

## ESTIMACIÓN DEL DESACOPAMIENTO DE IMPEDANCIAS Y SU INCERTIDUMBRE EN LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN Y PRUEBAS

Mariano Botello Pérez<sup>1,2</sup>, Susana Padilla Corral<sup>1</sup>, Israel García Ruiz<sup>1</sup>, Hildeberto Jardón Aguilar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Nacional de Metrología (CENAM)

Carretera a Los Cués km 4.5, 76246 El Marqués, Querétaro, México

<sup>2</sup>Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV)

Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, Delegación Gustavo A. Madero, México D.F., México

+52 (442) 211 05 00 ext. 3450; [mbotello@cenam.mx](mailto:mbotello@cenam.mx)

**Palabras clave:** radiofrecuencia, desacoplamiento de impedancia, incertidumbre, medición de potencia.

**Resumen:** En años recientes las regulaciones en materia de telecomunicaciones y de compatibilidad electromagnética (EMC) para la homologación de productos eléctricos, electrónicos y de telecomunicaciones han tenido un auge muy importante en México, originando el establecimiento y desarrollo de nuevos laboratorios de pruebas de EMC y de calibración de magnitudes de radiofrecuencias (RF). La implementación de estas regulaciones requiere no sólo de instalaciones e instrumentos de medición sofisticados, sino también de personal con fundamentos de fenómenos de propagación de señales de RF, principalmente en lo referente a desacoplamientos o desadaptación de impedancias (*M – mismatch, por su significado en inglés*) entre los componentes de los sistemas de medición.

La evaluación correcta de los errores de medición debidos a los desacoplamientos de impedancias entre los componentes y equipos, así como la correcta estimación de su incertidumbre permiten realizar mediciones de magnitudes de RF con mayor precisión y exactitud. Los desacoplamientos de impedancia se producen como consecuencia de las múltiples reflexiones presentes en una línea de transmisión cuando sus extremos son terminados con componentes cuyas impedancias son distintas de la impedancia característica de la línea de transmisión ( $Z_0$ ). El desacoplamiento de impedancias entre componentes de RF, principalmente en frecuencias entre 10 MHz y 110 GHz, representa una de las principales fuentes de error en las mediciones de nivel de potencia de RF que comúnmente se realizan en laboratorios de calibración y medición de magnitudes de RF; así como la segunda fuente de incertidumbre de esas mediciones.

Los desacoplamientos se pueden estimar de manera exacta si se conoce el coeficiente de reflexión ( $\Gamma$ ) de los componentes de RF, el  $\Gamma$  es una magnitud compleja (bidimensional) con una componente de amplitud ( $|\Gamma|$ ) y otra de fase ( $\angle \Gamma$ ). En la práctica, muchas veces se desconoce el valor de la fase de  $\Gamma$ , en estas circunstancias únicamente es posible estimar los límites máximos de variación del  $M$ , los cuales se pueden considerar como una componente de incertidumbre en la medición del nivel de potencia de RF.

En el presente trabajo se presenta una revisión de los modelos, presentes en la literatura abierta, para estimar de manera exacta y aproximada el desacoplamiento de impedancias en las mediciones de potencia de RF; así como, la estimación de incertidumbre asociada con cada uno de los modelos presentados. Adicionalmente, se analizan diversos arreglos de medición de nivel de potencia de RF comúnmente utilizados en laboratorios de calibración y de pruebas de magnitudes de RF como ejemplos de referencia para la estimación de la incertidumbre cuando se realizan mediciones del nivel de potencia de RF.