

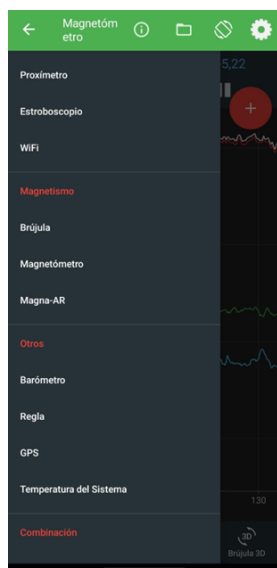
## Medición del campo magnético terrestre usando un smartphone

### 1 Toma de datos

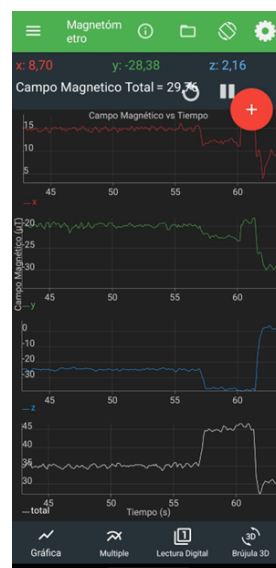
Para esta práctica es necesario tener instalado Physics Toolbox Sensor Suite en su teléfono celular. Asegúrese de que dentro del conjunto de sensores tenga disponible la brújula y el magnetómetro.

Importante: procure buscar un lugar que no tenga interferencia por parte de elementos que generen campos magnéticos, esto es, computadores, carros, líneas de transmisión eléctrica, etc.

1. Abra la aplicación Physics Toolbox Sensor Suite en su celular e identifique en la parte izquierda los sensores de magnetismo, esto es, brújula y magnetómetro (Figura 1a).



(a) Sensores magnéticos.



(b) Lectura de magnetometría.

Figura 1: Aplicación Physics Toolbox Sensor Suite para el smarthphone

2. Seleccione magnetómetro y en la parte inferior seleccione lectura múltiple para acceder a la lectura de los sensores (Figura 1b).
3. Ubicando el celular en una dirección aleatoria en coordenadas  $x$ ,  $y$  e  $z$ , encienda el magnetómetro, espere 30 segundos y tome los valores de campo magnético en dichas. Para esto, detenga la lectura usando el botón de pausa. **Repita este procedimiento 30 veces**, esto es, 30 coordenadas  $x$ ,  $y$  e  $z$  diferentes.

4. Ahora, usando la brújula de Physics Toolbox ubicar el norte (sur magnético), coloque su celular horizontalmente sobre una superficie estable apuntando en dicha dirección. Luego, rote (derecha o izquierda) ligeramente su teléfono hasta que el campo magnético en la componente en  $x$  sea lo más cercano a cero posible, usando el **botón rojo (+)** grabe sus datos durante 60 segundos para obtener la media de las otras componentes ( $y, z$ ).
5. Repita el procedimiento anterior, pero en este caso, dirija su teléfono en dirección al sur (norte magnético), lleve la componente  $x$  lo más cercano a cero y tome sus datos durante 60 segundos.

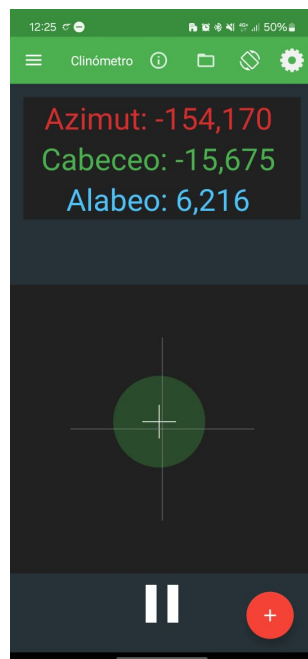


Figura 2: Herramienta clinómetro

6. Ubique de nuevo el norte (sur magnético), pero en este caso busque anular la componente en  $z$ , para esto incline su celular verticalmente, luego use la herramienta **clinómetro** (Figura 2). Determine el nuevo ángulo de inclinación (cabeceo). Repita este procedimiento en la dirección contraria sur (norte magnético).
7. Finalmente, use la función **GPS** para determinar los datos asociados latitud, longitud y altitud.

## 2 Análisis

Las líneas del campo magnético terrestre no son paralelas a la superficie, sino que varían en función de la latitud. El ángulo que forma una línea de campo magnético con el horizonte se denomina ángulo de inclinación magnética, específico de la ubicación concreta de la medición (Figura 3), mientras que la declinación está definida como la diferencia angular entre el norte geográfico verdadero y el magnético.

Vemos entonces que el campo magnético terrestre  $B_{earth}$  puede ser determinado a través del conocimiento de sus componentes horizontales ( $x$  e  $y$ ) y verticales ( $z$ ), teniendo que:

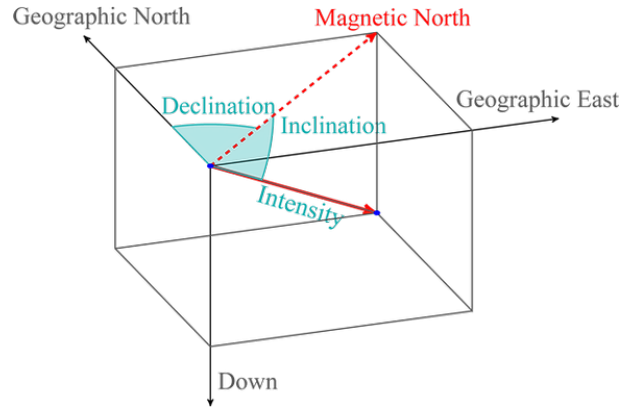


Figura 3: Componentes del campo magnético terrestre en función de las coordenadas (tomado de IEEE SiM).

$$B_{earth} = \sqrt{B_H^2 + B_V^2} = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}, \quad (1)$$

mientras que el ángulo asociado a la inclinación será entonces:

$$\tan \theta = \frac{|B_z|}{\sqrt{B_x^2 + B_y^2}} \quad (2)$$

## 2.1 Determinación del valor real

Usando la calculadora de campo magnético, entre los campos de latitud, longitud y altitud, para determinar el campo magnético y el ángulo de inclinación magnética. Utilice las predicciones del modelo WMM (2019-2024) (Figura 4).

Figura 4: Determinación del campo magnético usando las coordenadas del GPS

### 3 Actividad

1. Determine la media de sus datos y grafique los residuos de los datos con respecto a la media. ¿Son sus datos aleatorios? Si detecta algún valor sesgado que usted considere fue un error humano, retírelo, vuelva a determinar la media, los residuos, y vuelva a graficar (no borre la gráfica anterior para efectos de comparación).
2. Agrupe aleatoriamente los valores de campo magnético terrestre obtenidos en (1) en grupos de 5, 15 y 30 datos. Luego, realice los siguientes pasos con cada grupo:
  - (a) Determine el campo magnético terrestre promedio y el error estándar, esto es, para cada conjunto.
  - (b) En una misma figura grafique el valor promedio con barras de error de un error estándar, 3 errores estándar, y con la corrección de t-Student para una incerteza del 0.27%. Incluya en la gráfica el valor real. Analice y concluya sobre el resultado para cada grupo y cada error reportado.
3. Determine el porcentaje de error del valor central para cada grupo con respecto al valor esperado para Medellín. Analice y concluya.
4. Reporte el valor de campo magnético hallado con el menor error porcentual y con la corrección de t-Student para una incerteza del 0.27%
5. Usando los datos obtenidos en el numeral 4 y 5 de la sección de toma de datos, determine el valor del campo magnético terrestre usando la media entre la medida tomada  $B_{earth}^N$  (norte) y  $B_{earth}^S$  (sur). Determine el ángulo de inclinación y reporte sus datos con la incertidumbre.
6. Compare los datos de inclinación hallados usando el numeral anterior, con aquellos hallados llevando a cero la componente  $z$  y los teóricos. ¿Cuál es el mejor método?

Finalmente, ¿será posible hallar el ángulo de declinación? Describa brevemente un método experimental para encontrar dicho ángulo.