



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Se alcanzó el objetivo fundamental de este trabajo que consistió en realizar un estudio sobre la invariancia electromagnética ante la reversión temporal usando el método FDTD.

A lo largo de este trabajo se llegaron a determinar los parámetros que influyen en el fenómeno de la reversión temporal, los cuales son: número de elementos que conforman el espejo de la reversión temporal, presencia de condiciones absorbentes, el número de “time-steps” en la simulación numérica, presencia de una pared metálica con una apertura, posicionamiento de los elementos del espejo y posicionamiento de los objetos del medio. Específicamente se observó una ganancia de la amplitud del campo eléctrico de 16.5 [dB] al pasar de un elemento del espejo a ocho. Se pudo demostrar también que la presencia de un material absorbente PML en la frontera, en comparación de un material perfectamente conductor que ocasione múltiples reflexiones, degrada entre 16.5 [dB] y 17.7 [dB] la amplitud de enfoque. Con respecto al tiempo de simulación fue posible determinar que un mayor tiempo de simulación impacta directamente en la amplitud del enfoque al haberse obtenido una ganancia de enfoque de 12.4[dB] para 800 time-steps y 20.2[dB] para 1500 time-steps que se simularon como máximo. Para el experimento de la apertura se pudo observar que conforme se aumenta la apertura en la pared metálica la amplitud de enfoque aumenta gradualmente desde 0 hasta 4.7 en su máxima apertura, y que se traduce en 13.4 [dB].

En el caso de la posición de los elementos del espejo fue posible observar cualitativamente que su localización tiene gran influencia en la certeza con la que se determina el punto de enfoque, para evitar múltiples soluciones que causen ambigüedad.



FACULTAD DE INGENIERÍA

En un caso más realista se modeló un experimento de reversión temporal en una oficina y se determinó que la presencia de los objetos cotidianos más que constituirse como obstáculos, son favorecedores para aumentar la amplitud de enfoque. Un primer experimento arrojó como conclusión que diferentes posiciones de los elementos del espejo pueden representar hasta 6.3 [dB] de diferencia. En un segundo experimento se constató que diferentes distribuciones espaciales de los objetos pueden representar hasta una ganancia de 1.5 [dB] con respecto a una distribución y otra.

En el último experimento se hizo una verificación del fenómeno de super resolución, llegándose a demostrar una resolución del enfoque de 1.5 [cm] que es mayor que la que para este caso predecía el límite clásico de 2 [cm].

En este trabajo se lograron presentar los antecedentes más importantes de la teoría electromagnética en los que se fundamenta el método FDTD y la reversión temporal.

Se codificaron y ejecutaron en Matlab los diversos escenarios que permitieron estudiar el problema de la reversión temporal electromagnética. Las características propias del método utilizado FDTD, por ejemplo su capacidad de generar animaciones y su característica intrínseca de ser en el dominio del tiempo, lo hicieron una herramienta muy apropiada para analizar y visualizar con detalle el problema de la reversión temporal. Adicionalmente se mostró que con FDTD es posible llevar a cabo análisis numérico de campos electromagnéticos con un alto grado de exactitud, por ejemplo en la validación del método se alcanzó un máximo porcentaje de error de exactitud de 0.68%.

Se espera que este trabajo pueda ser una referencia para todo aquel que se inicie en el manejo y desarrollo de códigos de FDTD. Este método puede ser aplicado en diversas áreas de la ingeniería eléctrica donde se requiera una solución completa de los campos electromagnéticos.



FACULTAD DE INGENIERÍA

Los resultados obtenidos sugieren estudios futuros de la reversión temporal en medios descritos por propiedades estadísticas, aplicaciones en comunicaciones inalámbricas, y sistemas crípticos, donde sería atractivo explotar la capacidad sobresaliente de alta resolución de enfoque. Se sugiere el futuro análisis del fenómeno con equipo y técnicas de cómputo de alto rendimiento para poder obtener soluciones más extensas y en menos tiempo.