

Análisis de parámetros de dispersión en una microcinta

Luis Guillermo Macias Rojas

21 de marzo de 2025

Resumen: En este trabajo se presenta un estudio comparativo de los parámetros S_{11} (reflexión) y S_{21} (transmisión) de una microcinta diseñada para operar a 10 GHz entre dos metodologías de simulación: Una basada en el modelado electromagnético de onda completa en Ansys HFSS, que resuelve las ecuaciones de Maxwell de forma rigurosa, y otra utilizando la herramienta ADS (Advanced Design System) de Keysight, que emplea modelos analíticos y aproximaciones cuasi-estáticas para caracterizar la microcinta. Para el modelado del sustrato se utilizó un dieléctrico TerraGreen 400G (RF/MW) de Isola Group con una constante dieléctrica de 3.15 y un espesor de 0.254 mm.

Introducción

En el diseño de circuitos de alta frecuencia, el análisis de parámetros de dispersión (parámetros S) es fundamental para evaluar el desempeño de estructuras como líneas de microcinta. Estos parámetros, en particular S_{11} (pérdida por retorno) y S_{21} (pérdida por inserción), permiten cuantificar las reflexiones y atenuaciones de la señal en función de la frecuencia, aspectos críticos para garantizar la integridad de la señal y la eficiencia energética en aplicaciones como antenas, filtros y diseño de PCBs.

Metodología

La matriz de dispersión (1) describe el comportamiento de redes eléctricas mediante el análisis de ondas incidentes, reflejadas y transmitidas en sus puertos. A diferencia de los parámetros absolutos, como los de impedancia (Z) o los ABCD —que caracterizan propiedades intrínsecas del circuito, como voltajes y corrientes en terminales—, los parámetros S son relativos y dependen de la impedancia utilizada como referencia (Z_0).

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

En redes eléctricas pasivas de dos puertos y diseñadas como la línea de microcinta en cuestión, los parámetros S cumplen con las propiedades de reciprocidad (2) y simetría (3). Esto implica que al caracterizar S_{11} y S_{21} , los valores de S_{22} y S_{12} quedan automáticamente determinados.

$$S_{12} = S_{21} \quad (2)$$

$$S_{22} = S_{11} \quad (3)$$

La estructura de microcinta se diseñó en HFSS con el objetivo de obtener 50Ω en Z_0 . Para ello se establecieron los siguientes parámetros con ayuda de la hoja de datos del fabricante del sustrato TerraGreen 400G (RF/MW):

- Permitividad relativa del dieléctrico: 3.15
- Ancho de la microcinta: 0.6 mm
- Largo de la microcinta: 37.9 mm
- Espesor del sustrato: 0.254 mm
- Espesor del cobre: $17.4 \mu\text{m}$

Una vez simulada la estructura de microcinta en HFSS, se exportaron los parámetros S para compararlos con los obtenidos mediante un modelo de microcinta en ADS.

Resultados

Los resultados de las simulaciones en HFSS y ADS se presentan en las figuras 1 y 2. La primera muestra la pérdida por retorno S_{11} en función de la frecuencia, mientras que la segunda presenta la pérdida por inserción S_{21} . En ambos casos, se observa una buena concordancia entre las simulaciones, con una diferencia máxima de 3.5 dB en S_{11} y 0.8 dB en S_{21} .

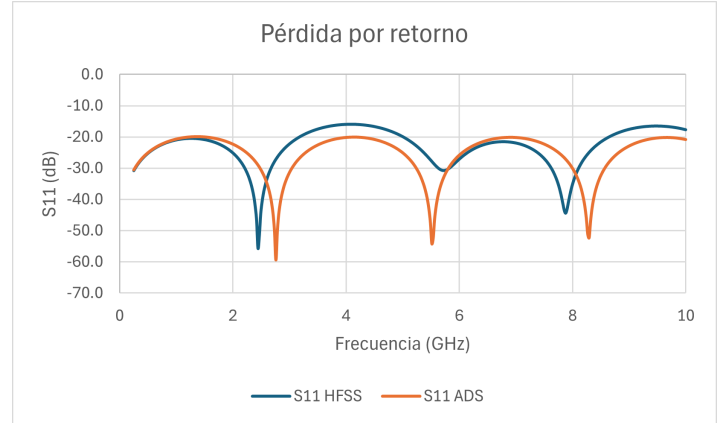


Figura 1: Pérdida por retorno S_{11} en función de la frecuencia.

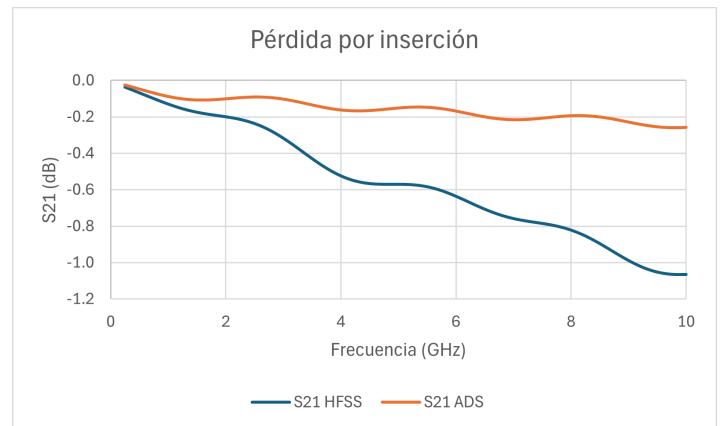


Figura 2: Pérdida por inserción S_{21} en función de la frecuencia.

Conclusiones

El análisis comparativo de los parámetros de dispersión de una microcinta en HFSS y ADS permitió validar la aproximación analítica de la herramienta ADS para el diseño de estructuras en alta frecuencia. La buena concordancia entre ambas metodologías sugiere que el modelo de microcinta en ADS ofrece una buena aproximación al simulador de onda completa de HFSS, especialmente para S_{11} .