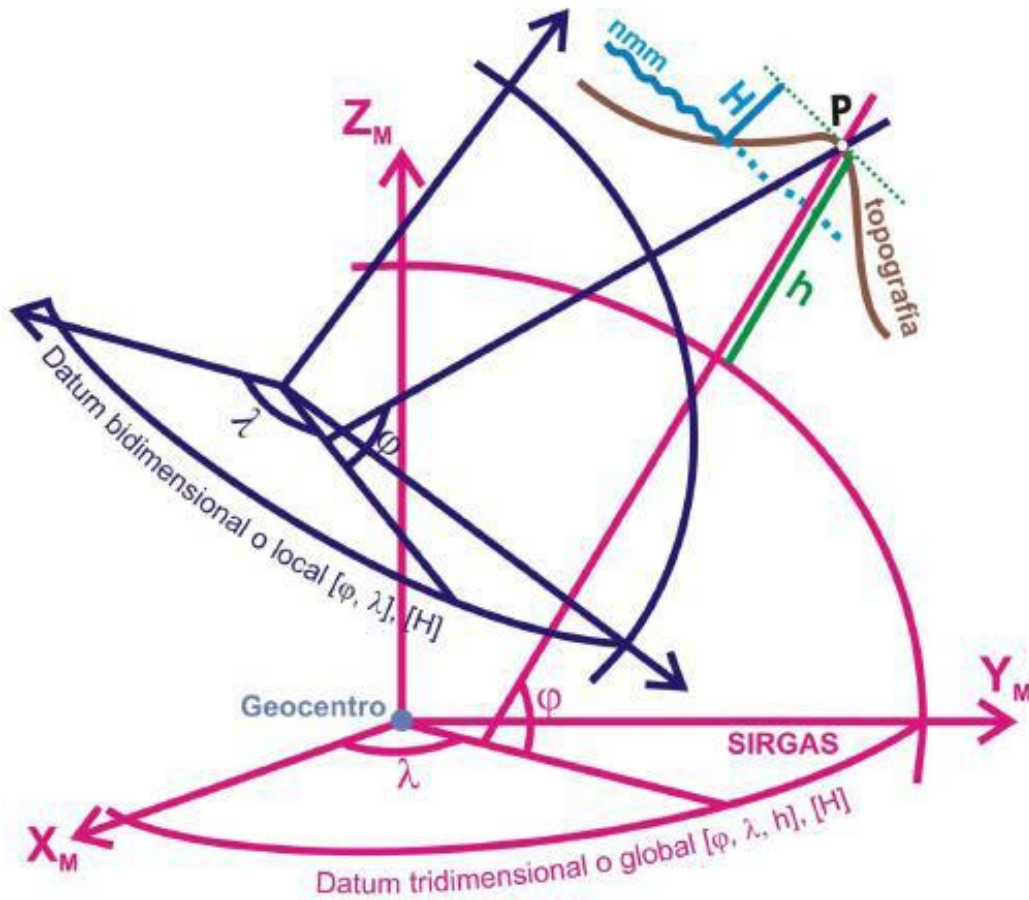


¿Qué altura medimos?



Geodesia clásica:

- independiente de la posición horizontal
- nivel medio del mar (geoide)
- nivelación geométrica

Geodesia moderna:

- determinación simultánea con la posición horizontal
- elipsoide de referencia
- posicionamiento GNSS (p. ej. GPS)



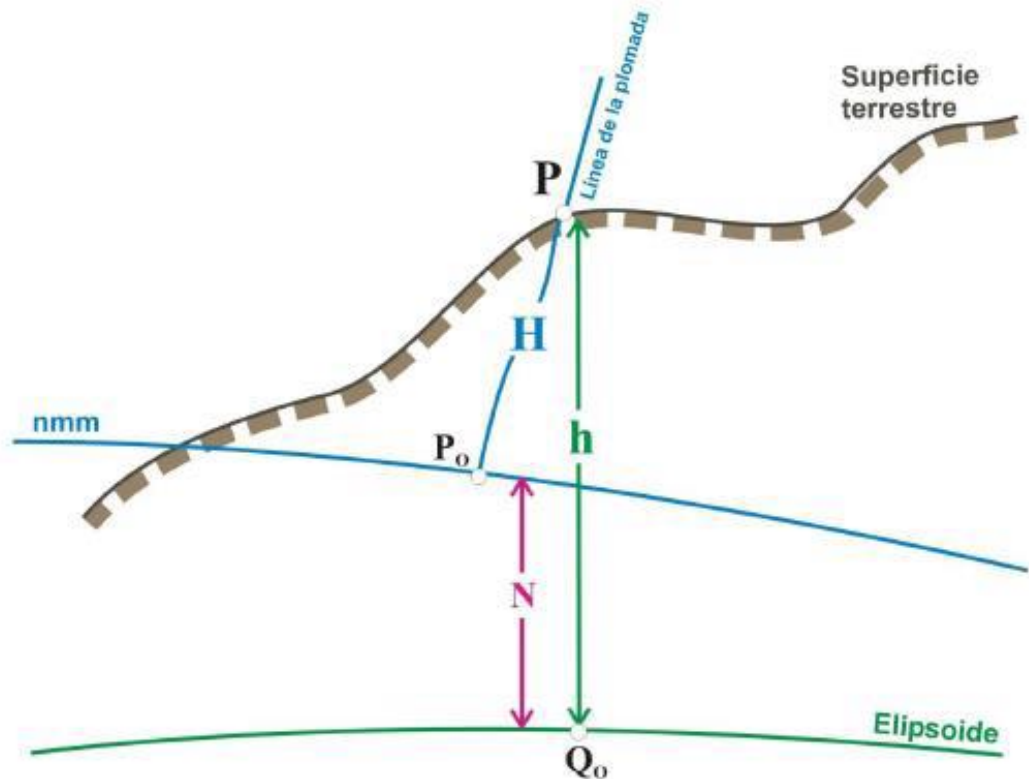
ALTURA: (definición DRAE) Distancia vertical de un cuerpo respecto a la tierra o a cualquier otra superficie tomada como referencia (altitud, si la superficie de referencia es el nivel del mar).

Nivel de mar (geoide)
→ altura física H

Elipsoide
→ altura elipsoidal h

Relación entre H y h :
GEOIDE N
($-100 \text{ m} < N < 100 \text{ m}$)

$$h = H + N$$



Tipos de altura en Geodesia:

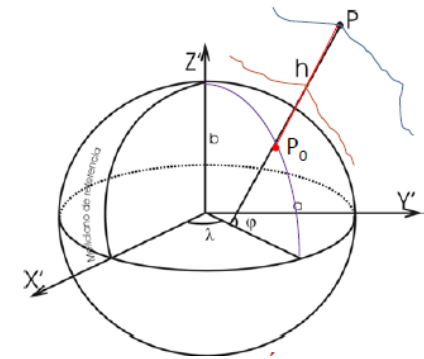
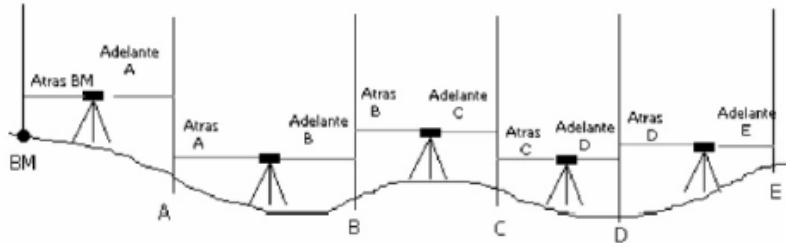
*Alturas Físicas

$$\text{altura}(H) = \frac{\text{numero.geopotencial}(C)}{\text{valor.de.gravedad}(G)}$$

Alturas dinámicas
Alturas normales
Alturas ortométricas

*Altura Geométricas

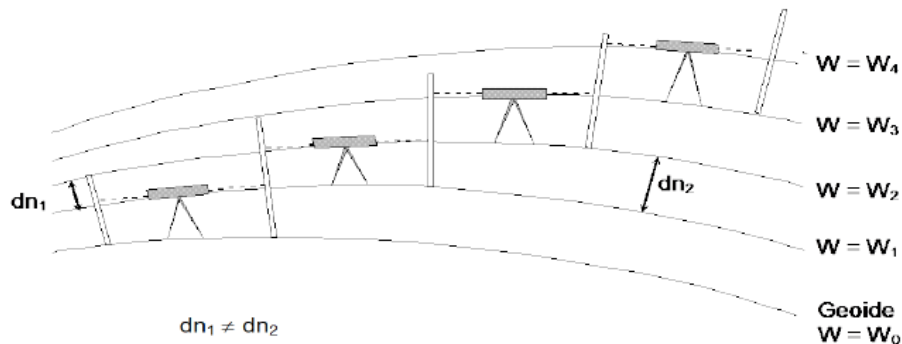
Alturas niveladas
Alturas elipsoidales



TIPOS de ALTURAS

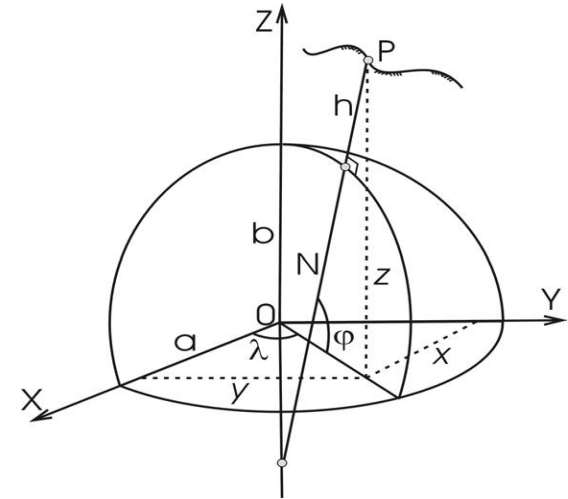
ALTURAS DE TIPO GEOMÉTRICO

Alturas Niveladas



- Se determinan dH entre puntos **con Nivel**
- Dependen del trayecto seguido en el proceso de medición

Alturas Elipsoidales



- Se determinan los valores de h **con GPS**
- No dependen del campo de gravedad, son puramente geométricas

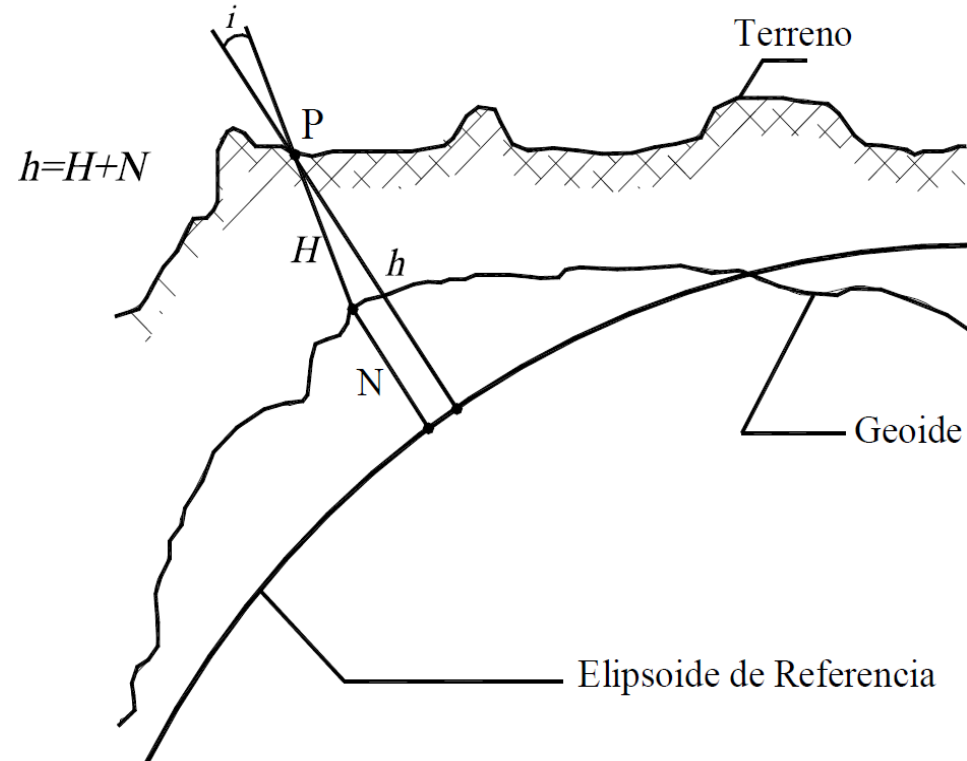
ALTURA

Tipos de alturas en Geodesia:

Altura elipsoidal (h): distancia entre el punto y el elipsoide, medido sobre la normal del punto.

Altura ortométrica (H): distancia entre el punto y el geoide, medido sobre la vertical del punto.

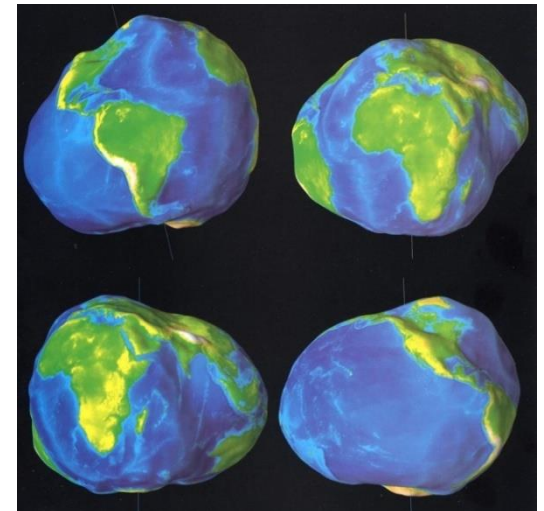
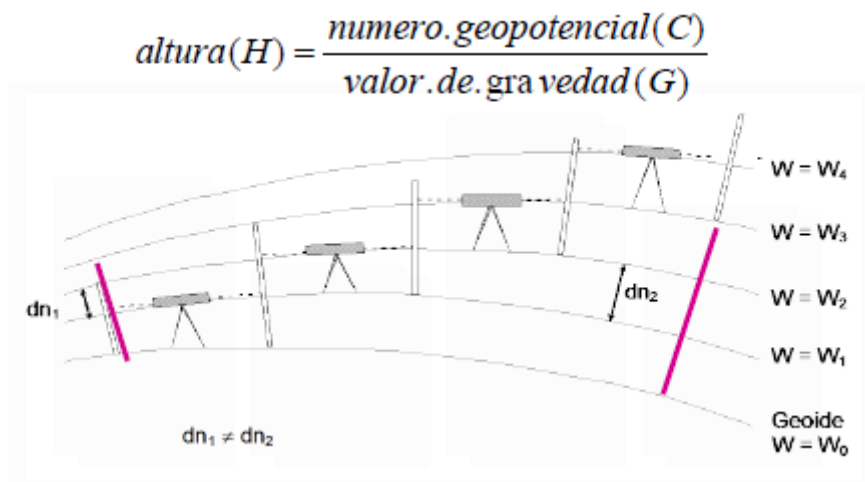
Altura geoidal (N): diferencia entre geoide y elipsoide



ALTURA

Hoy en día la **altura elipsoidal** se obtiene mediante técnicas de posicionamiento satelital **GNSS**.

La **altura ortométrica**, se calcula a partir de mediciones del potencial de gravedad y/o **modelos geoidales**.



¿Es valida la relación $h=H+N$?

$$\Delta h = \Delta H + \Delta N$$

N surge de Modelo Geoidales p.e. globales (EGM08)

Existen refinamientos locales de esos modelos

El error esperable del EGM08 es del orden de los 50 cm

Obviamente el error de ΔN es de un orden menor y depende de la distancia entre los puntos a aplicar, y del recorrido que realice

La nivelación Trigonométrica tiene los mismos problemas que la nivelación con GNSS ya que la ondulación del geoide le afecta y no se puede corregir
No es valido corregir por curvatura $e=d^2/2r$ ya que r debe ser el radio de curvatura del geoide en ese lugar varia y en general es desconocido

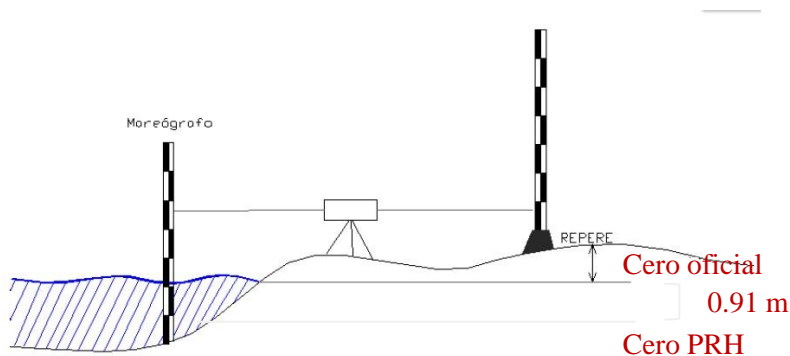
ALTURAS en Uruguay

En URUGUAY se definen las alturas oficiales por decreto.

Se crean dos "superficies oficiales”:

*CERO OFICIAL: Nivel medio de las aguas del Puerto de Montevideo, pasa 22.97 m por debajo del marcador Cabildo.

*CERO WARTHON: cero de escalas hidrométricas, se encuentra a 23.88 m por debajo del Cabildo.



MODELO DE ALTURAS IM



— Puede ingresar los datos manualmente:

Latitud:

Grados:	-34	Minutos:	53	Segundos:	17.95
---------	-----	----------	----	-----------	-------

Longitud:

Grados:	-56	Minutos:	15	Segundos:	35.57
---------	-----	----------	----	-----------	-------

Altura Elipsoidal:	158.083	Altura Ortométrica:	143.175
---------------------------	---------	----------------------------	---------

Calcular

Limpiar

Convertor de coordenadas geográficas

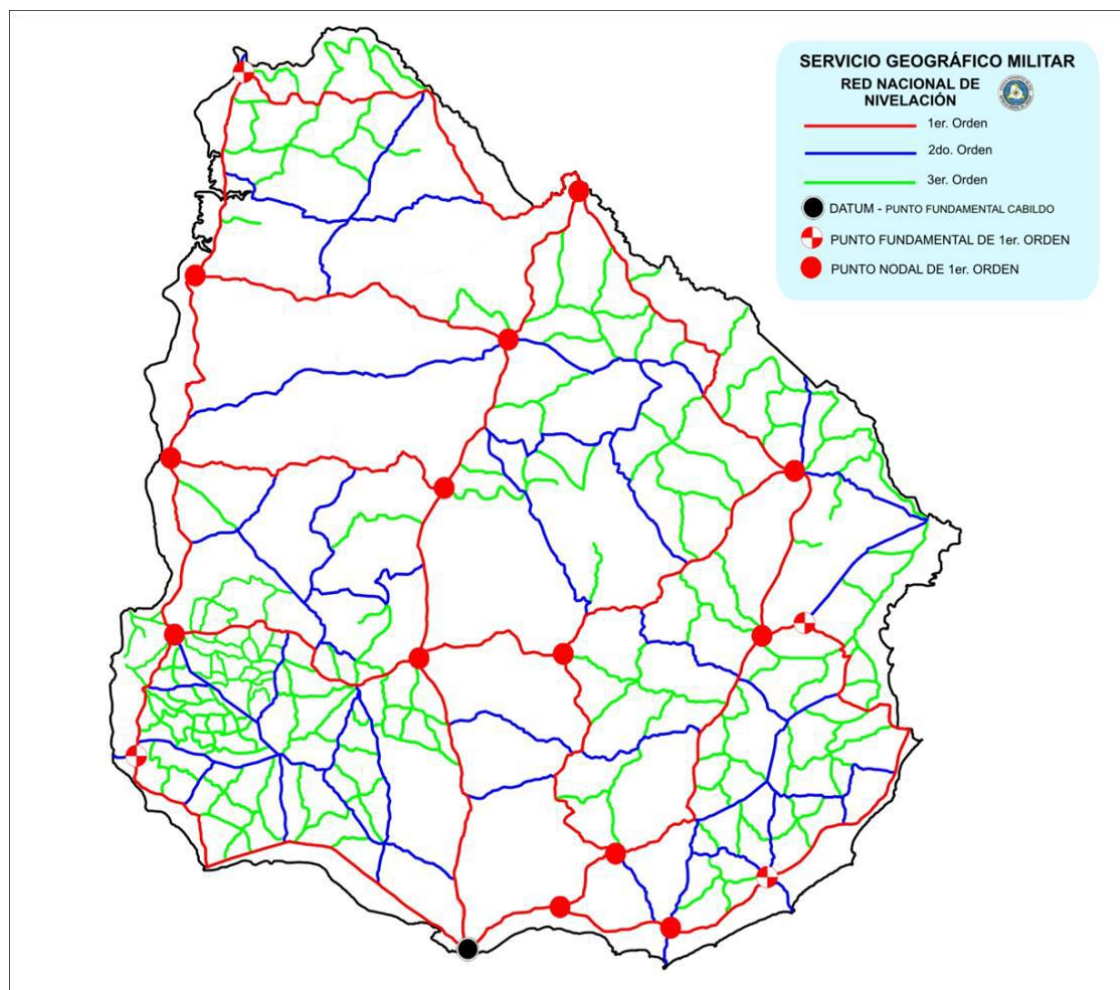
Altura Cero Oficial: 142.85

Altura PRH (Wharton): 143.76

— O seleccione un archivo : solo se aceptarán en formato .csv

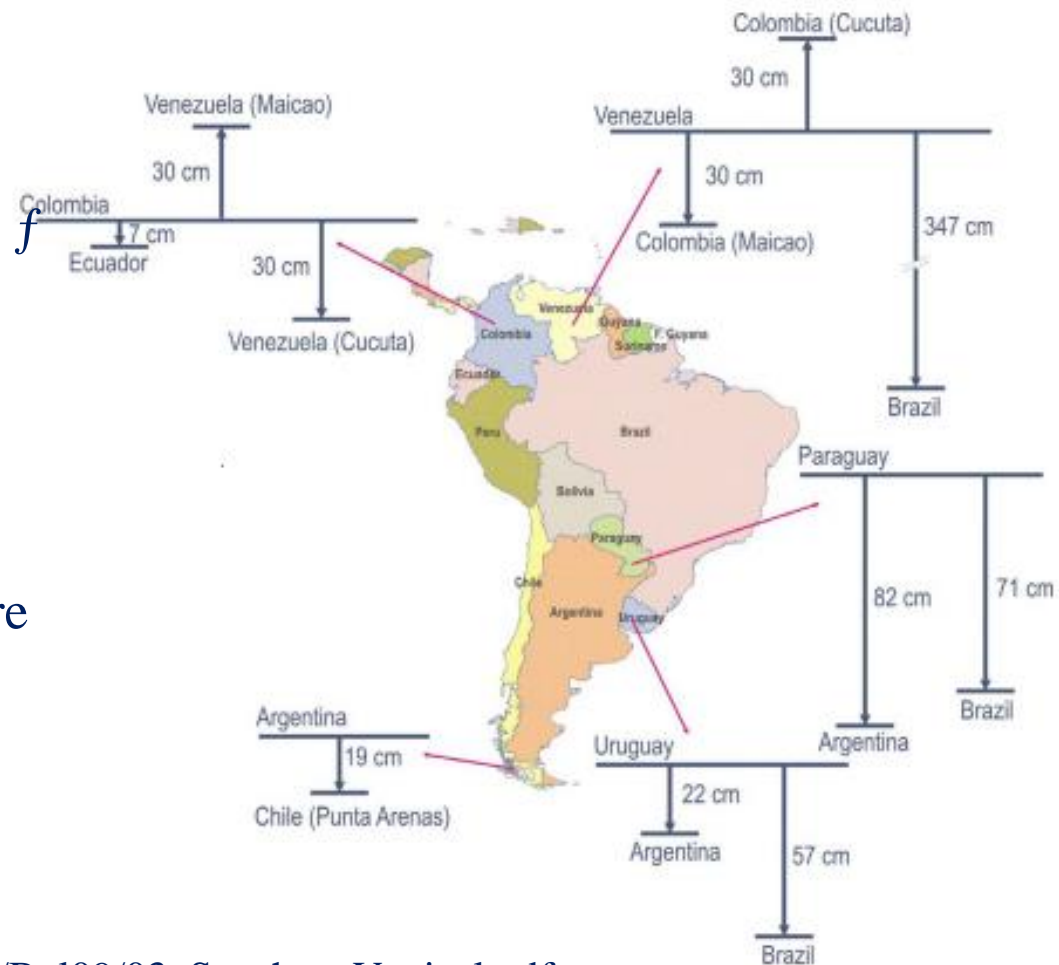
https://intgis.montevideo.gub.uy/sit/modelo_alturas2/

La Red Fundamental de nivelación de alta precisión del país está medida y compensada en su totalidad, ejecutada en 8 polígonos con un desarrollo de 3883 km. Densificada con líneas de 2do. y 3er. orden de precisión.



SIRGAS - Redes Nacionales

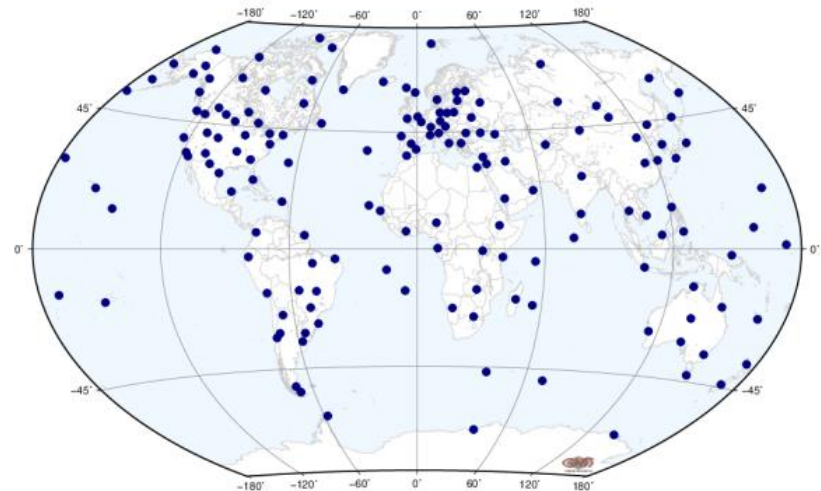
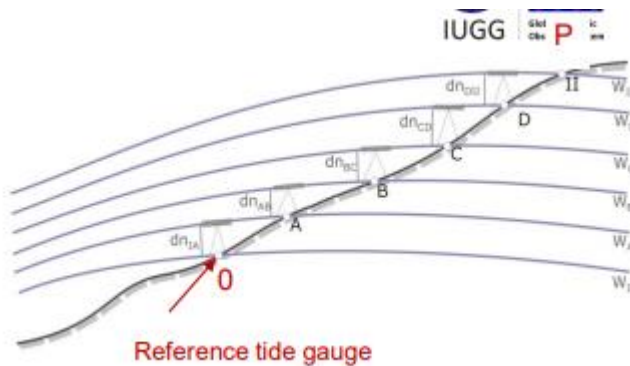
- Mejoramiento del modelo geoidal continental dentro de la Subcomisión de la IAG: South American Geoid (Dr. Blitzkow) f
- Determinación de un valor global de referencia W_0 f
- Cálculo parcial de la SS_{Top} en los mareógrafos de referencia f
- Estimación preliminar de términos de transformación entre los mareógrafos de referencia y el valor W_0



Sistema de Referencia Vertical

La realización de este sistema de referencia debe:

1. Referirse a un nivel de referencia W_0 global unificado.
2. Basarse en alturas físicas (nivelación + gravedad)
3. Estar asociada a una época específica de referencia.



Sistema Internacional de Alturas IHRS

International Height Reference System (IHRS) Resolución IAG No. 1, Praga, julio 2015

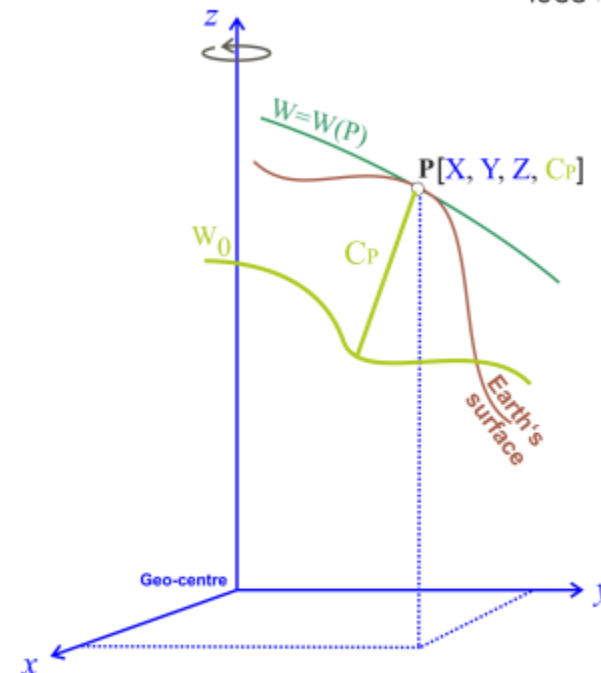


- 1) Coordenada vertical son **diferencias de potencial** con respecto a un valor W_0 convencional:

$$C_P = C(P) = W_0 - W(P) = -\Delta W(P)$$

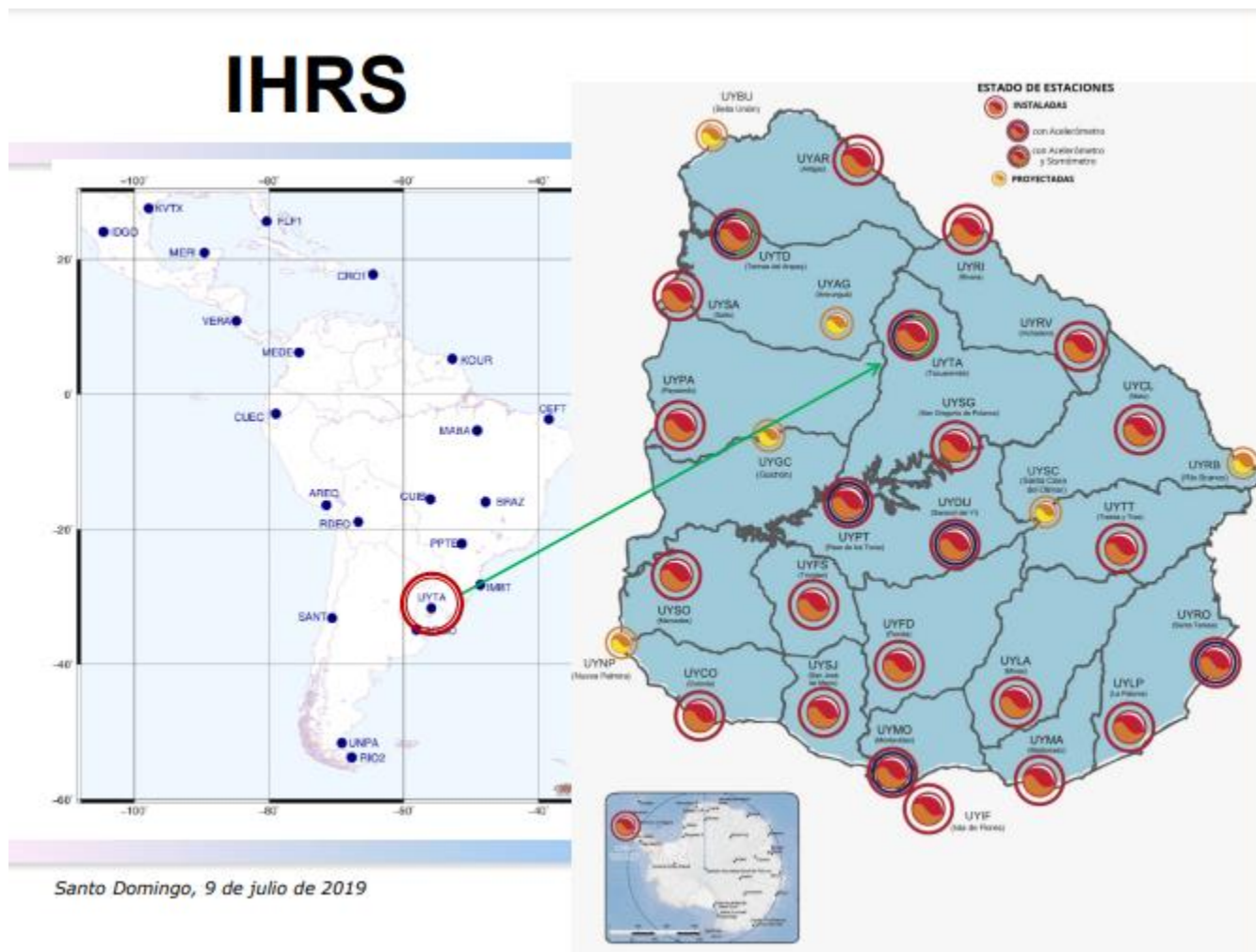
$$W_0 = \text{const.} = 62\,636\,853.4 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$$

- 2) La posición de P se define en el ITRF
 $\mathbf{X}_P (X_P, Y_P, Z_P)$; i.e., $W(P) = W(\mathbf{X}_P)$
- 3) La determinación de $\mathbf{X}(P)$, $W(P)$ (o $C(P)$) incluye sus cambios a través del tiempo, $\dot{\mathbf{X}}(P)$, $\dot{W}(P)$ (o $\dot{C}(P)$).
- 4) Coordenadas en **mean-tide system / mean (zero) crust**.
- 5) Las unidades son **metro y segundo (SI)**.



Ver: Ihde J. et al.: *Definition and proposed realization of the International Height Reference System (IHRS)*. *Surv Geophys* 38(3), 549-570, 10.1007/s10712-017-9409-3, 2017
Sánchez L. et al.: *A conventional value for the geoid reference potential W_0* , *J Geod*, 90(9): 815-835, 10.1007/s00190-016-0913-x, 2016.

Vinculación al IHRS



MÉTODOS ALTIMÉTRICOS

Las alturas se materializan con distintos métodos de medición:

- **NIVELACIÓN GEOMÉTRICA**
- **NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA**
- **NIVELACIÓN BAROMÉTRICA**
- **SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL**

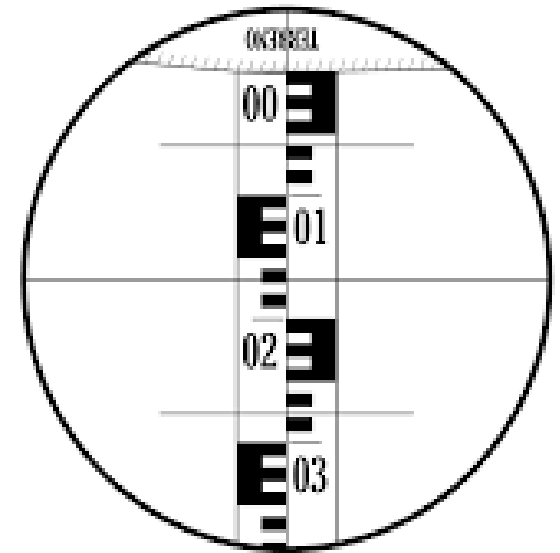
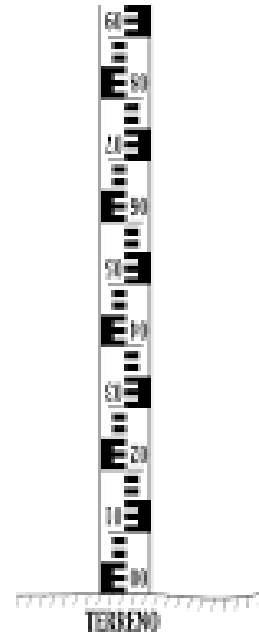
GEOMÉTRICA

NIVELACIÓN GEOMÉTRICA O POR ALTURAS

Consiste dicho método en determinar las diferencias de alturas entre dos o más puntos mediante visuales horizontales generadas por instrumentos llamados equialtímetros, o simplemente niveles, dirigidas a miras (reglas) verticales colocadas sobre dichos puntos.-



NIVELES



NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

ESTACION TOTAL



NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

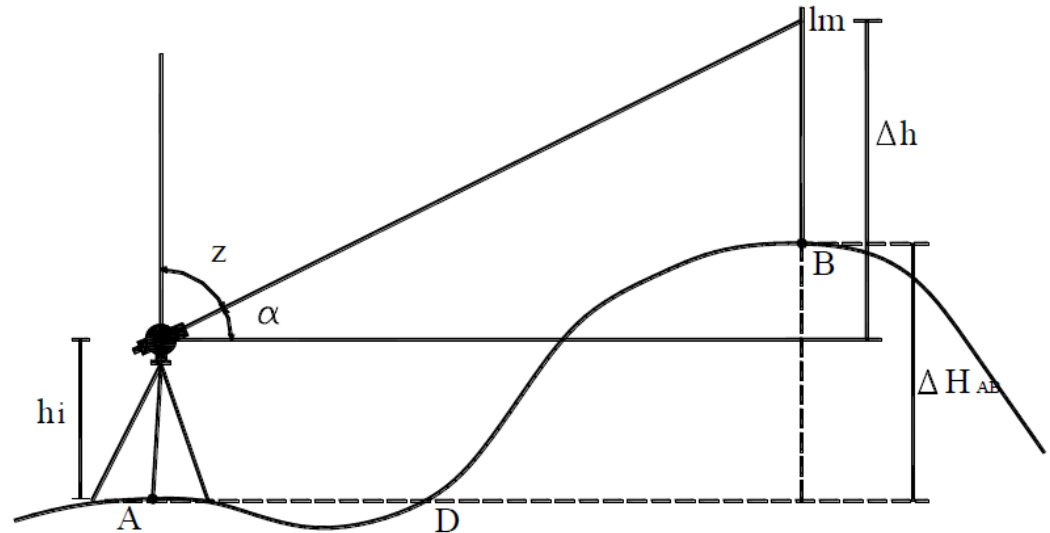
Así tendremos:

$$\Delta h = D * \operatorname{tg} \alpha$$

$$\Delta h = D * c \operatorname{tg} z$$

y la diferencia de alturas:

$$\Delta H_{AB} = h_i + D * \operatorname{tg} \alpha - l_m$$



NIVELACIÓN BAROMÉTRICA

-Se utiliza un barómetro,
considerando que a mayor altura
menor presión atmosférica

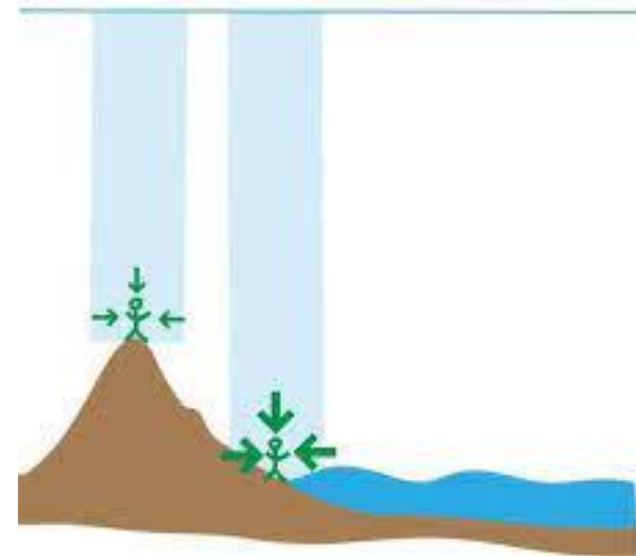
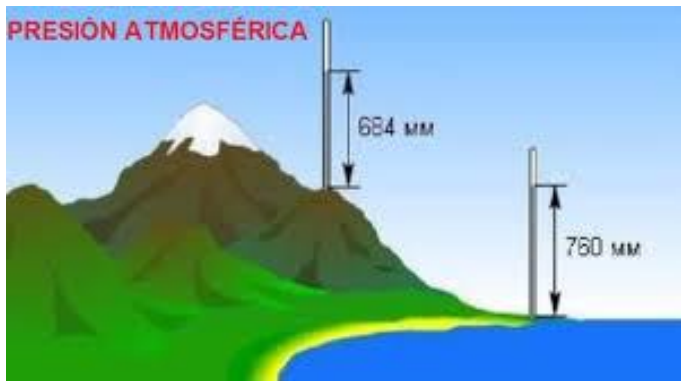


Figura 2

El método barométrico se emplea principalmente en trabajos de exploración o reconocimiento donde los desniveles son muy grandes, como ocurre en comarcas montañosas. En condiciones ordinarias, los desniveles determinados con el barómetro están afectados de errores de varios decímetros.

NIVELACIÓN SATELITAL

Los receptores GNSS calculan coordenadas XYZ. Estas coordenadas son convertidas a latitud, longitud y altura elipsoidal.

Mediante la incorporación de **MODELOS GEOIDALES** se puede obtener alturas ortométricas (referidas al geoide)

Recordar la fórmula $h=H+N$



NIVELACIÓN SATELITAL

Los MODELOS GEOIDALES son archivos con grillas para valores de ondulación geoidal, por lo que es necesario contar con la altura elipsoidal para obtener la ortométrica.

Ejemplos de modelos

EGM96

EGM08

<https://geographiclib.sourceforge.io/cgi-bin/GeoidEval>

