

REVISTA TECNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DEL ZULIA

MARACAIBO - VENEZUELA



Una Revista Internacional Arbitrada
que está indizada en las publicaciones
de referencia y comentarios:

- Science Citation Index (SCIExpanded)
- Compendex
- Chemical Abstracts
- Metal Abstracts
- World Aluminium Abstracts
- Mathematical Reviews
- Petroleum Abstracts
- Zentralblatt Für Mathematik
- Current Mathematical Publications
- MathSci (online database)
- Revenct
- Materials Information
- Periódica
- Actualidad Iberoamericana

Technical Note

Estimation of the atmospheric pressure of Venezuelan locations

Luis Guillermo Hidalgo: *Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería
Caracas, Ciudad Universitaria, Venezuela*

Jesús Alfonso Hidalgo: *Universidad Simón Bolívar, Escuela de Ingeniería Mecánica
Sartenejas, Baruta, Venezuela*

E-mails: hidalgoplaza@gmail.com, hidalgomorillo@gmail.com

Teléfonos: Venezuela, (+58 212) 2399792, (+58 412) 2620000

Abstract

The present technical note embraces the atmospheric pressure estimation for any Venezuelan location of known altitude in almost any rainless moment. This estimation might be used by practitioners of activities such as Hydrography, Topography, Aviation and Industry.

Key words: Pressure; atmosphere; altitude; Venezuelan.

Nota Técnica

Estimación de la presión atmosférica de localidades venezolanas

Resumen

La presente nota técnica considera la estimación de la presión atmosférica de cualquier localidad de Venezuela de altitud conocida en casi cualquier momento sin lluvias. Esta estimación puede ser aplicada por usuarios de actividades tales como Hidrografía, Topografía, Aeronáutica e Industria.

Palabras clave: Presión; atmósfera; altitud; Venezuela.

Introducción

La atmósfera es la tenue envoltura gaseosa que rodea a nuestro planeta. El gas de esa envoltura recibe el nombre de aire. A nivel medio del mar el peso molecular del aire puro y seco es 28,9644 gr/mol y sus principales constituyentes volumétricos son Nitrógeno (N_2) con 78,0840 %, Oxígeno (O_2) con 20,9476 % y Argón con 0,9234 % [1]. La presión atmosférica P (hPa) es el peso unitario en la base de una delgada columna vertical de aire atmosférico que se extiende desde el lugar en consideración hasta grandes alturas en el orden de 80 km. El valor estándar de P es 1013,25 hPa que equivale tanto a 760 mmHg como a 29,92126 inchHg; la n de Hg se refiere a mercurio Hg normal (a temperatura 0°C con densidad $13,5951 \text{ gr/cm}^3$ en gravedad $9,80665 \text{ m/s}^2$) [1,2]. Para medir la siempre

cambiante P de una localidad se usa un barómetro colocado aproximadamente a 1 m sobre el suelo siempre a la sombra; pero este barómetro tiene que estar calibrado contra algún patrón tal como el de SENCAMER (Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos) en Maracay (Venezuela) [3]; existen otras alternativas para calibrar barómetros como por ejemplo la comparación con radio-sondeos reales y virtuales [4,5]. Debido a que los barómetros patrones de Hg miden la presión atmosférica contra el vacío, el nombre exacto de P es presión atmosférica absoluta. Hay que resaltar 4 aspectos: (a) la altitud Z (m) sobre el nivel medio del mar de la medición de P es la altitud del elemento sensible del barómetro, (b) existe una variable denominada presión reducida al nivel medio del mar (en inglés *Sea Level Pressure*, SLP (hPa) que se calcula aplicando a P una tasa natural de variación vertical

local, (c) existe otra variable denominada QNH (hPa) de aviación que es la reducción de P al nivel medio del mar pero usando la atmósfera estándar OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) en lugar de la tasa natural

[1,6] y (d) aquel valor 1013,25 hPa parece pero no es la SLP media mundial la cual es 1011,5 hPa determinada aquí con el sistema *Reanalysis* [7]. La Figura 1 muestra un esquema explicativo.

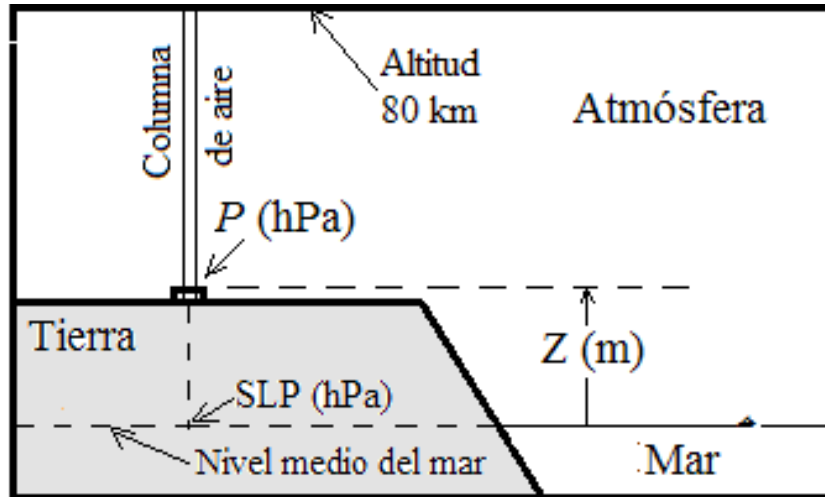


Figura 1. Esquema de P y SLP.

Fuente: diseño propio elaborado con el apoyo del software Paint de Microsoft.

El valor mínimo de P es desde luego 0.00 hPa pero el valor máximo cerca del suelo está en el orden de 1060 hPa (Siberia, Rusia). Aquí se emplea básicamente la hora UTC (*Universal Time Coordinated*). La mejor forma de conocer la P de una localidad es su medida con un barómetro ya calibrado pero en oportunidades no poseemos ese instrumento o estamos lejos de esa localidad o el dato del aeropuerto cercano está faltando; entonces habría que estimar P ; no se encontró bibliografía moderna que trate este asunto. Ver más detalles de las mediciones de presión en [8]. El presente artículo trata este estimado con el siguiente objetivo.

Objetivo

El objetivo del presente artículo es el desarrollo de información que permita la estimación de P (hPa) para la altitud Z (m) de interés en forma expedita para cualquier localidad de Venezuela.

Metodología.

Los pasos para cumplir el objetivo son: (a) definición del área de estudio, (b) cuantificación de la marea atmosférica en Venezuela, (c) síntesis de la variación altitudinal de P , (d) establecimiento de rutina de estimación y ejemplo de cálculo y (e) redacción de discusión y conclusión.

La marea atmosférica

El área de estudio de la marea atmosférica es el área de estudio del presente trabajo mostrada en la Figura 2.

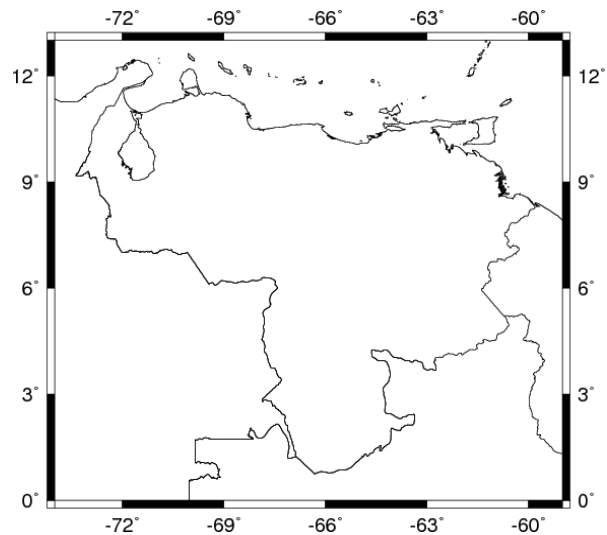


Figura 2. Área de estudio

Fuente: diseño propio elaborado con el apoyo de la página web de Internet Coastline Extractor.

La presión P de cualquier localidad de esa área muestra una notoria fluctuación denominada *marea atmosférica* que consiste en la ocurrencia de dos máximos y dos mínimos en lapsos de 24 horas. Para estudiar esta marea se usaron los datos medios horarios de P de 6 aeropuertos de Venezuela (Maiquetía, Maracay Base Sucre, La Carlota, Santa Elena, Puerto Ayacucho y Maturín) [9,10] de coordenadas medias 8,49°N & 65.55°W. Con esos datos se calculó un barograma adimensional que fue ajustado a la presión de 971,93 hPa que es la presión media anual

en la superficie del territorio de la Figura 1 en la altitud media 354,2 m obtenida con [11] para el período 2001-2014. Con este mismo barograma se construyó la Serie 2 de la Figura 3. Con datos de mínimos y máximos absolutos para Venezuela publicados por FAV [12] se construyó la Serie 1 para influencia anticiclónica extrema y la Serie 3 para influencia ciclónica extrema. Al suponer una rotación terráquea de 360° en 24 horas, la hora solar local para 65,55°W se calcula como UTC-4h22min; para UTC=12 se obtiene la hora local solar 7:38 am en 65,55°W.

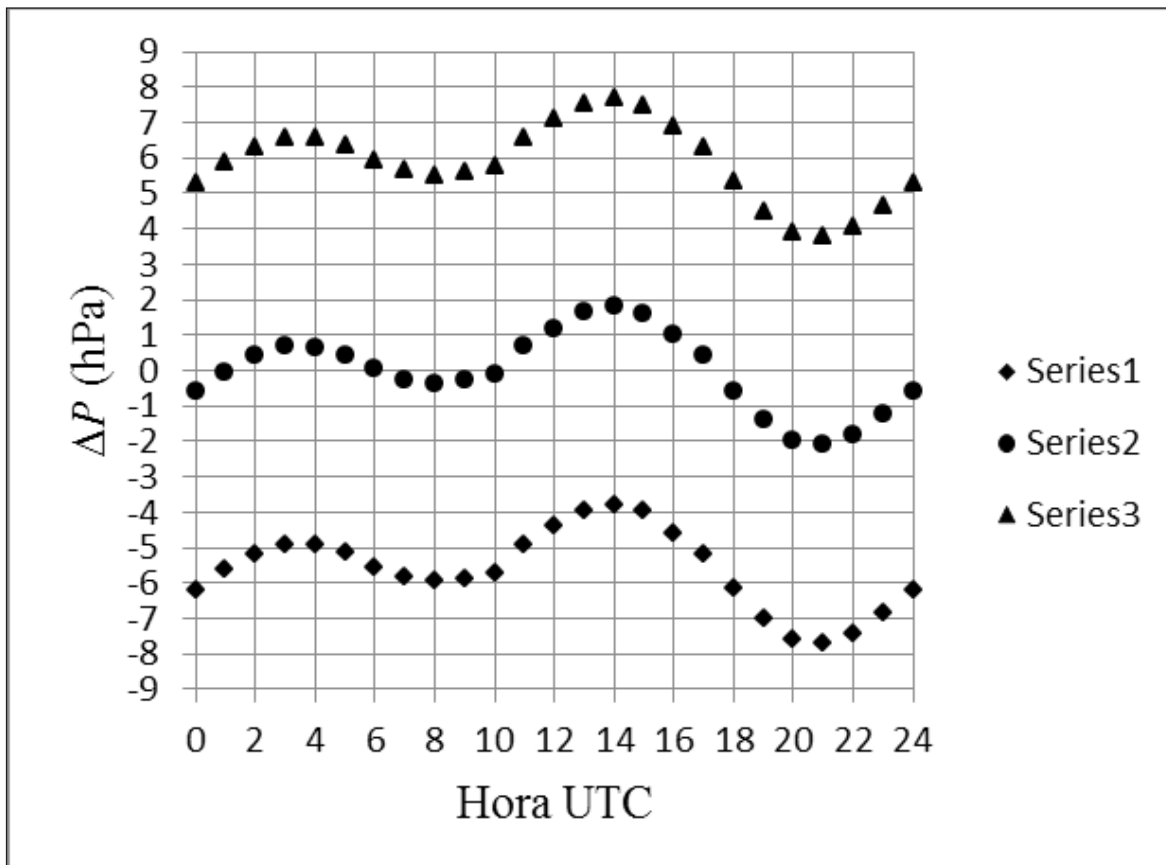


Figura 3. Desvíos horarios de la marea atmosférica de Venezuela (2001-2014).

Las series están definidas en el texto.

Fuente: datos, cálculos y diseños gráficos propios cargados en el software Excel de Microsoft.

Variación altitudinal de P

Datos medios de P [12], ajustados al período 2001-2014, permitieron establecer la relación P vs Z de Venezuela, la cual está graficada en la Figura 4 con altitudes de aeropuertos y estaciones meteorológicas hasta 2125 msnm (Helipuerto Hotel Humboldt). Debido a que en [12] algunos aeropuertos reportaron SLP en lugar de P hubo que reconvertir SLP en P . La fórmula de la línea de la Figura 4 es:

$$\log(P) = 3,005197 - 4,958368 \times 10^{-5} \times Z \tag{1}$$

donde $\log()$ es el logaritmo base 10, P (hPa) es la presión y Z (m) la altitud.

Relaciones P vs Z pueden ser construidas en tiempo real si se usan la web *Aviation Weather Center* de NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration, USA) y el banco de datos *http weather noaa gov pub*; pero hay que reconvertir QNH y SLP en P y el sistema Internet puede presentar fallas.

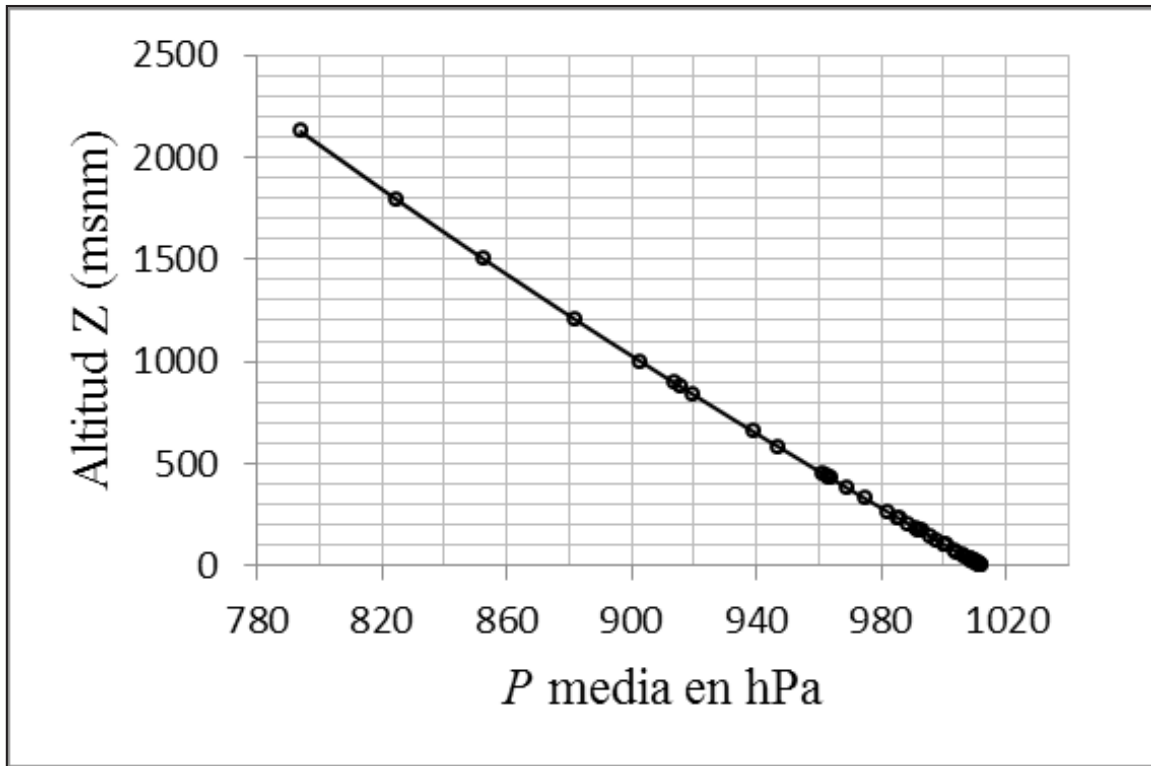


Figura 4. Presión media para diversas altitudes de Venezuela (2001-2014).

Fuente: datos, cálculos y diseños gráficos propios cargados en el software *Excel* de *Microsoft*.

Rutina de estimación

Para cualquier altitud Z , la Figura 4 permite estimar el valor esperado de P ; el cual debe ser corregido con algún dato extraído de la Figura 3 según la hora UTC y el tiempo atmosférico del momento en la localidad de interés.

Ejemplo de estimación

J. A. Hidalgo midió con el Microbar#5 $P=884,1$ hPa el 16 Abr 2015 a las 12:09 Hora Legal de Venezuela HLV (16:39 UTC) en Sartenejas cerca de Caracas (Universidad Simón Bolívar) a 1189 msnm en tiempo atmosférico casi normal. Usando las Figura 3 y 4 obtuvo $P_{med}=883,6$ hPa y $\Delta=0,7$ hPa produciendo $P=884,3$ hPa. El error obtenido para P es $+0,2/884$ cercano 1:500; considerado realmente bajo. Muchos otros ejemplos arrojaron error dentro de ± 1 hPa. En presencia de lluvias el error puede mayor que ± 1 hPa.

Discusión

El error ± 1 hPa obtenido en las estimaciones puede ser mejorado si en lugar de usar UTC en las Figuras 3 y 4 se

usa la hora solar de la localidad de interés la cual depende de la longitud geográfica, especialmente en los límites Este y Oeste del área de estudio. En otras palabras: si se usa la hora local solar, las Figuras 3 y 4 podrían servir para lugares tropicales ($0-12^{\circ}N$) fuera de Venezuela. Pequeña diferencia entre altitud geopotencial y altitud métrica no fue considerada. La rutina puede ser aplicada también a buques anclados en costas de mares y ríos venezolanos.

Conclusión

Ha sido posible crear un sistema de cálculo que permite: (a) conocer la media natural de la presión atmosférica P (hPa) en cualquier localidad de Venezuela de altitud Z (m) conocida y (b) estimar P para cualquier momento con error ± 1 hPa para casos sin lluvias.

Recomendaciones

Se recomienda usar esta rutina de estimación para calibración de barómetros y para calcular el QNH de lejanas pistas de aterrizaje. Se sugiere a las organizaciones (v.g. Fuerza Aérea; Armada-Observatorio Cajigal e Instituto

Nacional de Meteorología e Hidrología de Venezuela), que publican datos de presión atmosférica en Internet especificar si se trata de *P*, SLP o QNH.

Referencias Bibliográficas

- [1] OACI (Organización de Aviación Civil Internacional). *Manual de la atmósfera estándar ampliada hasta 80 km (262500 pie)*. Doc7488/2. 1964-1993.
- [2] OMM (Organización Meteorológica Mundial). *Nota Técnica No.188 TP94 Tablas Meteorológicas Internacionales*. 1973.
- [3] Hidalgo, L.; Hidalgo J.: "Evaluative testing of prototype barometer", *Atmósfera*, Vol. 24, No. 2 (2012) 233-242.
- [4] Hidalgo, L. G.: "Método para calibrar barómetros basado en radiosondeos". *Rev. Tec. Univ. Zulia*. Vol. 24, No. 2 (2001) 147-153.
- [5] Hidalgo, L. G. y J. A. Hidalgo. *Método para calibrar barómetros remotos*. *Rev. Tec. Univ. Zulia*. Vol. 35, No. 2 (2012) 200-203.
- [6] Hidalgo, L., Hidalgo, J.: "Reconversión del QNH de aviación en presión atmosférica", *Rev. Tec. Univ. Zulia*. Vol. 36, No. 3 (2013) 9-12.
- [7] Kalnay, E. and Coauthors: *The NCEP/NCAR Reanalysis 40-year Project*. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, Vol. 77 (1996) 437-471. Página web Abril 2015.
- [8] OMM. *Meteorological Instruments and Methods of Observations*, WMO No. 8. 2008.
- [9] FAV (Fuerza Aérea de Venezuela). *Atlas Climatológico de Venezuela (Periodo 1961-1990)*. Servicio de Meteorología, Maracay, 1984.
- [10] Hidalgo, L.: "Fundamentos de un método de pronóstico meteorológico para aeropuertos tropicales", *Revista de la Facultad de Ingeniería (UCV)*. Vol. 9, No. 1 (1994) 9-12.
- [11] Acker J. G. & G. Leptoukh. *Online Analysis Enhances Use of NASA Earth Science Data*. *Eos, Trans. AGU*, Vol. 88, No. 2. 2007.
- [12] FAV. *Estadística climatológica de Venezuela (Periodo 1961-1990)*. Servicio de Meteorología, Maracay, 1993.

Recibido el 17 de enero de 2016
En forma revisada el 16 de enero de 2017



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

REVISTA TECNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DEL ZULIA

Vol. 40. N°1, Abril 2017 _____

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada en Abril de 2017, por el **Fondo Editorial Serbiluz**, Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela*

www.luz.edu.ve
www.serbi.luz.edu.ve
produccioncientifica.luz.edu.ve