

**PROPAGACIÓN DE ONDAS
ELECTROMAGNÉTICAS EN ZONAS
MONTAÑOSAS Y SU EFECTO EN LOS
SISTEMAS DE LOCALIZACIÓN DE RAYOS**

Juan Diego Pulgarín Rivera
jdpulgarin@uninorte.edu.co

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA



Contenido

1. Introducción

2. Metodología

3. Ejemplos

3.1 Validación

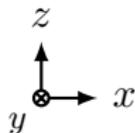
3.2 Casos reales

4. Aplicaciones

INTRODUCCIÓN

¿Cuál es el problema?

$$\text{Ionósfera, } \sigma(h) = \sigma_0 e^{\beta(h-h')}$$



Espacio vacío, $\mu = \mu_0$, $\epsilon = \epsilon_0$

Transmisor (T)

Receptor (R)

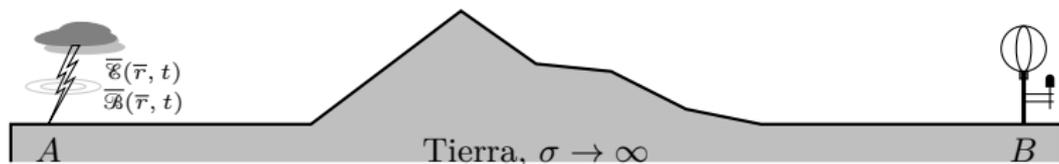


Figure 1: Propagación de pulso electromagnético en la guía de onda Tierra-Ionósfera con presencia de suelo irregular.

Motivación

Hipótesis: Hay una hipótesis fuerte en la literatura científica (Cummins & Murphy, 2009):

1. Mejora en la LA de LLS en un factor de dos. Por ejemplo, de 1000 m a 500 m de error.
2. Se podría obtener una LA de ~ 200 m. Actualmente se han logrado valores tan pequeños como 500 m en USA y Europa.
3. Mejor estimación de los valores pico de corriente y mejor estimación de parámetros de rayo en general.

Relevancia en Colombia:

1. Un país con una de las actividades atmosféricas más altas del planeta.
2. Ningún país de Europa ni los USA presentan cadenas montañosas como la Cordillera de los Andes. Montañas de más de 5000 m de altura vs. ondas de rayo con longitudes de onda kilométricas.
3. Desempeño pobre de los LLS en Colombia, en comparación con USA y Europa.

METODOLOGÍA

Discretización FDTD y suposiciones

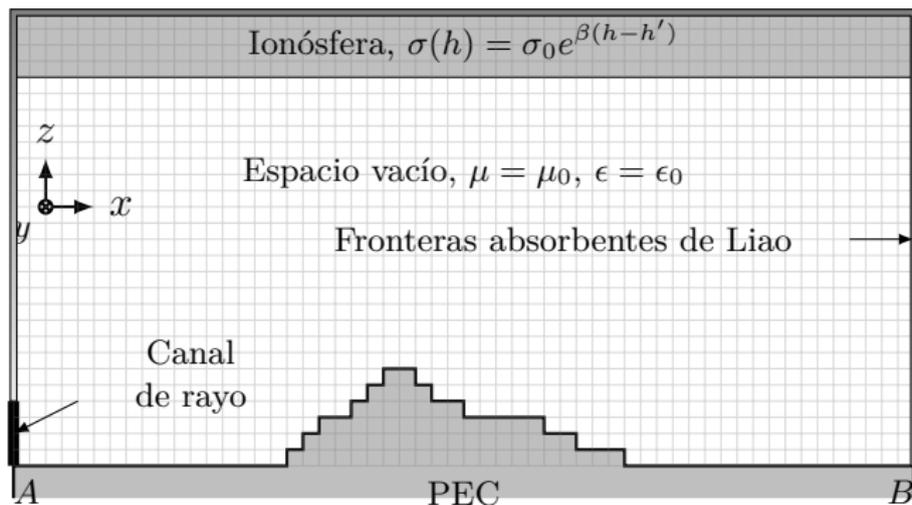


Figure 2: Geometría del problema y discretización.

- Fuente puede adaptar modelos de descarga de retorno: TL, MTLL o MTLE.
- Tierra irregular y $\sigma \rightarrow \infty$.
- Atmósfera con conductividad finita.
- Fronteras absorbentes de Liao de segundo orden.

¿Por qué aproximación 2D?

Las condiciones de precisión y estabilidad del método FDTD son:

- La precisión depende del tamaño de las celdas del enmallado, con relación a la longitud de onda más pequeña.

$$\Delta r = \Delta z = \frac{\lambda}{20}.$$

- La estabilidad está descrita por la condición de Courant-Friedrichs-Lewy (CFL): la información no puede viajar más de una celda del enmallado durante un paso del tiempo de simulación.

$$\Delta t = \frac{\Delta r}{2c}.$$

Ejemplo: si la longitud de onda de la fuente es $\lambda = 1000$ m, la distancia de propagación es 300 km y el tiempo de simulación es 1500μ s, un arreglo de información para la aproximación 2D requeriría $6000 \times 1600 \times 18000$ celdas ≈ 172.8 G celdas. La RAM sería 172.8 G cells $\times 8$ bytes ≈ 1.38 TB.

EJEMPLOS

Contenido

1. Introducción

2. Metodología

3. Ejemplos

3.1 Validación

3.2 Casos reales

4. Aplicaciones

Efecto de altura del obstáculo

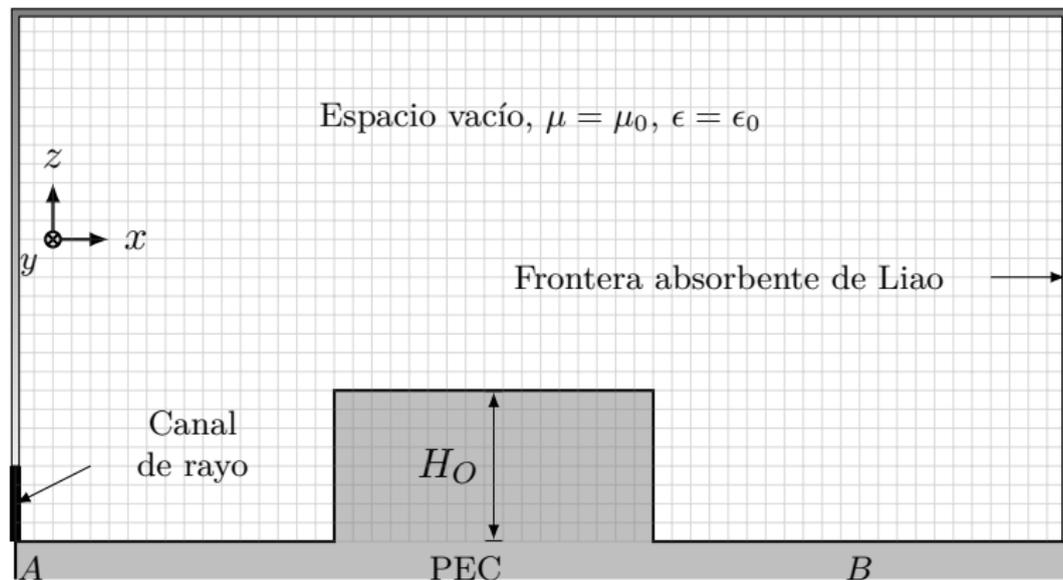


Figure 3: Escenario de simulación para probar efecto de altura del obstáculo.

Efecto de la altura del obstáculo

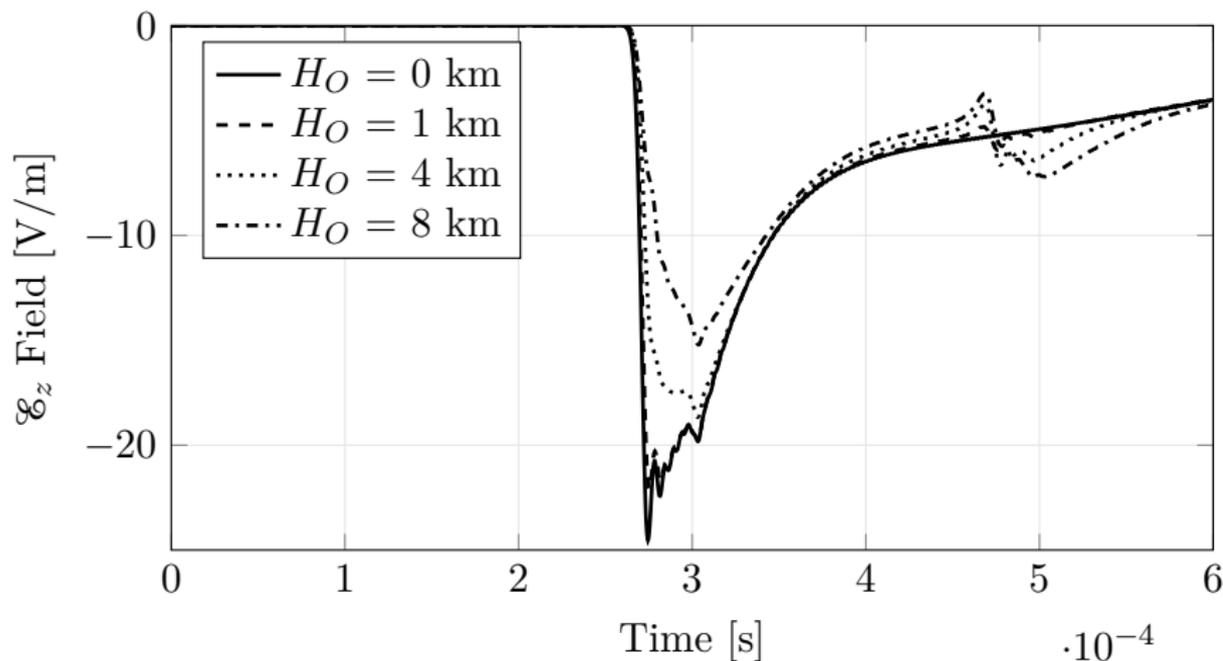


Figure 4: Propagación en el espacio vacío con obstáculo rectangular de diferentes alturas. Longitud de onda de la fuente $\lambda \approx 1000$ m.

Contenido

1. Introducción

2. Metodología

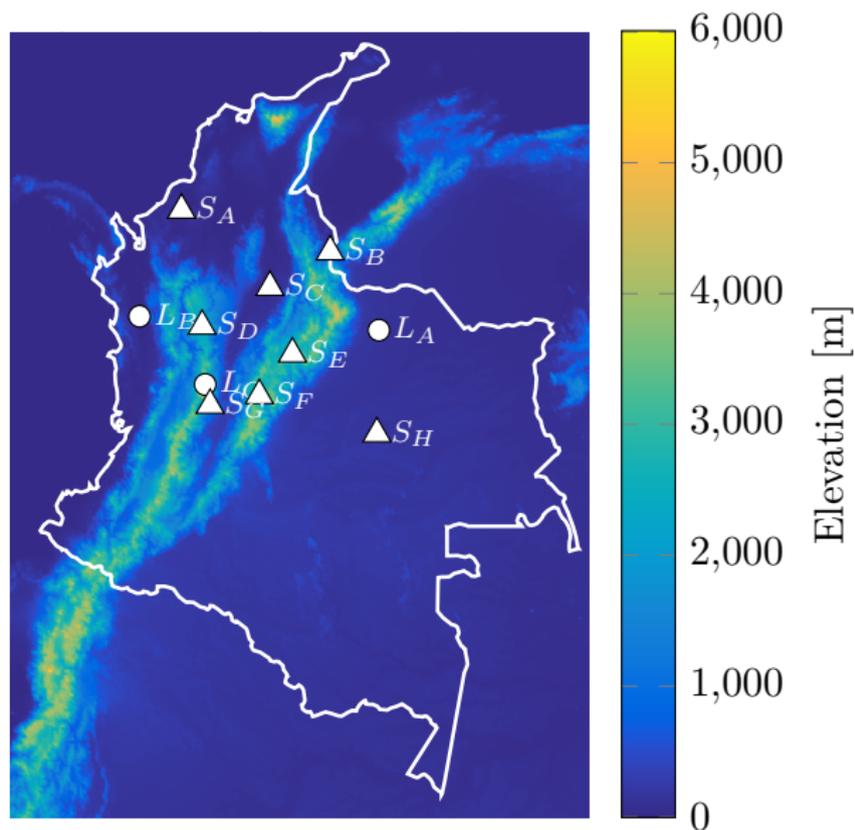
3. Ejemplos

3.1 Validación

3.2 Casos reales

4. Aplicaciones

Casos



Perfil real de relieve. Caso P_1

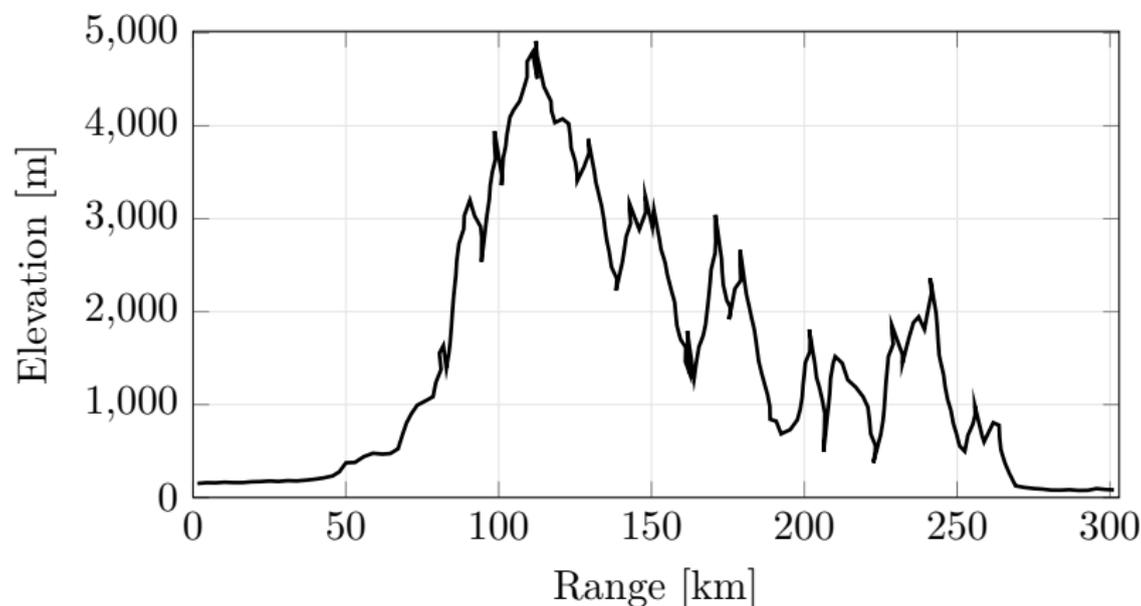


Figure 5: Case P_1 : Rayo 01 \rightarrow Sensor 04.

Perfil real de relieve. Caso P_1

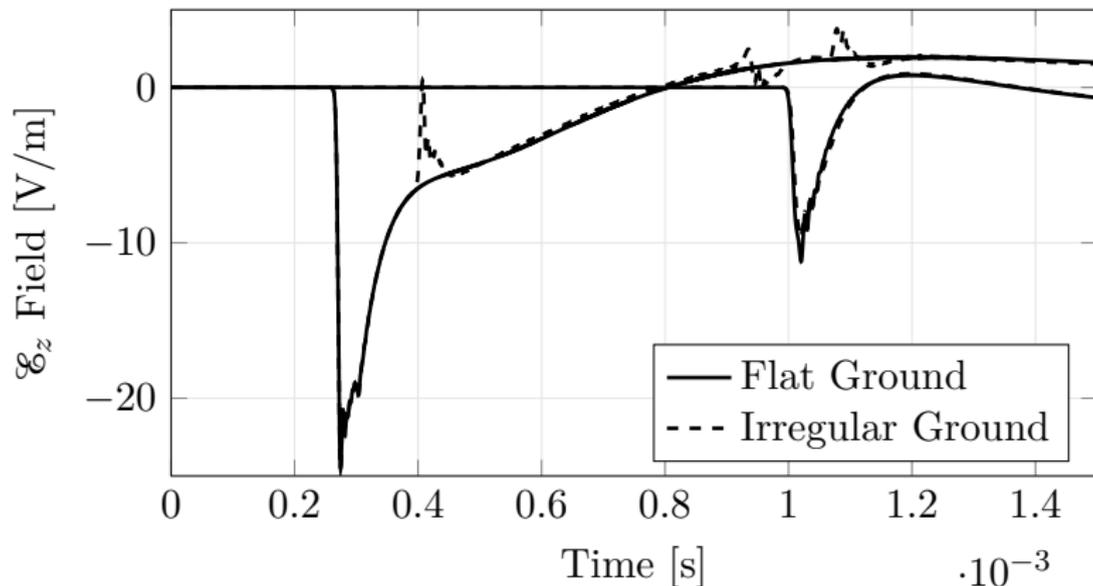


Figure 6: Intensidad de campo eléctrico a 80 km y 300 km de la descarga. Longitud de onda de la fuente $\lambda \approx 5000$ m.

Perfil real de relieve. Caso P_2

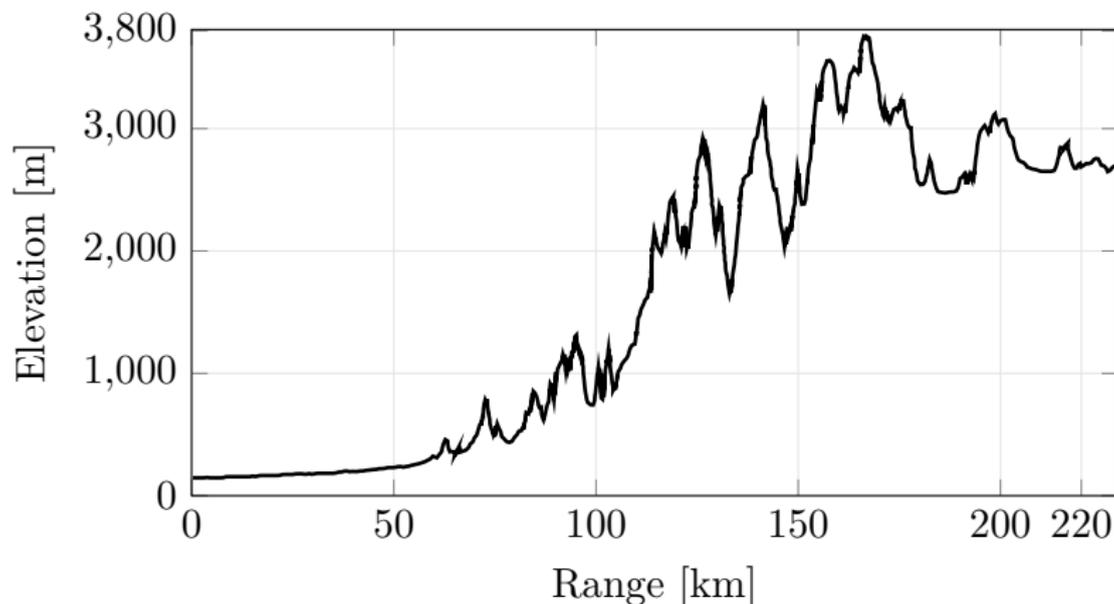


Figure 7: Case P_2 : Rayo 01 \rightarrow Sensor 06.

Perfil real de relieve. Caso P_2

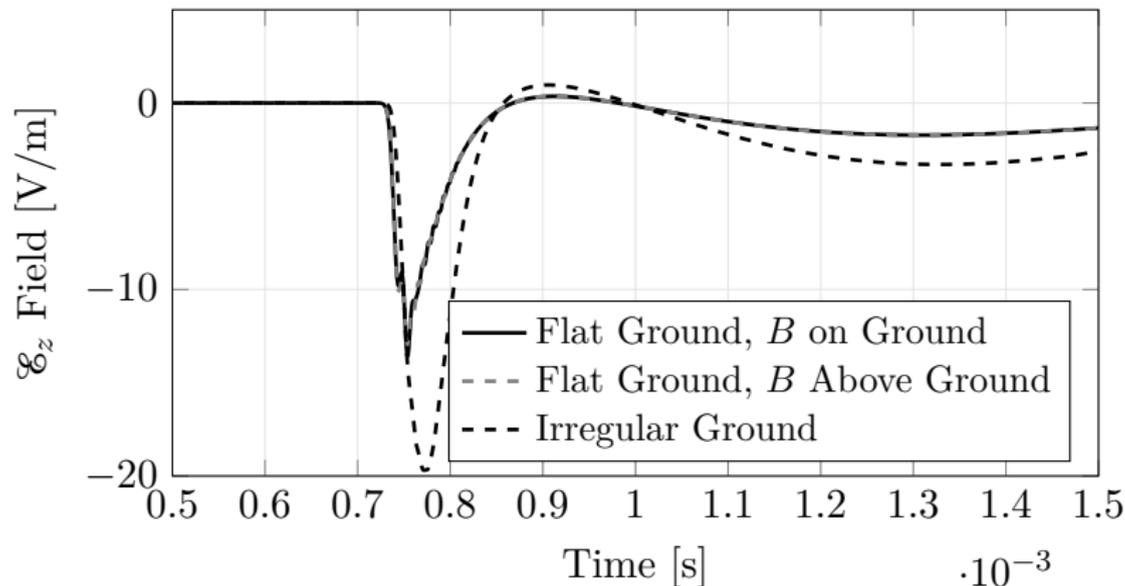


Figure 8: Intensidad de campo eléctrico a 220 km de la descarga. Longitud de onda de la fuente $\lambda \approx 5000$ m.

Perfil real de relieve. Caso P_3

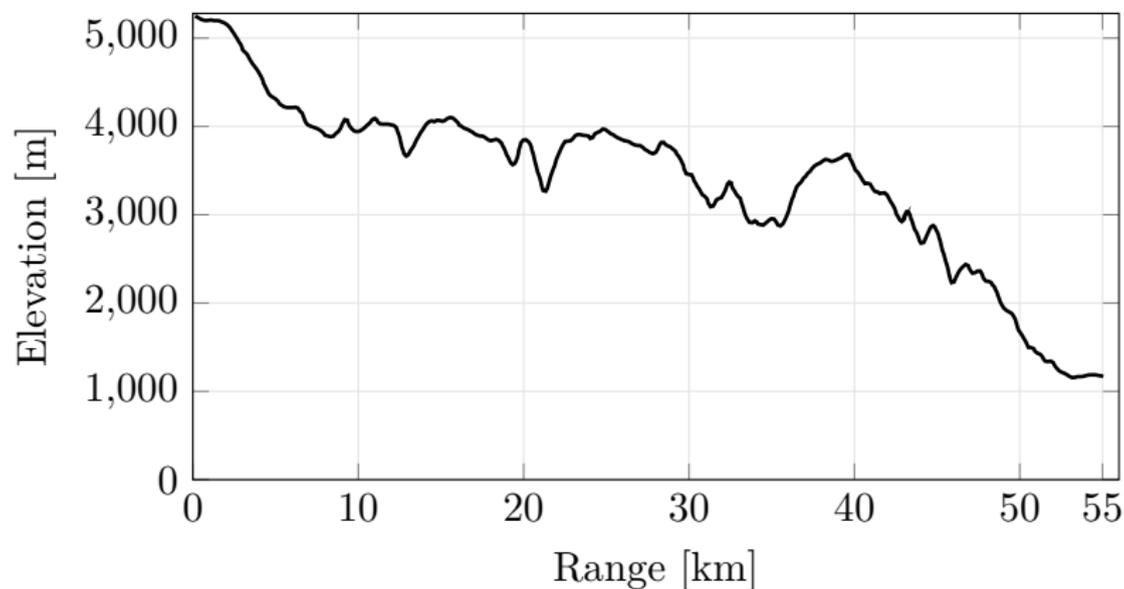


Figure 9: Case P_3 : Rayo 03 \rightarrow Sensor 08.

Perfil real de relieve. Caso P_3

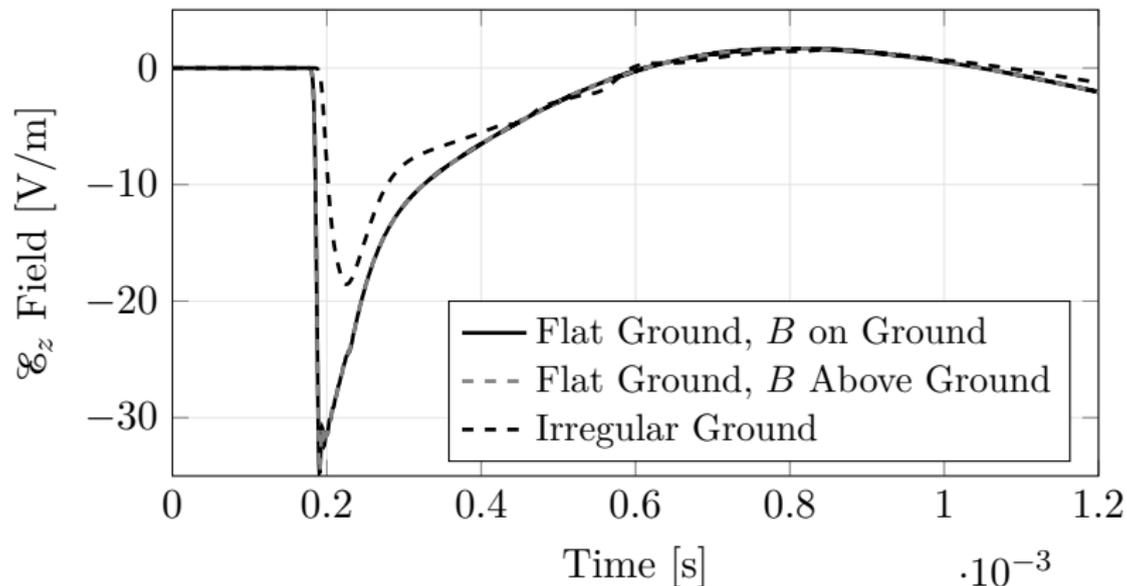


Figure 10: Intensidad de campo eléctrico a 55 km de la descarga. Longitud de onda de la fuente $\lambda \approx 5000$ m.

APLICACIONES

Algunas aplicaciones

- Mejor estimación de parámetros obtenidos con LLS.
- Mejor precisión de localización (faltan pruebas).
- El modelo numérico permite la planificación de sistemas de localización en zonas montañosas (Colombia).

GRACIAS