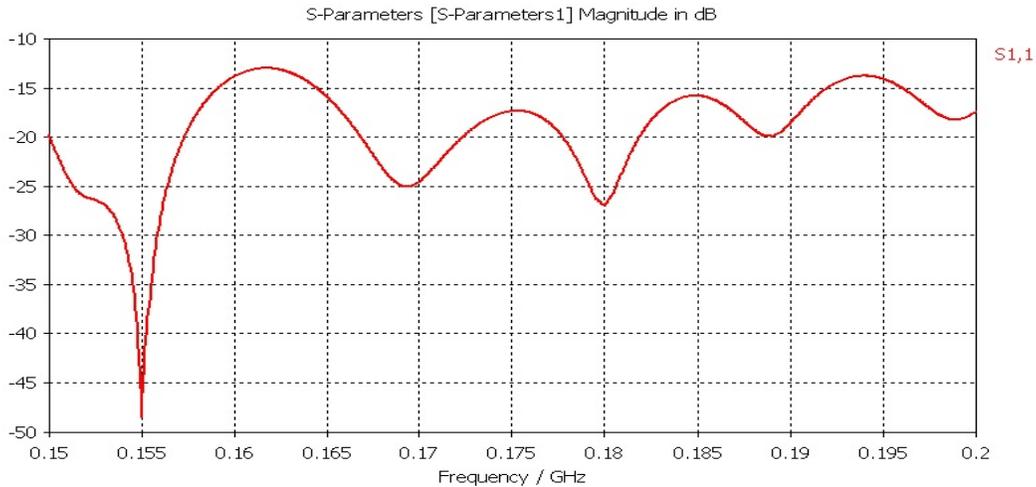


Figura 7. Pérdidas por Retorno simulado en el CST Microwave Studio.

Los diagramas direccionales resultantes presentan una ganancia entre 13.5 y 13.8 dB, afectada por los valores de eficiencia obtenidos de aproximadamente 40%, debido fundamentalmente a las pérdidas del cable coaxial, que a pesar de ser reducidas, las longitudes de este son muy grandes y se emplean cantidades significativas, lo que hace que las pérdidas totales del sistema aumenten. No obstante se consideran resultados favorables ya que estos valores por encima de -30dB se obtienen para pequeños sectores: en el caso de 170 MHz en un sector de 1.6 grados y en 180 MHz y 200 MHz en un sector de 2 grados.

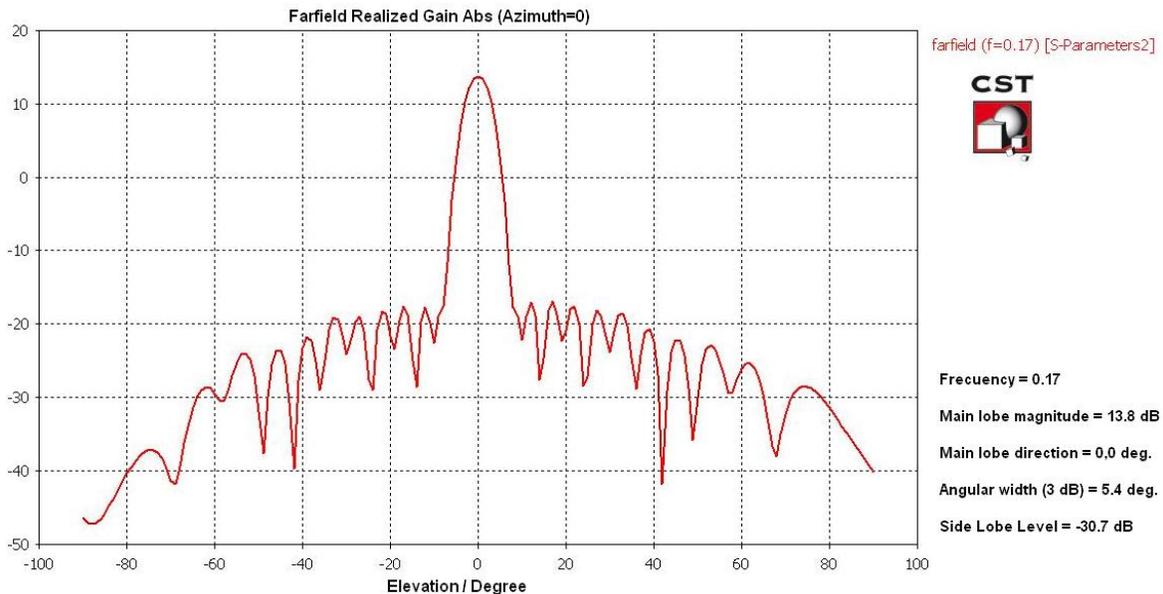


Figura 9. Diagrama direccional simulado en coordenadas cartesianas para 170 MHz .

Tabla 1. Coeficientes de Dolph-Chebyshev para -40 dB de nivel de lóbulos laterales con 16 radiadores.

A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{16}
0.256	0.323	0.444	0.593	0.738	0.86	0.95	1	1	0.95	0.86	0.738	0.593	0.444	0.323	0.256

Tabla 2. Valores de ROE, fase y errores de amplitud para 5 frecuencias fundamentales.

SALIDAS	160 MHz		170 MHz		180 MHz		190 MHz		200 MHz	
	ERROR AMPLIT	FASE (°)								
1	0.018	-179.1	0.031	-30.4	0.008	113.8	0.029	-101.0	0.002	48.3
2	0.030	-177.8	0.038	-30.0	0.002	113.3	0.021	-102.6	0.022	45.5
3	0.004	175.9	0.033	-34.7	0.011	111.4	0.017	-101.1	0.064	46.7
4	0.021	-177.0	0.037	-31.2	0.003	111.7	0.046	-103.1	0.025	45.8
5	0.033	-174.9	0.035	-30.7	0.018	110.8	0.049	-105.4	0.037	42.6
6	0.007	179.2	0.008	-37.2	0.009	106.9	0.001	-110.3	0.004	35.0
7	0.000	-179.1	0.002	-36.2	0.003	107.4	0.006	-110.4	0.006	37.4
8	0.000	-180.0	0.000	-37.4	0.000	105.6	0.000	-112.6	0.000	33.2
ERROR PROMEDIO	0.0145		0.0234		0.0068		0.0211		0.0198	
DESVIACION DE FASE	1.891		2.889		2.615		3.975		4.958	
ROE	1.513		1.126		1.093		1.266		1.309	

Tabla 3. Resultados obtenidos del Diagrama Direccional simulado en el CST.

PARAMETROS	160 MHz	170 MHz	180 MHz	190 MHz	200 MHz
S11	-13.8 dB	-24.54 dB	-27 dB	-18.59 dB	-17.45 dB
NLL máx.	-27.6 dB	-30.7 dB	-26.8 dB	-29.7	-27.9 dB
NLL prom.	-40 dB	-38 dB	-40 dB	-41 dB	-41 dB
GANANCIA	13.5 dB	13.8 dB	13.8 dB	13.5 dB	13.7 dB

CONCLUSIONES.

A partir del análisis realizado y el resultado de las simulaciones en dos herramientas fidedignas empleadas en el mundo entero como son el CST Microwave Studio y el AWR Microwave Office, se puede concluir que el trabajo realizado da cumplimiento a las exigencias impuestas, obteniéndose el diseño de un distribuidor de potencias de 1 entrada y 16 salidas con una distribución de Dolph-Chebyshev para un NLL de -30dB y fase uniforme para una potencia de 250 kW. El diseño se realizó de forma modular, adaptado a la tecnología de fabricación existente en el país.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Pérez Stincer, E.: "Antena Teoría General", pp.193-198,348-355, ITM "José Martí", 2001.
2. G.T. Márkov, D.M. Sazónov. : "Antenas". Editorial MIR Moscú, pp.254-258, 1978.
3. Rojas Ramírez, N.: "Aplicación del Método de los Momentos a Sistemas Tridimensionales de Dipolos Igualmente Orientados". Tesis de Maestría en Radioelectrónica. ITM "José Martí", 1997.
4. Rojas Ramírez N, Cardona Fuentes J. A.: "Informe Final Prototipo Antena P-18", CID-Mecatronics, 2010.
5. Pozar David M.: "Microwave Engineering", 2nd ed., John Wiley & Sons, pp.160-170 Inc, 1998.
6. Rojas Ramírez N, Cardona Fuentes J. A.: "Informe Final Prototipo Antena P-19", CID-Mecatronics, 2005.