

Technical note

Method for remote barometers calibration

L. G. Hidalgo¹, J. A. Hidalgo²

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela.

²Endeavour Consulting FP.

Caracas, Venezuela. Teléfonos: (+58 212) 2399792, (+58412) 2620000

hidalgoplaza@yahoo.com, iesus@yahoo.es

Abstract

This paper presents a method to calibrate remote barometers through the use of virtual vertical atmospheric soundings (READY, NOAA) and reference barometers located less than 28 km from the remote barometers. The application of the method to the remote barometer GPS2 with the help of the pattern barometer UB2001A situated 5 km from the GPS2 and some READY soundings gives the calibration rule of sum 1.96 ± 0.16 hPa to GPS2 outputs to obtain true pressure. The method may be used in nearly any place of the world but with some restrictions.

Keywords: barometer, calibration, remote.

Nota técnica

Método para calibrar barómetros remotos

Resumen

Se presenta un método para calibrar barómetros remotos mediante el uso de sondeos atmosféricos verticales virtuales (READY, NOAA) y barómetros patrones de apoyo localizados a menos de 28 km de los barómetros remotos. La aplicación del método al barómetro remoto GPS2 con apoyo del barómetro patrón UB2001A situado a 5 km de distancia produjo una calibración que indica sumar 1.96 ± 0.16 hPa al GPS2 para obtener la presión verdadera. El método puede ser usado en casi cualquier parte del mundo pero con algunas restricciones.

Palabras clave: barómetro, calibración, remoto.

Introducción

Los barómetros son los instrumentos usados para medir la presión atmosférica. Ellos requieren de revisiones frecuentes para que sus lecturas se acerquen lo más posible a otras homólogas consideradas como verdaderas mediante el proceso de calibración ya discutido por Hidalgo [1] y OMM [2]. En oportunidades, el barómetro que queremos calibrar (Barómetro X), además de estar lejos de los laboratorios de calibración, no se puede retirar del lugar donde se en-

cuentra. El problema técnico es entonces: calibración de un barómetro remoto. El sistema READY (NOAA) permite obtener vía Internet sondeos atmosféricos verticales virtuales cada 3 horas sinópticas UTC (00, 03, 06, 08, 12, 15, 18, 21) con resolución de 1° grado geográfico que podrían ser usados para el diseño de un método nuevo de calibración que incluya ajustes por condiciones locales parecidos al QNH de aviación regulado por la OACI [3]. El formato del sondeo virtual READY es parecido al formato del radio-sondeo con globo y radio.

El método para calibrar barómetros remotos

Se trabaja con la unidad hPa (hecto Pascal) para la presión y la unidad m (metro) para la altitud. En general, se debe determinar el error R (hPa) del barómetro X ubicado en una localidad específica A en al menos tres momentos (casos) que coincidan con horas sinópticas UTC para luego calcular tanto la media de R como su desviación estándar en formato $a \pm b$. En una aplicación simple del método, el cálculo de R se realiza con la siguiente fórmula:

$$R = (P_x - P_{xx}) - (P_y - P_{yy}) \quad (1)$$

donde: P_x es la presión indicada por el barómetro X que se desea calibrar ubicado a una altitud H_a en una localidad A ; P_y es la presión indicada por el barómetro patrón Y de apoyo ubicado a una altitud H_b en otra localidad B lejos de A ; P_{xx} es el valor de la presión $P=f(H_a)$ indicada por el sondeo virtual para $H=H_a$; P_{yy} es la presión $P=f(H_b)$ indicada por el sondeo virtual para $H=H_b$ y finalmente $P=f(H)$ es un polinomio de cuarto grado ajustado al sondeo virtual, obtenido para el punto medio entre A y B , que permita calcular la presión P como función de la altitud H . Por lo general se requieren dos observadores para coleccionar los valores P_x y P_y en forma simultánea. Varias horas antes y después del momento escogido no deben ocurrir lluvias en el tramo $A-B$. Las diferencias geoidales entre A y B deben ser menores que ± 0.5 m. Hidalgo [4] y Whiteman y Bian [5] dan información que permite calcular la distancia máxima $A-B$ de 28 km para evitar los efectos de la marea atmosférica. Las altitudes (H_a , H_b) deben estar en metros geopotenciales (m_{gp}) de la OMM [2] basados en la gravedad normal $g_0=9.80665$ m/s². READY usa este tipo de metro. La regla de calibración sería sumar $-R$ al barómetro X para que sus lecturas indiquen la presión verdadera.

Calibración de un barómetro remoto en el área de Caracas

Se trata de calibrar el barómetro GPS2 ubicado en A (localidad ES12C) con apoyo del barómetro UB2001A ubicado en B (localidad TC121) según la Figura 1. El UB2001A ha sido aceptado como patrón porque recibió calibración en Metro-

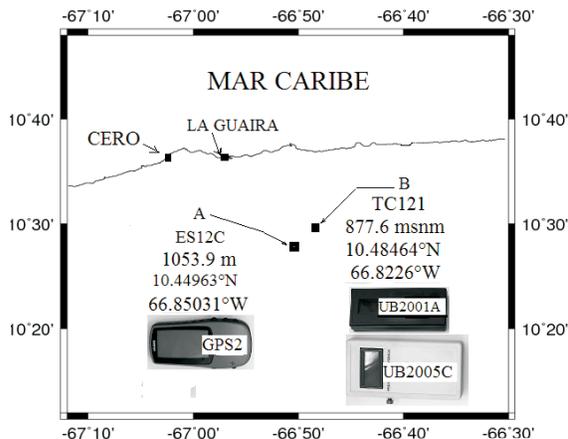


Figura 1. Ubicación de las localidades A y B empleadas en las pruebas del método.

El barómetro GPS2 debía ser calibrado con apoyo de los barómetros UB2001A (Fase calibración, Año 2009) y UB2005C (Fase verificación, Año 2011). El punto CERO es el origen de las altitudes H_x y H_y .

logía Legal SENCAMER [6]. La distancia $A-B$ se puede calcular en 5 km en *línea casi recta*. Las altitudes H_a y H_b recibieron verificación mediante barometría y correcciones por curvatura terráquea con auxilio del punto CERO mostrados en la Figura 1. Más detalles sobre la corrección por curvatura terráquea presentan Tenenbaum y Pollar [7]. Según la web NGA-WS84-Calculator, las diferencias geoidales entre TC121 y ES12C son menores que ± 0.5 m. Para calcular el error R se escogieron 5 momentos entre el 03 Ene 2009 y el 12 Ene 2009 con presiones en los rangos 892,85-898,30 hPa (GPS2) y 913,31-918,87 hPa (UB2001A). En los 5 sondeos READY de esos momentos se escogieron presiones y altitudes en los rangos 350-950 hPa y 530-8590 m. A cada sondeo se ajustó un polinomio de cuarto grado para obtener una $P=f(H)$ por cada sondeo. Con esos cinco casos se obtuvo para GPS2 un error medio R de $-1,96 \pm 0,16$ hPa.

Verificación del método y de la calibración del barómetro GPS2

Más de dos años después de los cálculos de Enero 2009; en el momento 22:30 UTC 10 Oct 2011 se aplicó el método para verificar tanto la vi-

gencia de READY como del error $-1,96$ hPa del GPS2. Esta vez se usó el barómetro patrón local UB2005C en substitución del UB2001Aen TC121 y se construyó un sondeo READY medio entre 21:00 UTC 09 Oct 2011 y 00:00 UTC 10 Oct 2011. En la Tabla 1, para mostrar el formato READY (listín) actual, se colocó el sondeo de las 00:00 UTC 10 Oct 2011. Los datos para calcular R son: $P_x=892,0$ hPa (GPS2), $P_{xx}=894,60$ hPa

(READY), $P_y=912,19$ hPa (UB2005C) y $P_{yy}=912,80$ hPa (READY). Al aplicar la fórmula (1) se obtuvo para el GPS2 el valor $R=-1,99$ hPa.

Resultados

La aplicación del método de calibración en cinco casos (momentos) a un barómetro X deno-

Tabla 1
Último sondeo READY aquí utilizado

Punto medio entre A y B: Latitud 10.47°N Longitud 66.84°W Hysplit.t18z.gfsf. Model Sounding. 10/10/2011 00Z					
Press (hPa)	HGT (m)	Temp (°C)	DEWP (C)	WDIR (Deg)	WSPEED m/s
20	26393	-52,6	Nil	84,1	26,6
50	20643	-65,3	-84,8	119,2	2,9
100	16571	-80,7	-81,0	60,3	7,1
150	14235	-68,1	-68,1	13,0	15,4
200	12443	-52,5	-52,6	16,7	12,6
250	10965	-41,1	-41,2	328,5	4,1
300	9699	-31,2	-32,3	144,0	1,0
350	8588	-22,7	-30,2	97,0	4,5
400	7594	-15,1	-29,9	96,7	4,3
450	6694	-9,4	-20,6	101,8	3,7
500	5872	-4,6	-10,4	103,3	4,1
550	5114	-0,5	-4,2	107,9	5,6
600	4413	3,1	-2,1	110,6	8,3
650	3760	6,9	-0,5	107,9	10,6
700	3146	10,4	2,2	105,0	10,8
750	2568	13,4	5,9	98,3	7,6
800	2021	16,5	9,4	97,9	3,6
850	1501	20,1	11,2	82,6	2,8
900	1004	23,3	13,5	58,9	3,9
925	764	24,1	15,9	56,2	4,4
950	531	24,6	18,9	58,7	4,4
975	303	25,4	21,1	61,0	4,0
982	232	25,7	21,8	69,4	3,1

minado GPS2 colocado a 5 km de otro barómetro Y denominado UB2001A considerado patrón indica, después de trabajar con las lecturas barométricas y los sondeos READY, que se debe sumar 1,96 hPa al GPS2 para obtener la presión verdadera con precisión $\pm 0,16$ hPa. La verificación del año 2011 de sumar 1,99 hPa asegura que la calibración todavía está casi dentro del error esperado de $\pm 0,16$ y se acepta la calibración del Año 2009 todavía vigente.

Conclusiones

Ha sido posible el diseño y prueba de un método para calibrar cualquier barómetro remoto con apoyo de otro barómetro patrón. Hay restricciones por (1) distancias mayores que 28 km entre barómetros, (2) presencia de lluvia y (3) ondulaciones geoidales mayores que $\pm 0,5$ m. La página web READY sigue proveyendo los sondeos requeridos por el método aquí tratado.

Referencias bibliográficas

1. Hidalgo, L. G.: Método para calibrar barómetros basado en radiosondeos. Rev. Tec. Ing. Univ. Zulia. Vol. 24, N° 2 (2001), 147-153.
2. Organización Meteorológica Mundial (OMM/WMO): Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observations, WMO N° 8, Geneva, Switzerland, 2008.
3. Organización de Aviación Civil Internacional (OACI/ICAO): Manual on Automatic Meteorological Observing Systems at Aerodromes, Doc OACI 9837 with Actualization by 2006. Quebec, Canadá, 2003.
4. Hidalgo, L. G.: Fundamentos de un Método de Pronóstico Meteorológico para Aeropuertos Tropicales, Revista de la Facultad de Ingeniería (UCV, Caracas). Vol. 9, N° 1(1994) 8-12.
5. Whiteman C, D, X. Bian: Solar Semidiurnal Tide in the Troposphere: Detection by Radar Profiles, Bull. Amer. Meteor. Soc. Vol 77, N° 3(1996) 529-542.
6. Hidalgo, L. G., Hidalgo J. A.: Evaluative testing of a prototype barometer, Revista Atmósfera, 24 (2)-(2011) 233-344.
7. Tenenbaum, M. and Pollard, H.: Ordinary Differential Equations, Harper & Rows, New York, 1963, pp 186-188.

Recibido el 11 de Enero de 2011
En forma revisada el 19 de Marzo de 2012