

# Diseño para ajuste barométrico de altímetros en las torres de control caso: CAMAN

Ds. ARANGUREN RAMIREZ MARIO  
Ds. HOSTOS AMAYA STEVE GIOVANNI

## ABSTRACT

*The Adjustment of the altimeters of military control towers of the airfields with topography of precision keeping in mind the geodesic frame of reference for Colombia and the aspects of integrity and accuracy of the aeronautic data for the air navigation as a base for the systems of satellite navigation.*

## KEYWORDS

*Altimetry calibration, topographical Level, control towers, aeronautic information.*

## RESUMEN

EL Ajuste de los altímetros de las torres de control de los aeródromos militares con topografía de precisión teniendo en cuenta el marco de referencia geodésica para Colombia y los aspectos de integridad y exactitud de los datos aeronáuticos para la navegación aérea como base para los sistemas de navegación satelital.

**PALABRAS CLAVES:** Calibración altimétrica, Nivel topográfico, torres de control, información aeronáutica.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación demarca la necesidad y el proceso para el ajuste de los altímetros de las torres de control de los aeródromos militares de la FAC, por medio de nivelaciones topográficas de precisión, ligadas al marco de referencia geodésica para Colombia MAGNA-SIRGAS, contribuyendo con el mejoramiento de la calidad de los datos e información aeronáutica que se suministran a las tripulaciones

militares que operan o hacen uso del aeródromo de la Base Aérea Justino Mariño.

## RUTA DE INVESTIGACIÓN ESUFA:

Comunicaciones

## OBJETIVO ESTRATÉGICO FAC: COFAC No. 6 -

desarrollar el talento humano con programas integrales de educación aeronáutica, profesional y tecnológica, para ejercer el liderazgo el poder aéreo nacional.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El personal de controladores de tránsito aéreo, lleva a cabo tareas de control de aeródromo, que consisten en el manejo eficiente de información clara y oportuna a las aeronaves para una marcha segura en el rodaje y posterior despegue; suministrando en todo momento información de las condiciones meteorológicas, condiciones de aeródromo e información significativa para los vuelos, además de las coordinaciones con las

dependencias de control adyacentes; suministrando datos que no se ajustan a los estándares de exactitud requeridos, para una navegación mas segura como es el caso de los ajustes hechos a los altímetros; los cuales son calados con la elevación del aeródromo mas una altura asumida de la torre de control, lo cual es un dato poco preciso y que no tiene un soporte técnico para que sea considerado como un dato aeronáutico seguro, centrándose por lo tanto la problemática, en la falta de confiabilidad del dato altimétrico con el cual se ajusta el instrumento que genera la información para el ajuste de el factor QNH, esencial para el desarrollo de las operaciones de las aeronaves de la Institución influyendo de manera directa en la seguridad aérea.

## JUSTIFICACIÓN

Las discrepancias de lecturas que se presentan entre los sistemas de referencia de la altitud barométrica y la altitud ortométrica, para el calaje de los altímetros, han hecho necesario que por medio de un trabajo de nivelación topográfica de precisión, se determine la altitud referida al nivel medio del mar con que se debe calar o ajustar el altímetro de la torre de control de un aeródromo militar. Es decir, encontrar el valor entre el nivel medio del mar y la toma estática del instrumento, lugar donde el altímetro recibe el aire para suministrar los datos de presión en la ventanilla Kollsman<sup>7</sup> y de esta manera, ligar el dato al dátum vertical oficial para Colombia (Buena-ventura).

La densidad del aire disminuye con la altura, ya que es compresible, además las condiciones atmosféricas no son constantes en todos los puntos del globo terráqueo, variando así la presión. Por tal razón, no existe una correspondencia exacta entre presiones y alturas. Es así, como el desarrollo del presente proyecto

pretende eliminar la discrepancia existente entre presiones y alturas en un determinado punto de la atmósfera. Para tal fin es importante entender el QNH como la presión al nivel de la mar deducida de la existente en el aeródromo, que es la más utilizada por los pilotos y normalmente las torres de control y las estaciones de seguimiento darán la presión QNH como una referencia confiable.

La adopción y aplicación de este procedimiento de ajuste de los altímetros de las torres de control por parte de la FAC, podrá satisfacer los estándares internacionales en navegación aérea, debido a que se trabajará con datos que parten de posiciones georreferenciadas, es decir, puntos que se encuentran ligados a la red geodésica para Colombia. Además, dichos datos brindan compatibilidad con el nuevo sistema de referencia geodésico para Colombia facilitando la ejecución de una actividad tan importante como es el desempeño de las operaciones aéreas en Colombia.

La aplicación del proyecto en las Unidades Militares está contribuyendo a la promulgación de la seguridad aérea, ya que, para un futuro se exigirá integridad y calidad en los datos aeronáuticos; como se expresa en el documento 9674 (Manual del Sistema Geodésico Mundial) respecto a la integridad de los datos aeronáuticos. La implementación de estos sistemas de navegación en nuestro país, tendrá como requisito la calidad de los datos aeronáuticos, compatibles con el marco de referencia para Colombia (Dátum vertical oficial Buenaventura); objetivo primordial de este proyecto, ligando información aeronáutica, al sistema de referencia implementado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi; al cual están referidas todas las alturas y elevaciones de nuestra topografía. Esto se desarrolla en atención a que la OACI en el año de 1994 ordenó que los Estados contratantes del

7. Ventana donde se visualiza la presión en el altímetro de un avión o una torre de control.

convenio efectuaran el cambio de datos geográficos de referencias locales al WGS 84<sup>8</sup>. Este proceso sería significativo para la FAC y para la industria aeronáutica en general, pero por necesidad institucional vemos importante la aplicación de un procedimiento que permita cumplir con los requerimientos de confiabilidad ordenados por OACI.

### OBJETIVO GENERAL

Determinar la cota ortométrica de la toma estática de altímetro de la torre de control de el aeródromo Justino Mariño, diseñando un procedimiento metodológico con base en nivelaciones topográficas de precisión para la realización de ajustes barométricos en los altímetros utilizados en las torres de control de la Fuerza Aérea Colombiana, ligándolos al sistema de referencia para Colombia RED MAGNA-SIRGAS Datum vertical Buenaventura, contribuyendo al mejoramiento continuo de la seguridad aérea.

**IMPACTO** El 95% de beneficio a la Unidad de CAMAN

### METODOLOGÍA

#### ANTECEDENTES

El desarrollo de este procedimiento de ajuste, se basa en la necesidad de obtener un valor confiable y seguro de la toma estática del altímetro de la torre de control de CAMAN; que sea una constante para el calaje de un altímetro. Adicionalmente, en las torres de control de la Fuerza Aérea no se han efectuado trabajos que permitan tener este valor con exactitud. Por el contrario, para conseguirlo lo hacen con procedimientos poco ortodoxos y sin algún soporte técnico que generen un riesgo para la operación segura de las aeronaves y de sus tripulaciones.

En la institución no se han presentado problemas o incidentes a causa del ajuste preciso de los altímetros, pero se pretende evitar futuros accidentes aéreos por incompatibilidades de los datos aeronáuticos.

### TIPO DE INVESTIGACIÓN

#### Investigación aplicada:

Se propone este tipo de investigación, llevar al campo de trabajo; control de tránsito aéreo y navegación aérea, los conocimientos adquiridos en la búsqueda de la solución práctica a un problema detectado, confrontando la teoría con la realidad en la búsqueda de procesos lógicos para encontrar la verdad.

### POBLACIÓN

El proyecto va dirigido al personal de controladores de tránsito aéreo de la Fuerza Aérea Colombiana y en segundo nivel a las tripulaciones militares para la seguridad de los vuelos.

### MUESTRA

El trabajo de campo se llevó a cabo teniendo en cuenta las instalaciones físicas de la unidad de CAMAN (plataforma, calle de rodaje alfa, torre de control) por la accesibilidad a la Unidad y la cercanía a la Escuela de Suboficiales CT. Andrés María Díaz Djaz.

### RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Inicialmente, se llevaron a cabo una serie de encuestas informales con personal de procedimientos de tránsito aéreo, con las cuales se detectó una problemática en cuanto a la precisión de los datos aeronáuticos, los cuales son de importancia para la navegación y por supuesto para la seguridad de los vuelos.

Se hicieron charlas discretas con el personal de controladores de tránsito aéreo donde se determi-

8. Elipsoide internacional de referencia geodésica

nó luego de una serie de consultas e investigaciones la importancia del desarrollo de un diseño metodológico para la determinación de un valor seguro y confiable para la navegación aérea.

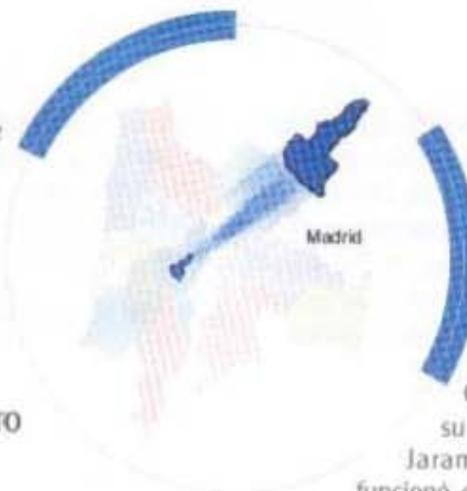
#### DELIMITACION DEL PROYECTO

##### DELIMITACIÓN ESPACIAL

El entorno donde se desarrollara el trabajo, será en el Comando Aéreo de Mantenimiento localizado en el Municipio de Madrid Cundinamarca lineamientos de los ajustes barométricos en las torres de control de la FAC, aspectos importantes para la navegación aérea.

El municipio de Madrid fundado en 1959 esta ubicado en la parte occidental de la sabana de Bogotá. Su cabecera esta localizada a los  $04^{\circ} 44' 04''$  de latitud Norte y  $74^{\circ} 16' 06''$  de longitud oeste. Altura sobre el nivel del mar 2550 metros. El área municipal es 120 Km<sup>2</sup>. Sus límites son los siguientes: por el norte con Subachoque y Tenjo, por el este con Tenjo, Funza y Mosquera, por el sur con Mosquera y Bojacá y por oeste con Bojacá y Facatativa. Dista de Bogotá D. C. 29 Km. Según datos del censo de 1993, la población de la cabecera municipal era 32335 habitantes y el sector rural tenia 5873 habitantes.

Meteorología. Temperatura media 13.3°C. Precipitación media anual 587 mm. Según estas especificaciones el municipio de Madrid esta contemplado dentro de un microclima húmedo con índice de precipitación - evaporación 64 y 127 mm y pertenece a la formación ecológica bosque seco. El fenómeno de inversión de corrientes húmedas y cálidas con la presencia de vientos frios y secos provenientes del suroeste, producen las frecuentes heladas de la región. Sus tierras corresponden al piso térmico frío.



Comando Aéreo de Mantenimiento El Comando Aéreo de Mantenimiento fue creado mediante decreto número 1756 del 8 de Noviembre de 1924, expedido por el entonces Presidente de Colombia Pedro Nel Ospina y su ministro de Guerra Carlos Jaramillo. En sus comienzos funcionó como escuela de formación y Base Aérea propiamente dicha, contando con la asistencia de la Misión Aérea Suiza.

Tras la creación de la Escuela Militar de Aviación en el Valle del Cauca, la Base de Madrid asumió la tarea de capacitar y preparar al personal técnico tomando para éste nuevo periodo el nombre de Base Escuela de Clases Técnicas.

En 1943, la Base fue centro de instrucción Aérea para la formación de Pilotos civiles, graduándose su primera promoción el 29 de Julio de 1944, instrucción llevada a cabo en aviones monomotores PT-11. En 1955, debido al traslado del Escuadrón de Transporte, la Base de Madrid pasó a llamarse Base Arsenal, haciéndose responsable del mantenimiento de todo el material Aeronáutico y del armamento de la FAC. Posteriormente, se le denominó Comando Aéreo de Material y al asignarse las instalaciones del Aeropuerto el Dorado en lo referente a abastecimientos, la Base definitivamente cobró el carácter de Comando Aéreo de Mantenimiento.

Es así como en 1956 en cumplimiento de su misión y por primera vez en la historia de la FAC se efectuó la reparación total de un avión C-47, tarea en la cual se emplearon cuatro meses. Ente 1957 y 1960, mientras se terminaban las instalaciones del Instituto Militar Aeronáutico, éste Comando Aéreo tuvo la responsabilidad de conducir los cursos para Oficiales subalternos y en 1958, realizó el primer curso de escalafonamiento para profesionales en la cual participaron Ingenieros, médicos y odontólogos. En ésta unidad también

se creó el centro de instrucción para soldados que inició actividades el 6 de Agosto de 1962.

La Base de Madrid ha sido a través de su existencia una especie de banco de prueba en donde se han experimentado y realizado todos los modelos operativos y de organización típicos del medio Aeronáutico Militar. Ha sido Escuela de Pilotaje y de Técnicos Civiles y Militares, Instituto de Capacitación de Oficiales, Suboficiales, Soldados y ahora, Comando Aéreo de Mantenimiento en donde por la excepcional capacitación de su potencial humano los destacados avances tecnológicos y la calidad de sus infraestructuras e instalaciones aeronáuticas, esta en condiciones de adelantar los más complejos trabajos en la escala de los mantenimientos aeronáuticos. Adicionalmente, es la Unidad más antigua de la FAC.

#### DELIMITACION TEMPORAL

Debido al movimiento de las placas tectónicas, que generan un margen de desplazamiento del geoide en el subsuelo marino, ocasionando así un desplazamiento de los marcos de referencia. Por lo tanto, se hace necesario hacer correcciones de la cota ortométrica en un lapso de 5 años.

#### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Para la implantación de cualquier procedimiento es la evaluación de los datos aeronáuticos que se obtendrán del proyecto en mención. Para tal fin los datos encontrados de los trabajos de campo se someten a los parámetros de exactitud<sup>9</sup> y precisión<sup>10</sup> ya que para que un dato sea útil debe ser exacto<sup>11</sup>.

Es así como la calidad de estos datos se puede obtener basados en el documento 9674 de la siguiente forma:

1. Conociendo el origen de los datos definidos por un marco de referencia bastante sólido. En este caso, la referencia vertical fue tomada en el vértice geodésico CT 1320 certificado por el IGAC<sup>12</sup>
2. El detalle de cambios incorporados a los datos que consiste en ajustar un dato de altitud que se esta manejando actualmente en las torres de control.
3. Motivo de la modificación de los cambios que hace referencia a la fidelidad de los datos suministrados a las tripulaciones militares,
4. Fuente del cambio de datos teniendo en cuenta que se obtuvieron las certificaciones en el IGAC que están asociadas a la red Magna<sup>13</sup>

Para la aplicación del presente proyecto, realizado en la Unidad de CAMAN se debe de tener en cuenta trabajos preliminares, de campo y de oficina



Vértice Geodésico

9. Grado de conformidad entre el valor medido y el valor real

10. Mínima diferencia que puede distinguirse con confianza mediante un proceso de medición.

11. Tomado del documento 9674. Manual del sistema geodésico Mundial

12. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

13. Sistema de referencia geodesia para Colombia.



Alturas niveladas

1. Reconocimiento visual del aeródromo que consiste en hacer un recorrido detallado del terreno sobre el cual se va a trabajar.
2. Identificación de la referencia geodésica que se tomara como base para el desarrollo del trabajo de campo.
3. Obtención de la certificación del IGAC del vértice geodésico encontrado y sobre el cual se va a trabajar.
4. Solicitar a la Dirección de Navegación Aérea los equipos necesarios para efectuar el trabajo requerido.
5. Elegir el tipo de nivelación que se llevara a cabo verificando que las condiciones de visibilidad, sean las requeridas para una nivelación de precisión, 100 m como mínimo.

Básicamente, se trabajara en base a la obtención de alturas niveladas que son las obtenidas bajo el proceso de nivelación geométrica con métodos ópticos de medición. Las diferencias de nivel observadas varían de acuerdo con el campo de gravedad inherente al sitio en consideración.

#### TRABAJO DE CAMPO

En vista de tener un vértice geodésico cercano, se realizó una nivelación geométrica simple y posteriormente una contranivelación para determinar el grado de precisión de la misma. Se tuvo en cuenta este tipo de trabajo por las condiciones favorables de visibilidad que se presentaron por ser un terreno llano con visuales de menos de 100 m. A continuación, se describe los pasos para la ejecución del trabajo de campo:



Esquema del área de trabajo

1. Llevar equipo apropiado para el trabajo de topografía (nivel de precisión, mira graduada, cinta métrica, y cartera de campo) foto N° 10.



*Equipo de nivelación*

2. Se sitúa el aparato sobre el punto más conveniente que ofrezca las mejores condiciones de visibilidad y allí se nivela. Armar el nivel de precisión en la posición adecuada para la lectura de la mira. Se recomienda utilizar la zona de seguridad de pista y calles de rodaje.



*Mira sobre el vértice geodésico*

3. Llevar la mira y colocarla en el vértice geodésico sobre el cual se hará la primera lectura llamada vista atrás.

4. Localizar puntos que no tengan visuales superiores a 100m, sobre los cuales se llevara la mira y se harán las lecturas correspondientes, llamada vista intermedia, se aconseja escoger como mínimo 5 puntos de interés.



*Ubicación del equipo*

NIVELACIÓN DE PRECISIÓN:  
 $e = 1,2\sqrt{k}$  donde (a)

e: error máximo permisible  
 k: distancia de la nivelación en kilómetros

Clase de nivelación	Longitud de la visual máxima	Aproximación en la lectura de la mira	Error máximo en centímetros
Poca precisión	300 m.	5 centímetros	$9,5\sqrt{K}$
Ordinaria	150 m.	0,5 centímetros	$2,4\sqrt{K}$
Presición	100 m.	0,1 centímetros	$1,2\sqrt{K}$
Geodesica 1° orden	100 m.	0,1 centímetros	$0,8\sqrt{K}$
Geodesica 2° orden	100 m.	0,1 centímetros	$0,4\sqrt{K}$

*Errores permitidos en nivelación  
 Tomada del libro: Topografía de Torres y Villate*

5. Determinar la distancia horizontal de la nivelación, desde el vértice geodésico (CT 1320) hasta el punto B, que se encuentre en el paramento de la torre.

6. A partir del punto B y sin desplazar el equipo del sitio inicial de armado, se realiza el mismo procedimiento del numeral anterior.

7. Se localizan de nuevo 5 puntos sobre los cuales se efectuaran lecturas intermedias hasta llegar de nuevo al Bench Mark o vértice geodésico encontrado, esto con el fin de hallar el error de cierre en la nivelación.

8. Chequeo de la nivelación (contranivelación).

9. Determinar la distancia vertical entre el punto nivelado y la toma estática. Medición hecha con una cinta métrica.

Finalmente, con los datos obtenidos en la nivelación y contranivelación se proceden a efectuar los cálculos correspondientes.

Reemplazando los valores;  
 $e = 1,2\sqrt{0,150}$   
 $e = 0,509$  m (b)

La determinación del error de cierre de la nivelación se lleva a cabo comparando la cota de llegada al vértice CT 1320; con la cota de partida del mismo, luego de la contranivelación. Entonces lo que se hace es lo siguiente:

Cota de llegada: 2548,108  
 Cota de partida: 2548,110

La diferencia entre estos dos valores da a conocer el error de cierre:

Error de cierre = Cota de partida - Cota de llegada  
 Error de cierre = 2548,110 - 2548,108  
 Error de cierre = 0,002

El valor que se obtuvo de 0,002 esta dentro del rango permitido según el resultado de b que corresponde a 50 cm. Es así como se comprueba que la nivelación tiene un alto grado de precisión.

La favorabilidad del presente trabajo radica en la corta distancia que ha sido nivelada, lo cual permite una mayor calidad en el resultado final, así como se observó en el desarrollo de los cálculos.

El resultado obtenido es la cota del punto B que se encuentra ubicado en el paramento de la torre de control de CAMAN. Ahora se lleva a cabo la medición de la distancia vertical de la torre de control con una cinta métrica de 30 m. de longitud. La medición se lleva a cabo de manera directa entre el punto sobre el suelo y la toma estática.

De esta forma, al dato que se obtuvo que fue de 7,931, sumado algebraicamente con el valor de la cota del punto sobre el paramento que fue de 2548,677 y se obtiene la cota ortométrica de la toma estática del altímetro de la torre de CAMAN.

Cota ortométrica = Cota del punto B + altura de la torre

Cota ortométrica = 2548,108 msnm + 7,931

**Cota ortométrica = 2556,039 msnm**

### PRUEBAS DE INSPECCION Y ALTIMETRIA

Es importante que para que el ajuste barométrico sea efectivo, tener en cuenta que se deben realizar periódicamente pruebas e inspecciones a los altímetros de las torres de control como a los equipos altimétricos a bordo con el fin de verificar su correcto funcionamiento, dando cumplimiento a lo siguiente:

#### a. Sistema de presión estática:

1. Verificar que la línea este libre de humedad y obstrucciones.



2. Determinar que el escape este dentro de las tolerancias establecidas en la Parte Novena para aviones pequeños o grandes, la que corresponda.

3. Determinar que el calentador de la toma estática, si aplica, este operativo.

4. Asegurar que ninguna alteración o deformación de la superficie de la estructura puede afectar la relación entre la presión del aire en el sistema de presión estática, y el valor verdadero de la presión estática del medio ambiente en cualquier condición del vuelo.

**b. Altimetro:**

Probarlo en un taller habilitado autorizado de acuerdo con este numeral. A no ser que se lo especifique de otro modo, cada prueba de funcionamiento debe ser realizada con el instrumento sometido a vibración.

Cuando las pruebas son realizadas en condiciones de temperatura bastante diferente a la temperatura ambiente, aproximadamente de 25°C, se debe permitir una tolerancia en dicha variación a partir de la condición especificada:

**Error de escala:** Con la escala de presión barométrica en 88,35 x 10 pascales (29,92 pulgadas de mercurio), el altímetro deberá ser sometido sucesivamente a las presiones correspondientes a la altitud especificada en la Tabla I hasta la altitud máxima que normalmente se espera de la operación de la aeronave, para la cual el altímetro ha de ser instalado. La reducción de la

presión debe ser llevada a cabo a una velocidad que no exceda los 6.096 m por minuto (20000 pies por minuto), hasta casi aproximadamente los 609,6 m (2000 pies) del punto de prueba. El punto de prueba deberá aproximarse hasta un régimen compatible con el equipo de prueba. El altímetro debe ser mantenido a la presión correspondiente en cada punto de prueba al menos por un minuto, y no más de 10 minutos, antes de tomar la lectura. El error en todos los puntos de prueba no deberá exceder las tolerancias especificadas en Tabla I.

**Histéresis:** La prueba de histéresis debe comenzar no más de 15 minutos después de la exposición inicial del altímetro a la presión correspondiente al límite superior de prueba e error de escala descrita anteriormente, y mientras el altímetro está a esta presión, la prueba de histéresis debe comenzar. La presión debe ser incrementada a un porcentaje que simule un descenso en la altitud a una velocidad de 1524 a 6096 m por minuto (5000 a 20000 pies por minuto) hasta alcanzar los 914,4 m (3000 pies) del primer punto de prueba (50% de la altitud Máxima). Luego al punto de prueba se debería aproximar a una velocidad de 914,4 m por minuto (3000 pies por minuto).

El altímetro debe ser mantenido a esta presión por lo menos durante 5 minutos, pero no más de 15 minutos antes de que se tome la lectura. Después de haber sido tomada la lectura, la presión debe ser incrementada aun más en la misma forma anterior hasta que se alcance la presión correspondiente al segundo punto de prueba (40% de la altitud máxima). El altímetro debe ser mantenido a esta presión al menos por un minuto pero no más de 10 minutos antes



que la lectura sea tomada. Después que la lectura sea tomada, la presión debe continuar incrementándose en la misma forma anterior, hasta que se alcance la presión atmosférica. La lectura del altímetro en cualquiera de los dos puntos de prueba no debe diferir mucho más de la tolerancia especificada en la Tabla II de la lectura del altímetro para la correspondiente altitud registrada durante la prueba de error de escala descrita en el párrafo referente a la histéresis;

**Efecto posterior:** No más de 5 minutos después de la finalización de la prueba de histéresis, la lectura del altímetro (corregido por cualquier cambio de presión atmosférica) no debe diferir de la lectura de la presión atmosférica original en valores mayores a los de tolerancia especificada en la Tabla II.

**Fricción:** El altímetro debe ser expuesto a un régimen continuo de disminución de la presión de aproximadamente 228.6 m por minuto (750 pies por minuto). A cada altitud listada en la Tabla III, en cambio en la lectura de la aguja indicadora después de la vibración no deberá exceder a la correspondiente tolerancia indicada en la Tabla III.

**Escape de la caja:** El escape de la caja del altímetro, cuando la presión dentro de él corresponda a una altitud de 5486,4 m (18000 pies), no debe cambiar la lectura del altímetro en un valor mucho mayor que la tolerancia indicada en la Tabla II durante un intervalo de un minuto.

**Error de escala barométrica:** A presión atmosférica constante, la escala barométrica debe ser ajustada a cada una de las presiones (dentro del rango de ajuste) que estén listadas en la Tabla IV y causara que la aguja indique la diferencia de altitud equivalente indicada en la Tabla IV, con una tolerancia de 7,62 m (25 pies).

Los altímetros que son de tipo air data computer asociados con sistemas de computación o que incorporan internamente la corrección de la información del aire, pueden ser probados de alguna manera de acuerdo con las especificaciones desarrolladas por el fabricante, las cuales son aceptadas por la UAEAC.

Prueba integrada del Equipo Automatic Pressure Altitude Reporting y Sistema ATC Transponder. La prueba deberá ser llevada a cabo por una persona calificada bajo las condiciones especificadas en el párrafo (a).



## GESTOR DEL PROYECTO

TS. Cárdenas Tabares Ricardo

ST. Galindo Ferney

## CONCLUSIONES

1. El ajuste barométrico de los altímetros de las torres de control de los aeródromos de la FAC, esta asociado con los requerimientos internacionales para el manejo de información aeronáutica.
2. El nuevo marco de referencia geodésico para Colombia, constituirá una red homogénea y operacional, compatible internacionalmente que facilitará la definición de un nuevo sistema de representación cartográfica para la navegación aérea en la FAC acorde con los estándares globales.
3. El nuevo dato que se suministrará a los pilotos, permitirá asimilar los avances tecnológicos al interior de la Institución, ofrecerá posiciones georreferenciadas más precisas, más rápidas, menos costosas y fáciles de determinar.
4. El valor de la cota de la toma estática del tubo pitot del altímetro de la torre de CAMAN esta ligado al dátum vertical oficial de Colombia, Buenaventura, certificado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, institución encargada de actualizar la cartografía para Colombia.
5. El ajuste altimétrico con el cual se calan los altímetros de las torres de control, debe tener un alto grado de confiabilidad, que permita un desarrollo seguro de las operaciones aéreas, según el manual del sistema geodésico mundial de 1984.
6. La red geodésica a la cual se esta asociando el trabajo para determinar la cota ortométrica, corresponde a la Red Magna SIRGAS; que es el sistema de referencia para Colombia.
7. Las nuevas aplicaciones de manipulación de los sistemas de información y la generación de cartografía obligan, cada vez más, a la utilización de elipsoides globales. El nuevo dato responde favorablemente a estas condiciones: elimina las distorsiones geodésicas o cartográficas y proporciona niveles de precisión acordes con las exigencias actuales en navegación.
8. La aplicación del concepto de ajuste barométrico, esta enmarcado bajo los principios de rapidez y ordenamiento del transito aéreo, y bajo el concepto de seguridad aérea.
9. La cota ortométrica de la toma estática será empleada con seguridad para calar los altímetros de las torres de control.
10. Los altímetros a bordo, deben ser sometidos periódicamente a calibración en el laboratorio de instrumentos.
11. Para calibrar los altímetros de las torres de control, se debe realizar una nivelación topográfica de precisión.
12. El trabajo debe ser realizado por un topógrafo calificado, con el fin de confirmar la exactitud, precisión y confiabilidad.
13. La propuesta metodologica será puesta a consideración de la Dirección de Navegación, para posterior aplicación en los aeródromos de la FAC.

## GLOSARIO

**Acimut:** Angulo medido en el sentido de las agujas del reloj a partir del Norte, su valor está comprendido entre 0 y 360 Grados. Se denomina Rumbo si se mide con respecto al Norte Magnético, mientras que se emplea el término Acimut Geográfico si se mide con respecto al Norte Geográfico.

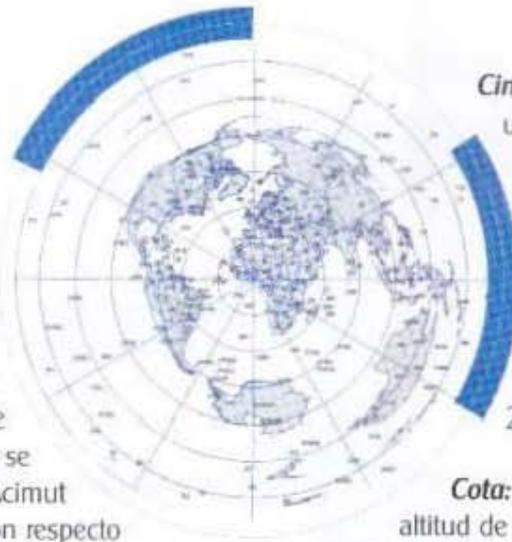
**Altimetría:** Parte de la topografía que se ocupa de medir altitudes. Sinónimo complementario: hipsometría.

**Altimetro:** Aparato que se utiliza para medir la altitud de un punto con relación a un nivel de referencia que, habitualmente, es el nivel del mar. El sistema en el que esté basado se denomina barométrico, de radar, de ultrasonidos, etc.

**Altitud:** Distancia medida verticalmente desde un punto a la superficie de nivel de referencia que constituye el origen de las altitudes de los mapas topográficos de un país.

**Altitud ortométrica:** Altitud de un punto de la Superficie Terrestre sobre el geoide, medida a lo largo de la línea de plomada. Debido a la falta de paralelismo entre las superficies de nivel o superficies equipotenciales en el campo de la gravedad, la altitud ortométrica es distinta para puntos de una misma superficie de nivel.

**Altura.** Distancia vertical entre un punto u objeto determinado como punto y la superficie.



**Cinta métrica:** Instrumento utilizado para medir terrenos que consiste en una cinta graduada de acero o de plástico con hilos de cobre o de nylon. Nota: las cintas métricas más usuales tienen longitudes de 2, 3, 5, 10, 25 y 50 metros.

**Cota:** Cifra que representa la altitud de un punto con respecto a la superficie de nivel de referencia.

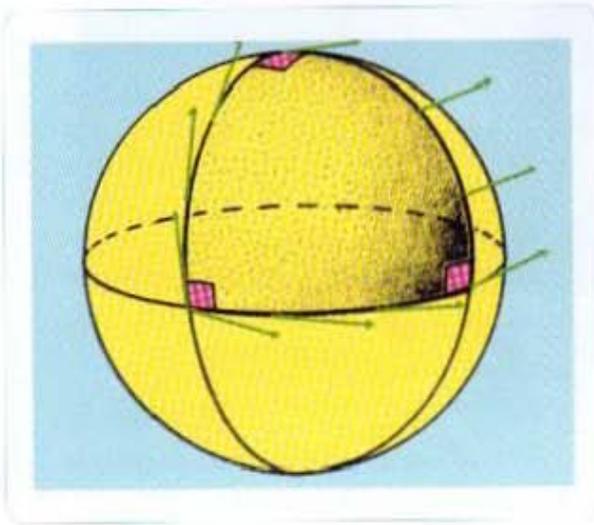
**Dátum:** Punto Fundamental del terreno, determinado por observación astronómica, con el que se enlazan los extremos de la base del primer triángulo de una cadena de triangulación y que sirve de origen a todas las coordenadas geográficas de la red. En España se ha adoptado el Datum Europeo o Datum Potsdam.

**Dátum geodésico:** Conjunto de parámetros que determinan la forma y dimensiones del elipsoide de referencia.

**Estación:** Punto del terreno, a menudo indicado con una estaca o alguna otra señal, donde se coloca el instrumento de observación y medida topográfica o geodésica.

**Elevación.** Distancia vertical entre el nivel medio del mar y la superficie.

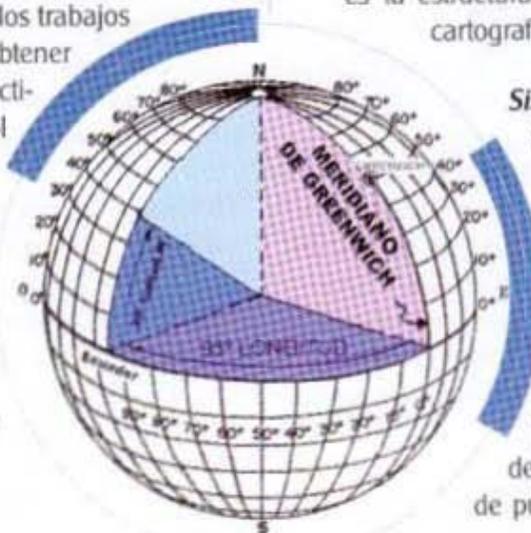
**Elipsoide de referencia:** Superficie formada por la revolución de una elipse alrededor de su eje menor y usado como dato de comparación en levantamientos geodésicos del globo terrestre. Es la figura matemática que más se aproxima al Geoide, siendo sencilla de definir matemáticamente.



**Georreferenciación:** Posicionamiento en el que se define la localización de un objeto espacial en un sistema de coordenadas determinado. Este proceso es utilizado frecuentemente en los Sistemas de Información Geográfica.

**Geodesia:** Ciencia que tiene por objeto el estudio y la determinación de la forma, dimensiones y campo de la gravedad de la Tierra y de los cuerpos celestes cercanos a ella. Previamente a la realización del mapa topográfico de un país, son necesarios los trabajos de Geodesia. Permite obtener datos para fijar con exactitud los puntos de control de la triangulación y la nivelación.

**Latitud:** Angulo medido sobre un arco de meridiano, que hay entre un punto de la superficie terrestre y el Ecuador.



**Longitud:** Distancia angular, medida sobre un arco de paralelo, que hay entre un punto de la superficie terrestre y un meridiano tomado como base u origen.

**Nivelación geométrica:** También llamada nivelación por alturas, consiste en determinar la diferencia de altitud entre los puntos observados, realizando visuales horizontales dirigidas a miras verticales.

**Nivelación trigonométrica:** Método altimétrico para determinar el desnivel de un punto respecto de otro, midiendo la distancia cenital o el ángulo de pendiente de la visual, junto con la distancia entre ambos puntos.

**Presión atmosférica.** Es la presión del aire sobre la superficie terrestre.

**Red geodésica:** Conjunto de puntos denominados vértices, materializados físicamente sobre el terreno, entre los cuales se han realizado observaciones geodésicas con el fin de determinar su precisión tanto en términos absolutos como relativos. Una red geodésica es la estructura que sostiene a toda la cartografía de un territorio.

**Sistemas GNSS:** (Global Navigation Satellite System) Sistemas de Navegación Global por Satélites

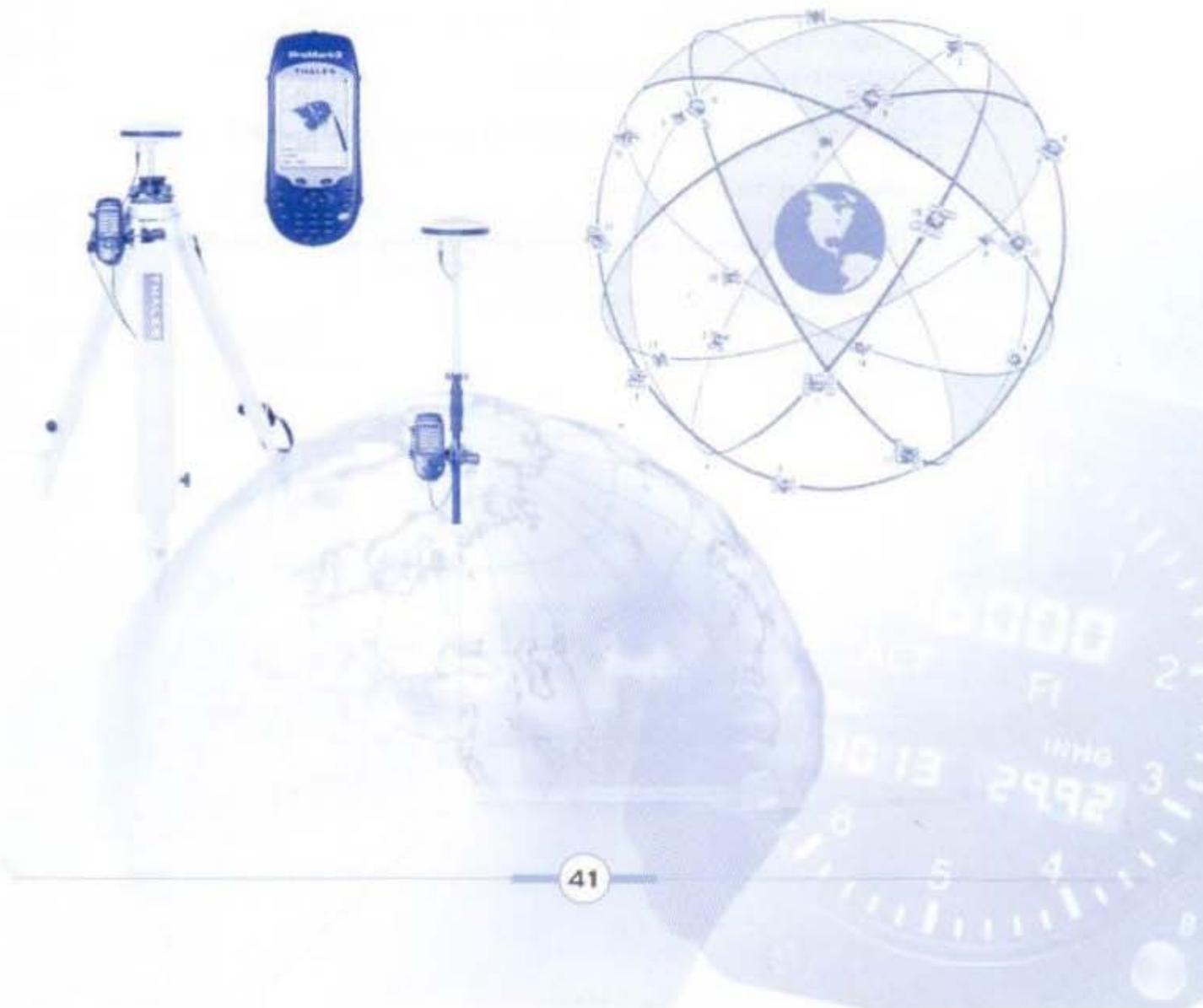
**Topografía.** La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos, sobre la superficie

de la tierra, por medio de medidas según los 3 elementos del espacio que son el largo, alto y ancho. Estos elementos pueden ser dos distancias y una elevación o una distancia una dirección y una elevación.

**Vértice geodésico:** Materialización sobre el terreno, por medio de marcas o construcciones efectuadas, de puntos entre los que se han realizado mediciones geodésicas y cuyas coordenadas y precisión se conocen mediante el procesamiento de las observaciones.

**WGS -84:** Designa el Sistema Coordinado materializado y diseminado por la agencia

norteamericana National Geospacial Intelligence Agency (NGA) antigua NIMA. El origen de este Sistema de Referencia se remonta a la era Doppler, aunque en la actualidad está basado prácticamente en observaciones GPS. La solución más reciente es el denominado WGS84 versión G873, época 19970, donde la letra G denota que la solución solo contiene observaciones GPS (Global Positioning System). El número 873 hace referencia a la semana GPS en que las efemérides precisas calculadas por NIMA se distribuyeron por vez primera al público en este nuevo sistema coordinado (0h UTC, septiembre 29, 1996).



**BIBLIOGRAFIA**

TORRES NIETO, Álvaro y VILLATE BONILLA, Eduardo. *Topografía*. 1º. Edición. Bogotá. Ed. Norma. 1982. p. 17-152.

ORGANIZACIÓN DE LA AVIACION CIVIL INTERNACIONAL. Documento 9674, *Manual del Sistema Geodésico Mundial-1984*. 2º. Edición. C 2, p 2-1 - 2-5; 3-1 - 3-3; 4-1 - 4-6.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. *Tesis y otros trabajos de grado 2004-2005. Edición actualizada*. Santa fe de Bogota D.C.: ICONTEC, 2004.26 p.NTC 1486.

REGLAMENTOS AERONAUTICOS DE COLOMBIA. Apéndice E. Capítulo 1. *Pruebas e inspección del sistema de altimetría*. RAC.

Disponibile en: <http://inicia.es/de/vuelo/INS/INS23.html>

Disponibile en: [www.geoline.cl/docs/Nikon](http://www.geoline.cl/docs/Nikon)

Disponibile en: [html.rincondelvago.com/levantamientos-con-nivel.html](http://html.rincondelvago.com/levantamientos-con-nivel.html)

Disponibile en: [www.wgs84.com](http://www.wgs84.com).

Disponibile en: [www.mundogps.com/mundogps/formación/conceptos/Referencias](http://www.mundogps.com/mundogps/formación/conceptos/Referencias)

Disponibile en: [www.observatorio.unal.edu.co](http://www.observatorio.unal.edu.co)