

DESVIACIÓN DE LA VERTICAL



Índice

1. Introducción	2
2. Fundamentos teóricos de la desviación de la vertical	2
3. Componentes de la desviación de la vertical.....	2
4. Métodos de determinación.....	3
4.1 Método astro-geodésico	3
4.2 Método gravimétrico	3
4.3 Métodos modernos integrados	3
5. Relación con el geoide y el elipsoide	3
6. Importancia en Geodesia y Topografía.....	4
7. Aplicaciones prácticas	4
8. Conclusiones.....	4
9. Anexo	5
10. Bibliografía.....	8

La desviación de la vertical: fundamentos geodésicos, determinación y aplicaciones en la Geodesia moderna

1. Introducción

La desviación de la vertical es un concepto fundamental de la **Geodesia física**, ya que describe la diferencia angular existente entre la dirección de la gravedad real y la normal al elipsoide de referencia. Este fenómeno refleja las irregularidades del campo gravitacional terrestre, causadas por la distribución heterogénea de masas en el interior y la superficie de la Tierra.

Desde una perspectiva geodésica, la desviación de la vertical constituye un elemento clave para la correcta vinculación entre observaciones astronómicas, mediciones topográficas y modelos geodésicos globales, permitiendo mejorar la precisión de los sistemas de referencia y del modelado del geoide.

2. Fundamentos teóricos de la desviación de la vertical

La **vertical física** en un punto de la superficie terrestre está definida por la dirección del vector de la gravedad, materializada por la línea de plomada. En contraste, la **vertical geodésica** corresponde a la normal al elipsoide de referencia en ese mismo punto.

La **desviación de la vertical** se define como el ángulo entre ambas direcciones y se debe principalmente a:

- Anomalías de densidad en la corteza terrestre
- Relieve topográfico
- Variaciones locales del campo gravitacional

Matemáticamente, este fenómeno evidencia que la Tierra no es un cuerpo homogéneo ni perfectamente elipsoidal.

3. Componentes de la desviación de la vertical

La desviación de la vertical se expresa mediante dos componentes angulares ortogonales:

- **Componente norte-sur (ξ):**
Diferencia entre la latitud astronómica y la latitud geodésica.
- **Componente este-oeste (η):**
Diferencia entre la longitud astronómica y la longitud geodésica, multiplicada por el coseno de la latitud.

Estas componentes permiten describir completamente la orientación real de la vertical en un punto dado.

4. Métodos de determinación

4.1 Método astro-geodésico

Este método se basa en la comparación directa entre:

- Coordenadas **astronómicas**, obtenidas mediante observaciones a estrellas (latitud y longitud astronómica).
- Coordenadas **geodésicas**, determinadas sobre el elipsoide mediante receptores GNSS.

La diferencia entre ambos conjuntos de coordenadas permite calcular las componentes ξ y η de la desviación de la vertical. Este método tiene gran valor histórico y científico, y sigue siendo una referencia para validaciones geodésicas.

4.2 Método gravimétrico

Utiliza observaciones de gravedad para inferir la forma del geoide y, a partir de sus gradientes, determinar la desviación de la vertical. Se fundamenta en la relación entre:

- Anomalías de gravedad
- Derivadas del potencial gravitacional

Este método es esencial en estudios regionales y en la construcción de modelos geoidales de alta resolución.

4.3 Métodos modernos integrados

Actualmente, la desviación de la vertical se determina combinando:

- Levantamientos con receptores geodésicos (GNSS)
- Modelos globales del campo gravitacional
- Observaciones gravimétricas terrestres y satelitales

Esta integración permite obtener resultados con precisión sub-segundo de arco, fundamentales para aplicaciones científicas y de ingeniería avanzada.

5. Relación con el geoide y el elipsoide

La desviación de la vertical está directamente relacionada con la **ondulación del geoide**, ya que la vertical física es siempre perpendicular a la superficie equipotencial del geoide. Por tanto:

- El **elipsoide** es una superficie matemática regular.
- El **geoide** representa el campo de gravedad real.

La desviación de la vertical es una manifestación local de la diferencia entre ambas superficies.

6. Importancia en Geodesia y Topografía

Desde el punto de vista geodésico, la desviación de la vertical es crucial para:

- La transformación precisa entre sistemas de coordenadas
- La corrección de observaciones astronómicas
- El ajuste de redes geodésicas y topográficas
- La nivelación de alta precisión

En topografía, su influencia es notable en levantamientos extensos y en obras de gran escala.

7. Aplicaciones prácticas

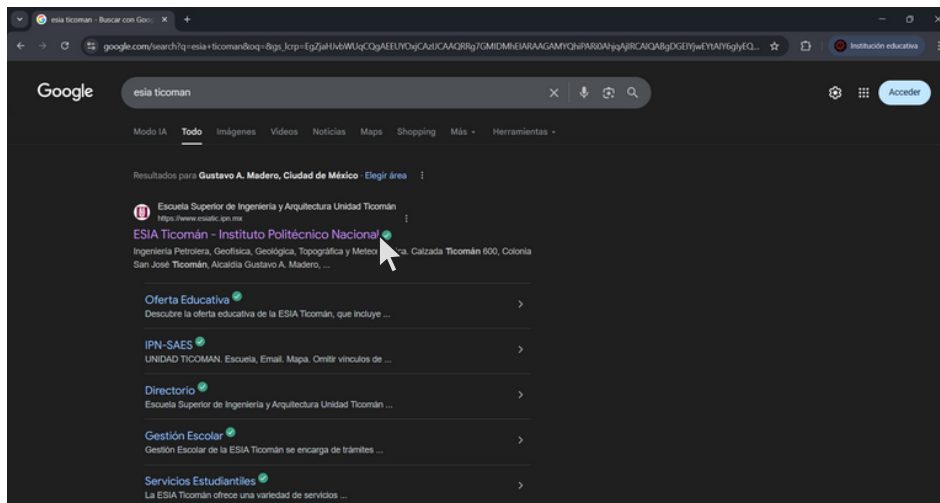
- Modelado del geoide local y regional
- Estudios tectónicos y geodinámicos
- Geodesia satelital y validación de modelos globales
- Calibración de instrumentos astronómicos y geodésicos

8. Conclusiones

La desviación de la vertical es un fenómeno geodésico esencial que refleja la complejidad del campo gravitacional terrestre. Su correcta determinación permite vincular de manera coherente las mediciones astronómicas, gravimétricas y geodésicas, contribuyendo significativamente a la precisión de los sistemas de referencia modernos. Desde la Geodesia física, este concepto no solo tiene relevancia teórica, sino también un impacto directo en aplicaciones científicas y de ingeniería.

9. ANEXO

1. Desde nuestro navegador de confianza accedemos al portal de la ESIA Ticomán

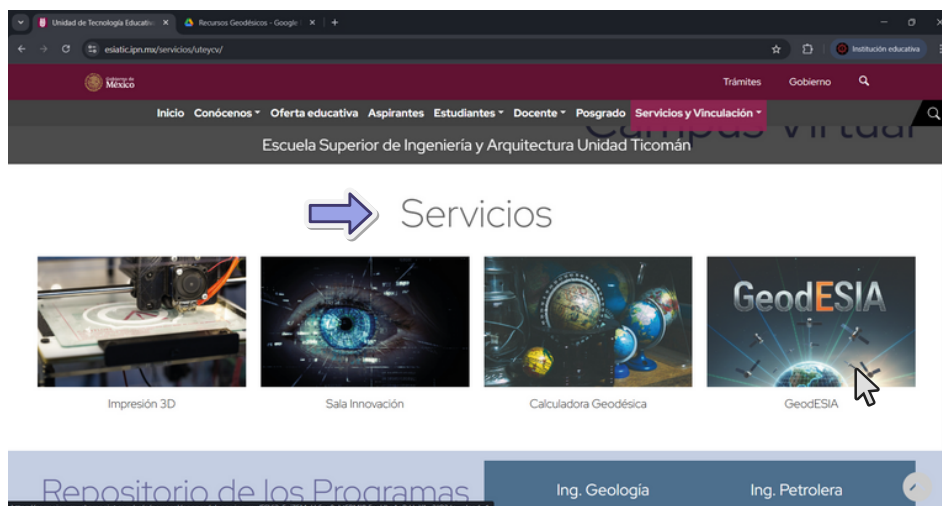


➡ (https://www.esiatic.ipn.mx/)

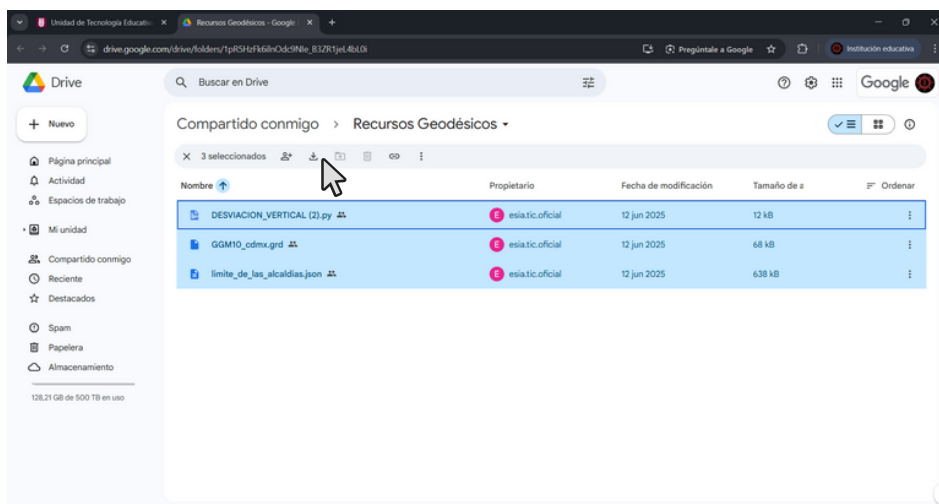
2. En la pestaña de servicios y vinculación daremos clic para que aparezca el menú desplegable y seleccionaremos la pestaña de Unidad Tecnología.



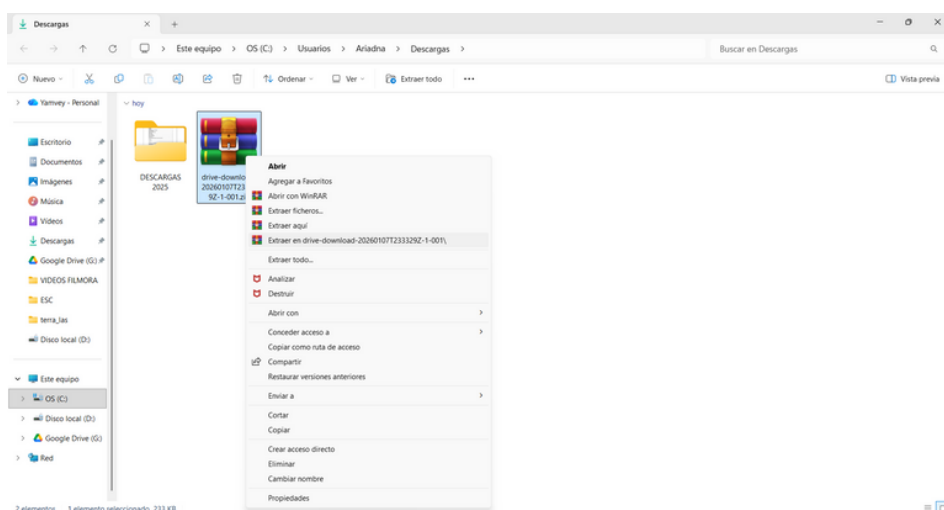
3. Deslizamos hacia abajo hasta encontrar el apartado de "SERVICIOS" en daremos clic en el apartado de GeodESIA, el cual nos redireccionará a una pagina nueva en google drive



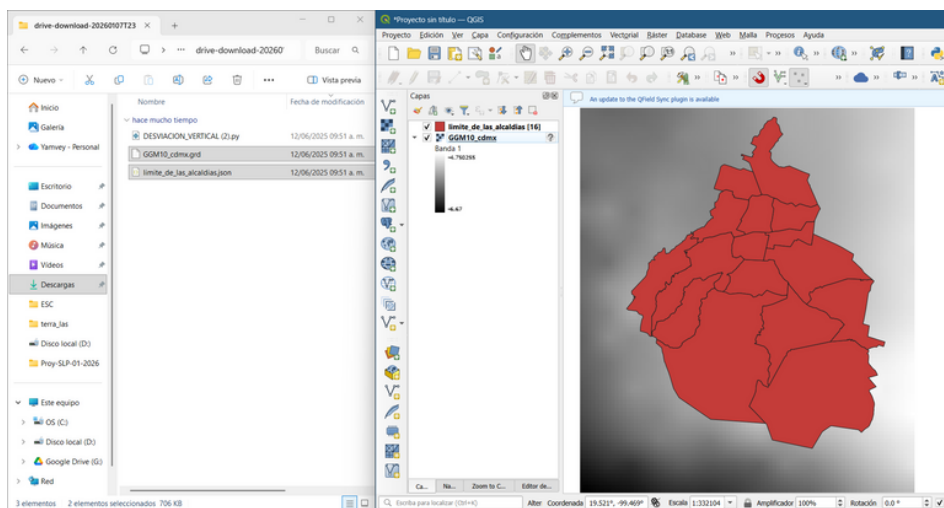
4. Seleccionamos todos los archivos y procedemos a descárgalos



5. Una vez descargados procedemos a descomprimir la carpeta para poder utilizar los archivos necesarios para el cálculo de la desviación de la vertical

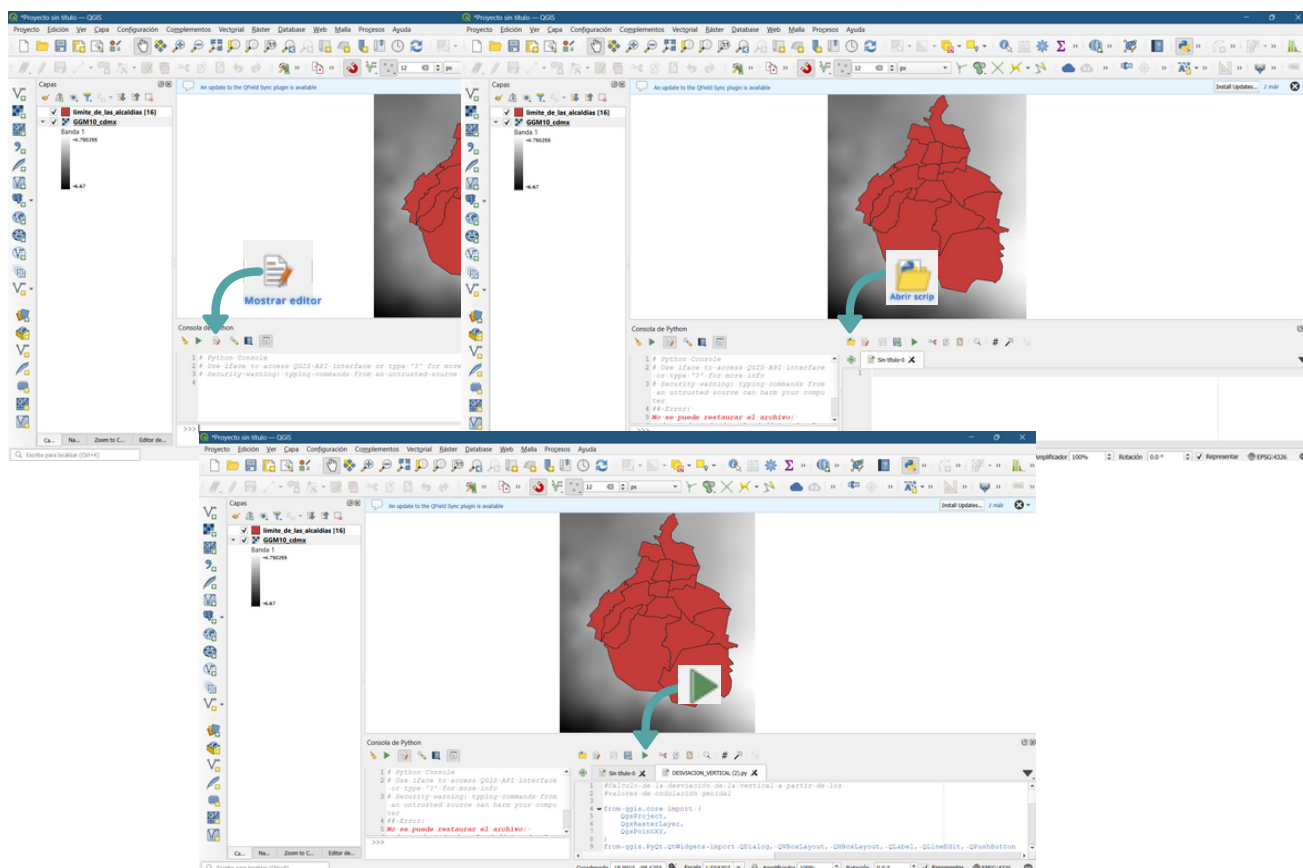


6. Una vez tengamos los archivos disponibles, procedemos a abrir QGIS, para cargar e iniciar el cálculo.

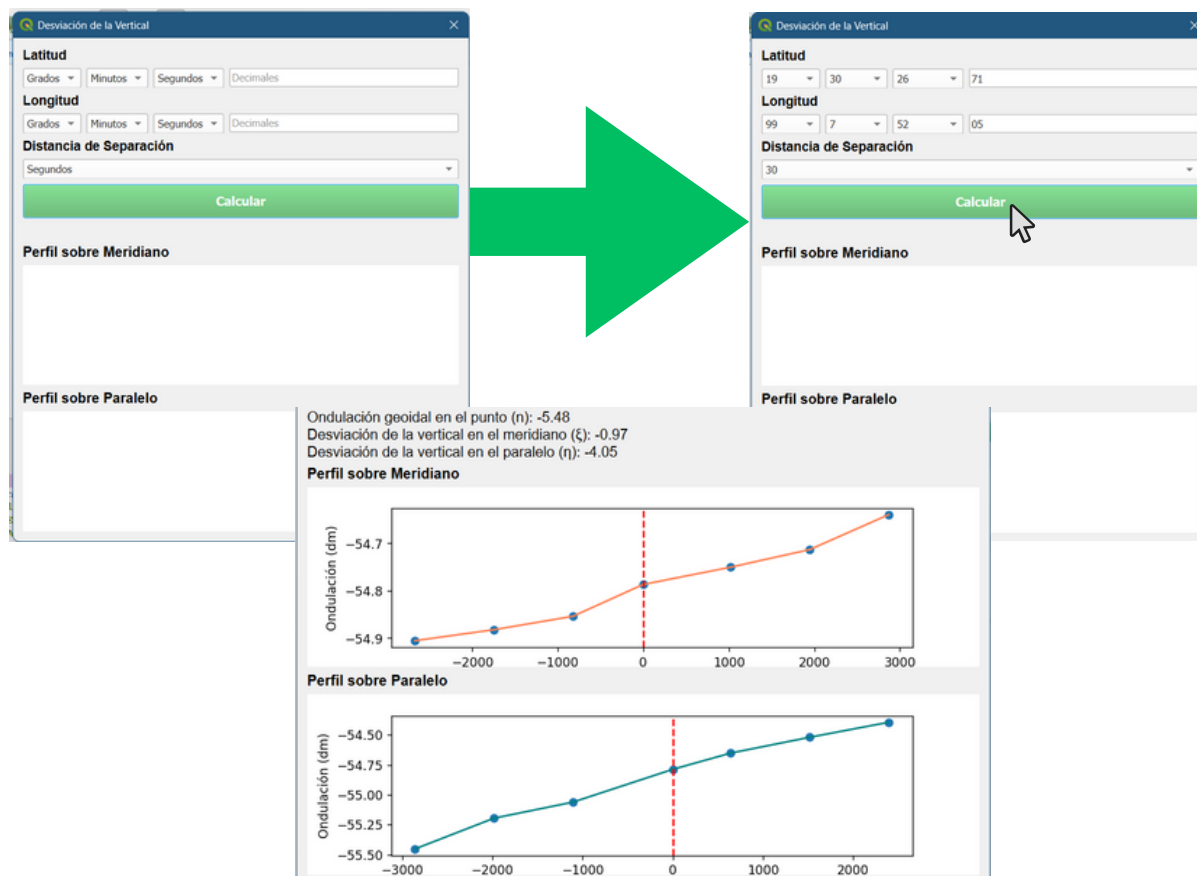


Para abrir las capas puedes arrastrarlas directamente a la interfaz de QGIS.

7. Abrimos la consola de Python, damos clic en Mostrar editor, después en Abrir scrip y buscamos el archivo DESVIACION_VERTICAL (2).py y pulsamos RUN



8. Al ejecutar el código nos mostrará la consola de Desviación de la vertical donde procederemos a insertar Latitud, Longitud y la separación en distancia de Arco del punto de interés



10. Bibliografía

Heiskanen, W. A., & Moritz, H. (1967). *Physical geodesy*. W. H. Freeman and Company.

Hofmann-Wellenhof, B., & Moritz, H. (2006). *Physical geodesy* (2nd ed.). Springer.

Torge, W., & Müller, J. (2012). *Geodesy* (4th ed.). De Gruyter.

Vaníček, P., & Krakiwsky, E. J. (1986). *Geodesy: The concepts* (2nd ed.). Elsevier.

Barrera Trejo, F. (2020). *Geodesia Física*, sin editorial.