



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

**MONOGRAFÍA, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNOLOGO SUPERIOR EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

**CALIBRACIÓN DEL COMPÁS MAGNÉTICO DE LA AERONAVE DHC-6 TWIN OTTER, SEGÚN LA CIRCULAR DE ASESORAMIENTO 43.13-1B, PERTENECIENTE A LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA, EN EL ALA DE TRANSPORTE N°11 - GRUPO LOGÍSTICO N°112.**

**AUTOR: MASAQUIZA CRUZ, ALAN SANTIAGO**

**DIRECTOR: ING. INCA YAJAMIN, GABRIEL SEBASTIAN**

**LATACUNGA**

**Febrero, 2024**





- **Objetivos**



- **Introducción**



- **Marco teórico**



- **Desarrollo del tema**



- **Conclusiones y recomendaciones**



# Objetivo General

Realizar la Calibración del compás magnético de la aeronave DHC-6 TWIN OTTER, según la Circular de Asesoramiento 43.13-1B, perteneciente a la Fuerza Aérea Ecuatoriana, en el Ala de transporte N°11 - Grupo Logístico N°112.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Objetivos Específicos

Investigar y recopilar información técnica referente al principio de operación del compás magnético aplicables en aeronaves.

Determinar los requerimientos para efectuar la calibración del compás magnético de la aeronave DHC-6 TWIN OTTER.

Implementar un equipo de apoyo en tierra (barra de remolque) en base al Ground Equipment Manual de la aeronave DHC-6 TWIN OTTER, necesaria para realizar la tarea de mantenimiento.

Llevar a cabo la Calibración del compás magnético de la aeronave DHC-6 TWIN OTTER por el intervalo de inspección anual en base al Inspection Requirement Manual.

Realizar pruebas operacionales del compás magnético de la aeronave DHC-6 TWIN OTTER según el Manual de Mantenimiento de la aeronave.



# Introducción

Ala de transporte N°11 - Grupo Logístico  
N°112



Aeronave DHC-6 TWIN OTTER –  
Matrícula FAE 452

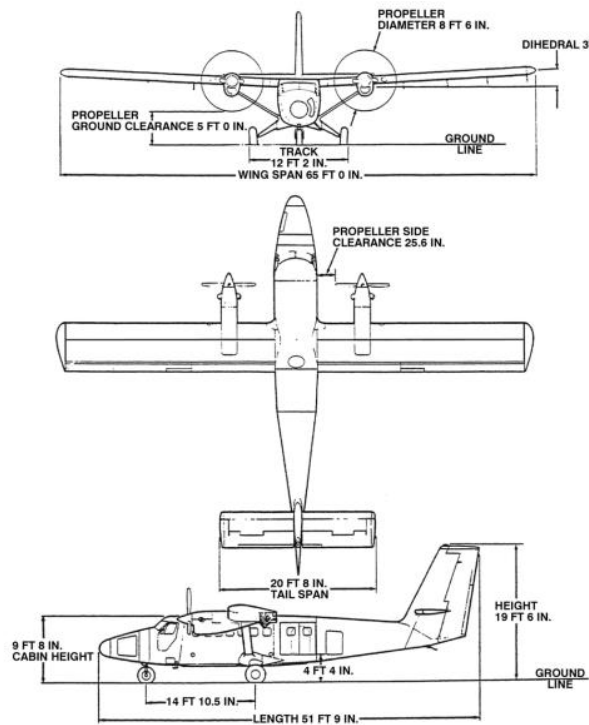


# Introducción

## Especificaciones técnicas de la Aeronave DHC-6 TWIN OTTER

**VIKING**  
DHC-6 SERIES 300

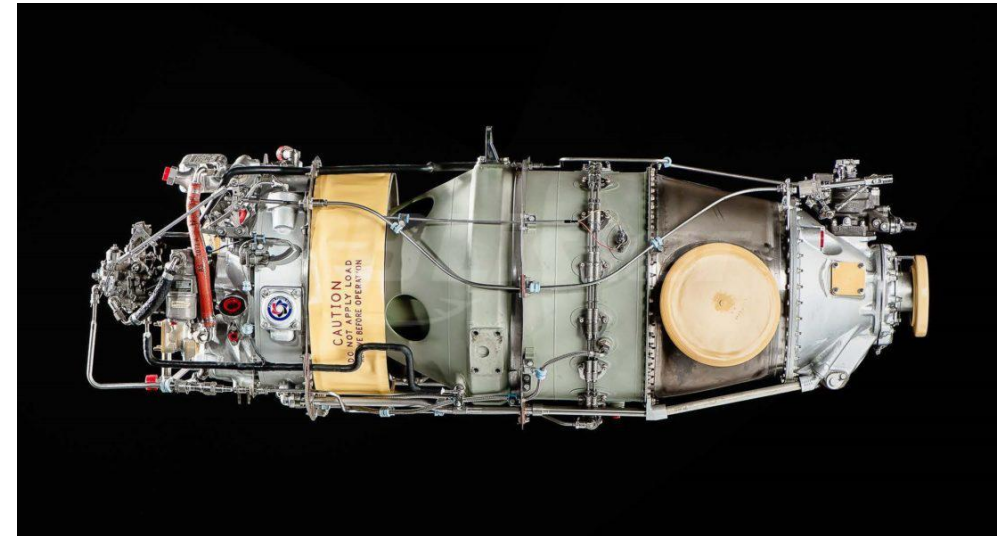
PSM 1-63-2  
MAINTENANCE MANUAL



Aircraft Dimensions  
Figure 1

06-00-00  
Page 2  
Jun. 29/12

## MOTOR PT6A-27



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Marco teórico

## Sistema de navegación – ATA 34



Panel de control de la aeronave DHC-6 TWIN OTTER

# Instrumentos de Vuelo



	Nombre
A	Anemómetro (nudos)
B	Horizonte Artificial Electrónico(°)
C	Altimetro (pies - ft)
D	Indicador de desviación de curso
E	Indicador de viraje
F	Indicador Radio magnético (RMI)
G	Indicador de situación horizontal (HSI)
H	Indicador de velocidad vertical
I	Radioaltímetro

Panel de instrumentos de la aeronave DHC-6 TWIN OTTER



# Instrumentos de Navegación de Reserva



Horizonte Artificial de reserva

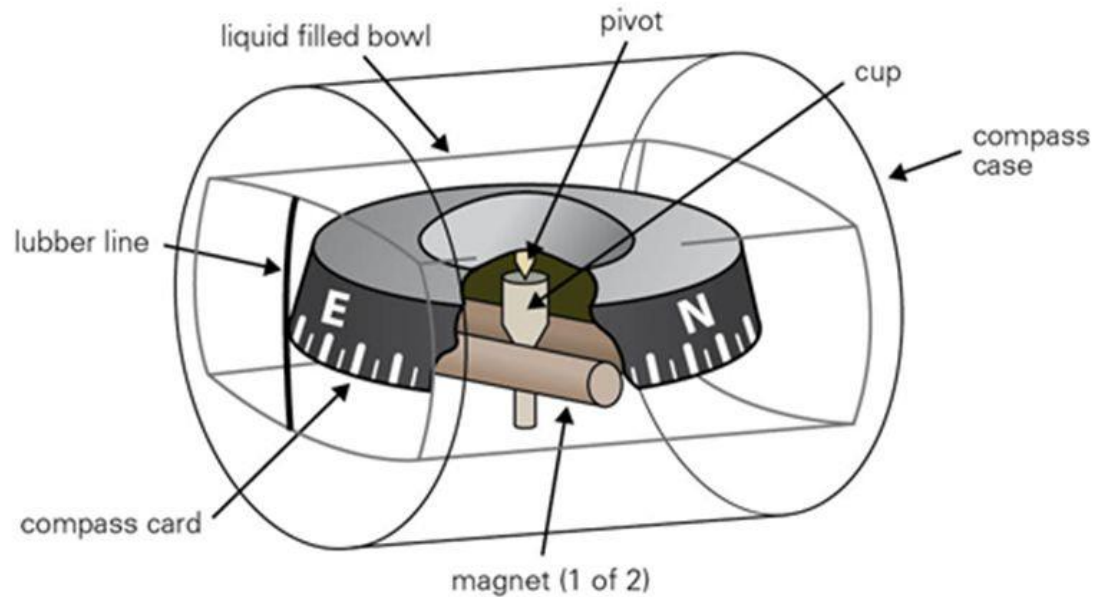


Compás Magnético



## Brújula Magnética de reserva (Standby Magnetic Compass)

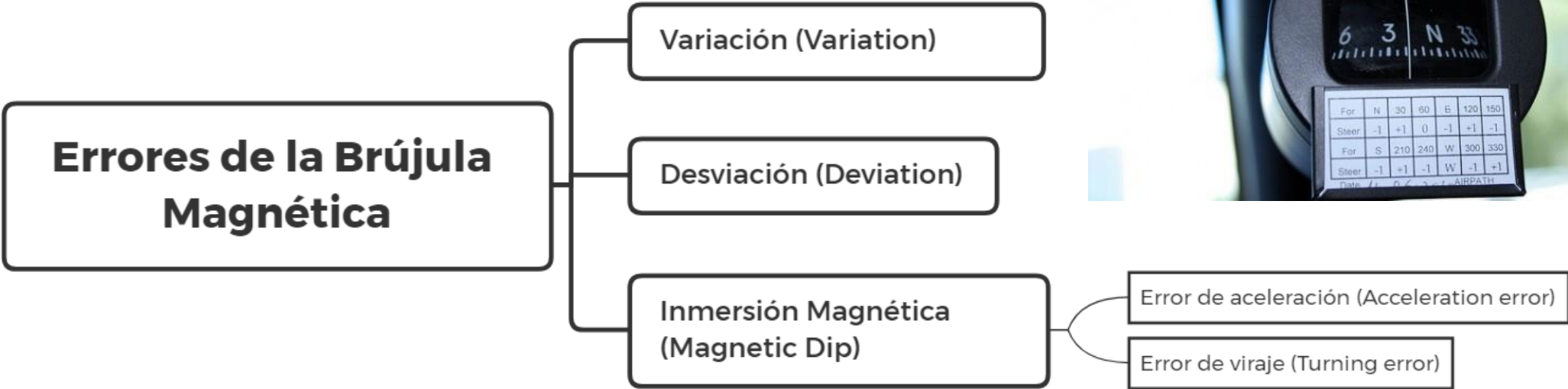
### Construcción de la brújula magnética



N°	Nombre	Traducción
1	Lubber line	Linea de fé
2	Compass card	Tarjeta de la brújula
3	Sensing magnet	Barra magnética
4	Cup	copa
5	Compensating magnet	Imán de compensación
6	Pivot	Punto pivote
7	Compass case	Carcasa de la brújula
8	Liquid filled bowl	Líquido amortiguador

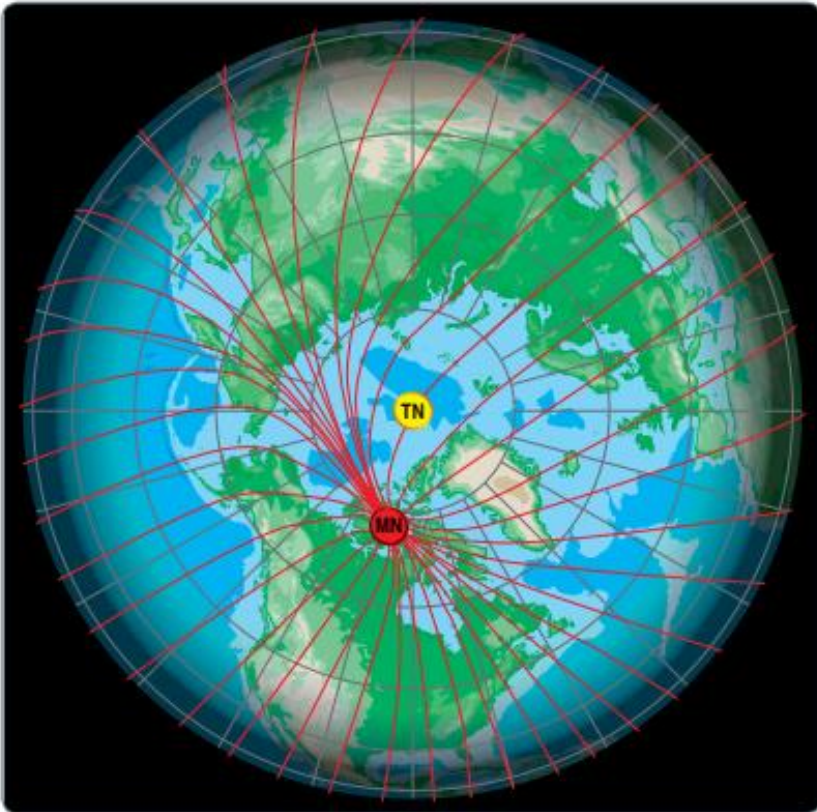
# Marco teórico

## Errores inducidos por la brújula magnética



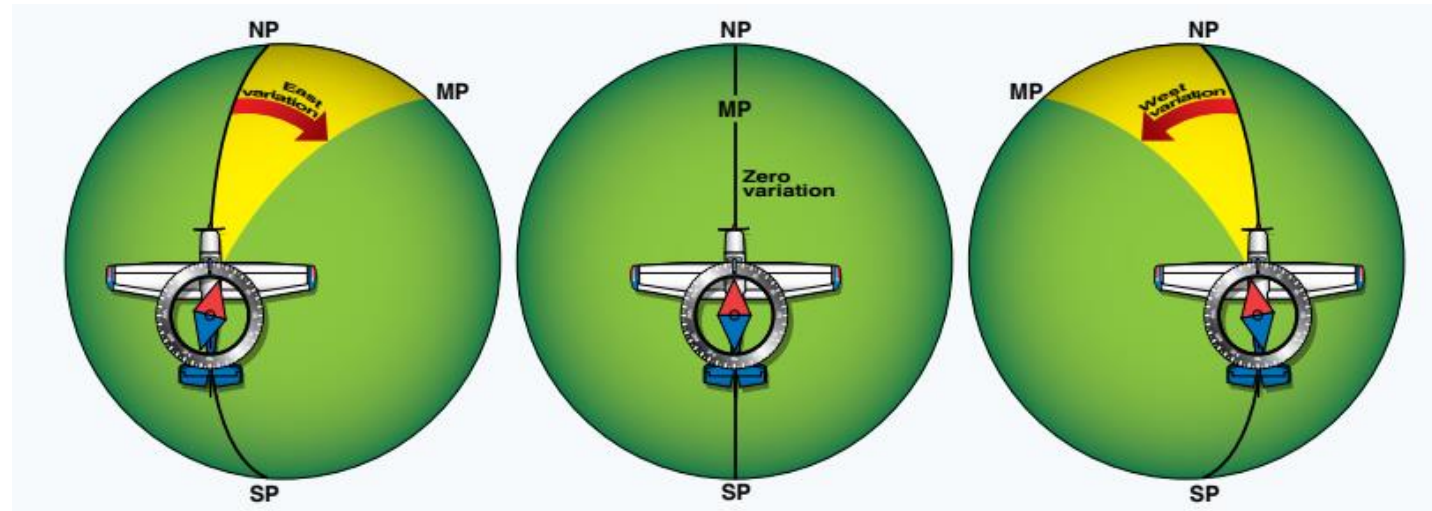
# Variación Magnética (Magnetic variation)

Líneas de variación magnética



Líneas **rojas**: meridiano magnético  
Líneas **azules**: latitud y longitud

Efecto de la variación en la brújula.

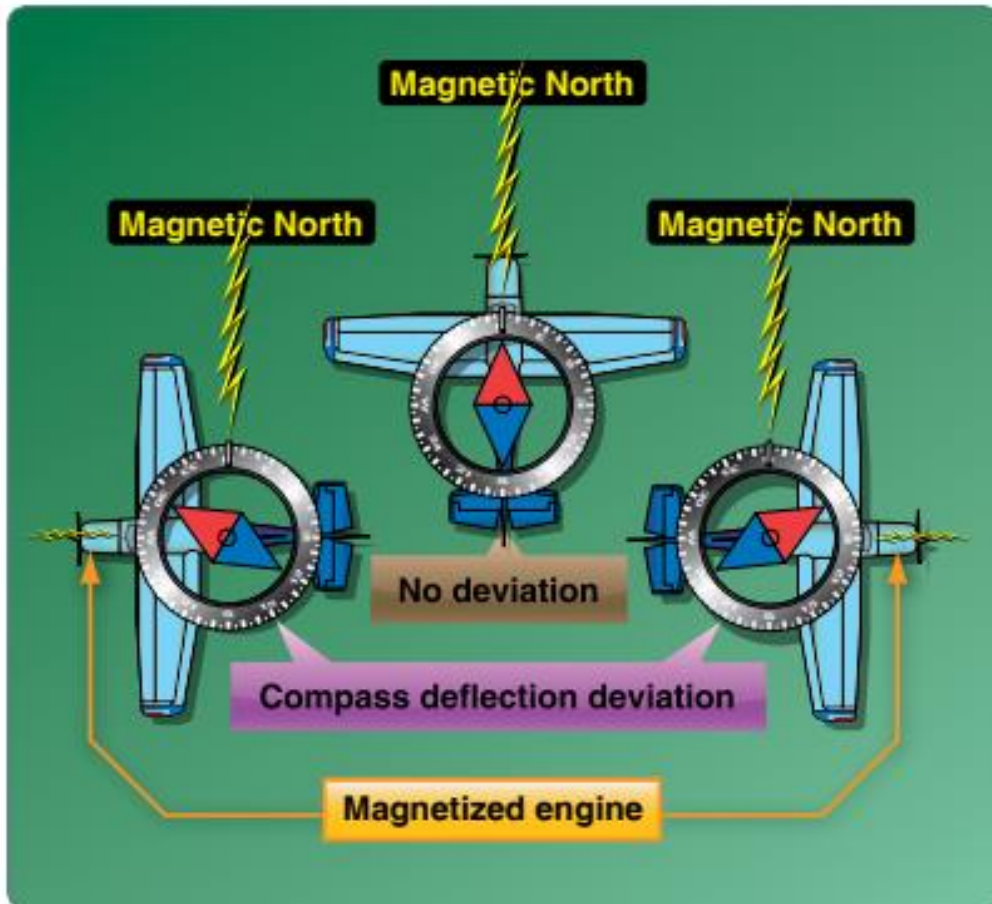


Tomado de: Handbook FAA  
• Capítulo 16 - Navegación

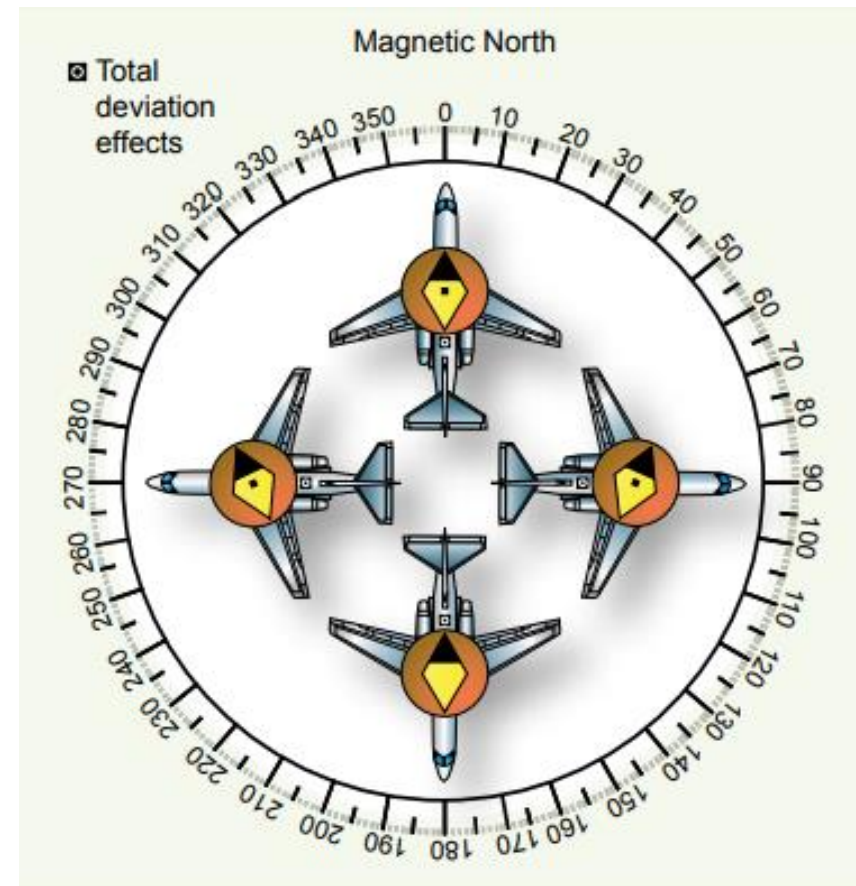


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Desviación del Compás (Compass deviation)



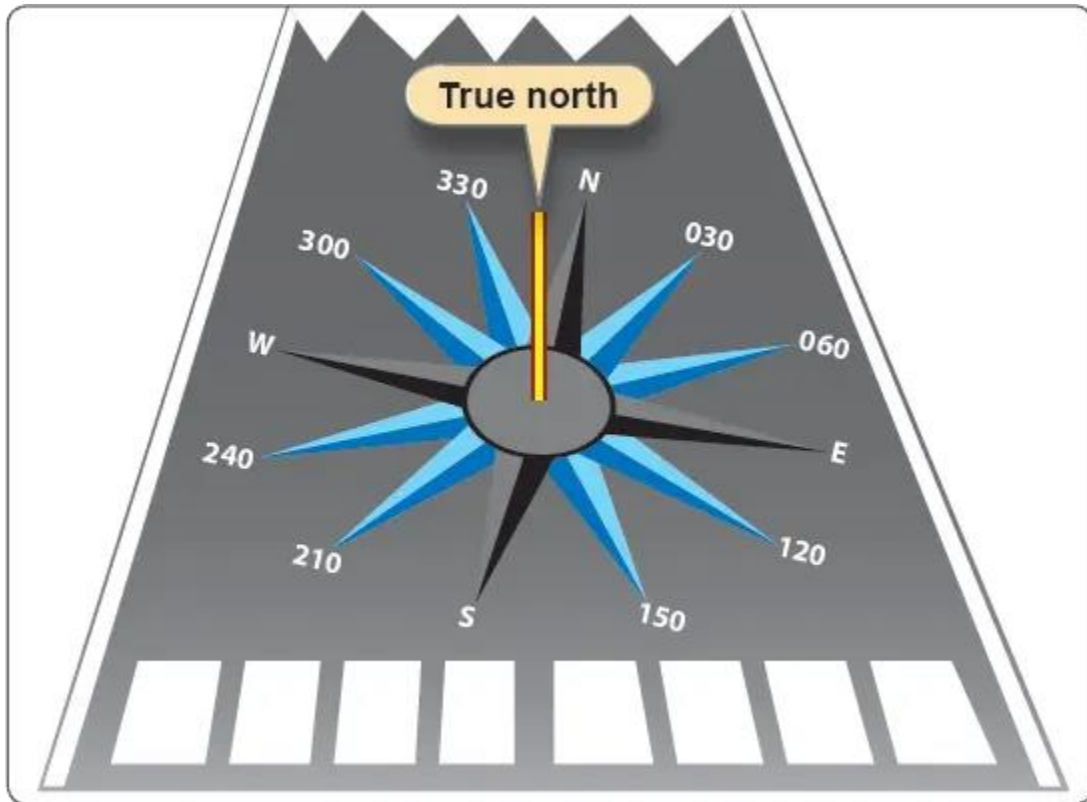
Efecto de magnetismo estructural.



Proceso de oscilación de la brújula.

# Corrección de error de la brújula magnética

Rosa de vientos



Equipo de calibración



For (Magnetic)	N	30	60	E	120	150
Steer (Compass)	0	28	57	86	117	148
For (Magnetic)	S	210	240	W	300	330
Steer (Compass)	180	212	243	274	303	332

Carta de calibración de la brújula

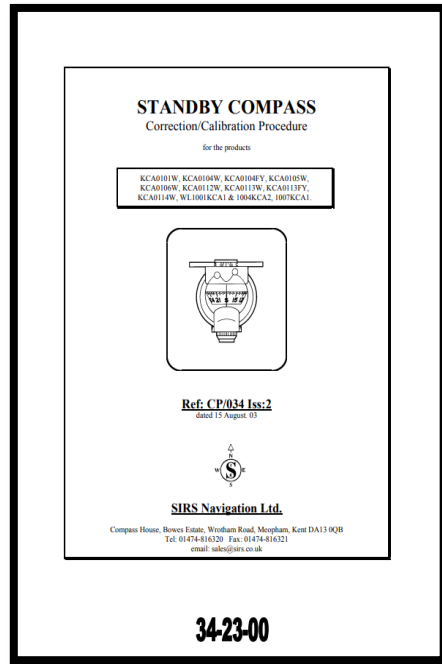


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

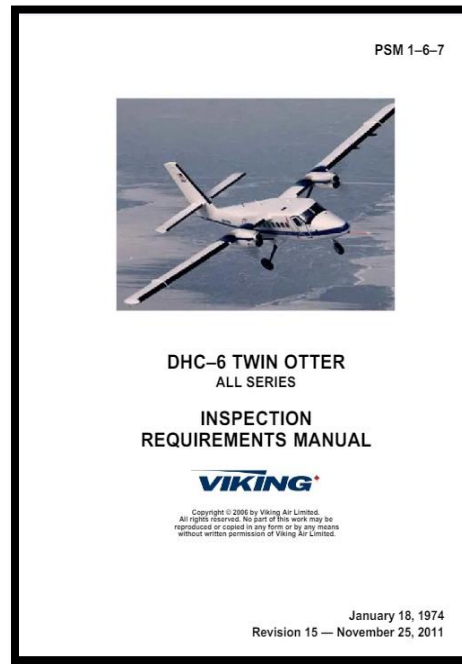
# Documentación técnica aplicable al procedimiento de calibración de la Brújula magnética



AMM (Manual de mantenimiento de la aeronave)



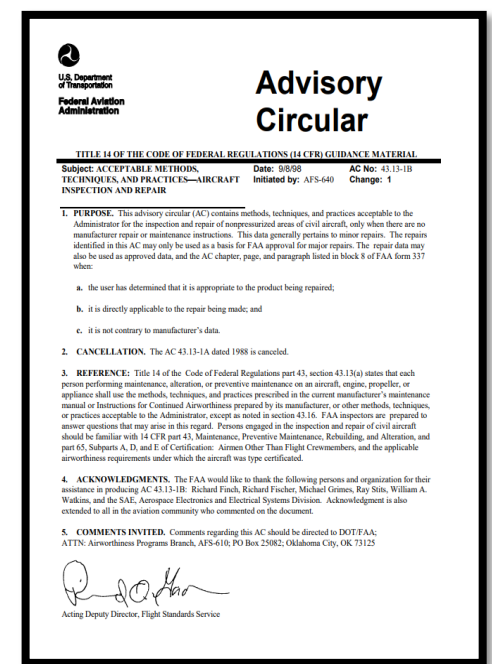
CCM (Manual de mantenimiento del componente)



IRM (Manual de requerimientos de inspección)



GSM (Manual de soporte en tierra)



AC (Circular de asesoramiento) 43.13-1B



# Causas para efectuar Compass Swing

Acorde a: AC 43.13-1B



U.S. Department  
of Transportation  
**Federal Aviation  
Administration**

## Advisory Circular

TITLE 14 OF THE CODE OF FEDERAL REGULATIONS (14 CFR) GUIDANCE MATERIAL

Subject: ACCEPTABLE METHODS,      Date: 9/8/98      AC No: 43.13-1B  
TECHNIQUES, AND PRACTICES—AIRCRAFT      Initiated by: AFS-640      Change: 1  
INSPECTION AND REPAIR

### SECTION 3. GROUND OPERATIONAL CHECKS FOR AVIONICS EQUIPMENT (NON ELECTRICAL).

- 12-37 COMPASS SWING, literal “A”

Cuando se sospeche  
de la precisión de la  
brújula.

Después de cualquier  
modificación de la  
cabina o sustitución  
importante que  
implique metal ferroso.

Siempre que una  
brújula haya sido  
sometida a un  
aterrizaje brusco o de  
turbulencias.

Después de que la  
aeronave haya  
atravesado una  
tormenta eléctrica  
severa.

Después de un golpe  
de rayo.

Posterior a un cambio  
de motor en la  
aeronave.

Después de que la  
aeronave haya estado  
estacionada en un  
rumbo durante más de  
un año.

En intervalos de 12  
meses o según  
especifique el  
fabricante.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# Programa de Inspección (Estándar)

PSM 1-6-7



**DHC-6 TWIN OTTER  
ALL SERIES  
INSPECTION  
REQUIREMENTS MANUAL**



Copyright © 2006 by Viking Air Limited.  
All rights reserved. No part of this work may be  
reproduced or copied in any form or by any means  
without written permission of Viking Air Limited.

January 18, 1974  
Revision 15 — November 25, 2011

**DHC-6 TWIN OTTER  
INSPECTION REQUIREMENTS MANUAL**

- D Check or C12 Check. Every 6000 hours.
- C Check. Every 3000 hours
- C Check. Every 1500 hours
- C Check. Every 500 hours
- B Check. Every 250 hours
- A Check. Every 125 hours

**C CHECK X 500**

A	B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	D
X														
	X													
		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
				X			X			X				X
		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
						X								X
		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Explanation of Basic Inspection Form  
Figure 1

## Inspection Requirements

Page 5 of 8



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Programa de Inspección (Estándar)

PSM 1-6-7



DHC-6 TWIN OTTER  
ALL SERIES  
INSPECTION  
REQUIREMENTS MANUAL

**VIKING\***

Copyright © 2006 by Viking Air Limited.  
All rights reserved. No part of this work may be  
reproduced or copied in any form, or by any means  
without written permission of Viking Air Limited.

January 18, 1974  
Revision 15 — November 25, 2011

## Basic Inspection-34

- Number 8 Navigational Instruments
- ITEM "G"

Basic Inspection — 34  
Page 6 of 18  
Nov 25/11

SYSTEM AND ITEM	INSPECTION REQUIREMENT	E	A	B	C CHECK X 500 HOURS											D or 12	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
8. (Cont'd)																	
g. Standby Compass	(1) Condition and security. Clean as required. (Card 16-04a)					X		X		X		X		X			X
	(2) Compass swing. (SP2-L1, Card 16-04b, Cal 16-4)					Every 12 months or in accordance with the local regulatory authority											
h. Air Temperature Gage Pre Mod 6/2049	Condition and security. (Card 23-06)						X			X				X			X
i. Flux Detector Pre Mod 6/2049	Condition and security; cables and connectors for security, mounting brackets for security. Clean as required. (Card 28-05)						X			X				X			X
j. Radio Magnetic Indicator Pre Mod 6/2049	Condition and security; cables and connectors for security. (Card 16-03g)					X		X		X			X			X	X
k. Annunciator Pre Mod 6/2049	Condition; connectors for security. (Card 16-03g)					X		X		X			X			X	X
l. Radio Altimeter Pre Mod 6/2049	Condition and security of mounting; cables for condition and connector for security. (Card 18-12c)						X			X				X			X
m. DME Unit	Condition and security of mounting; cables for condition and connector for security. (Card 18-12b)						X			X				X			X
9. Pitot Heads	(1) Condition and obstruction. (Card RA-EXT-15)		X														
	(2) Operational test. (Power on) (Card RA-DPR-01)		X														
	(3) Security and corrosion. (Card 08-13)					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10. Static Vents	Condition and obstruction. (Card RA-EXT-15)		X														

DHC-6 TWIN OTTER  
INSPECTION REQUIREMENTS MANUAL

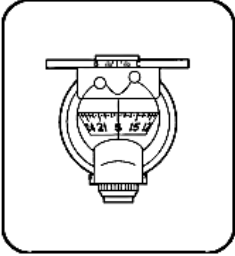


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA


# Coeficientes de corrección de la brújula magnética P/N KCA0104W

**STANDBY COMPASS**  
Correction/Calibration Procedure  
for the products

KCA0101W, KCA0104W, KCA0104FY, KCA0105W,  
KCA0106W, KCA0112W, KCA0113W, KCA0113FY,  
KCA0114W, WL1001KCA1 & 1004KCA2, 1007KCA1.

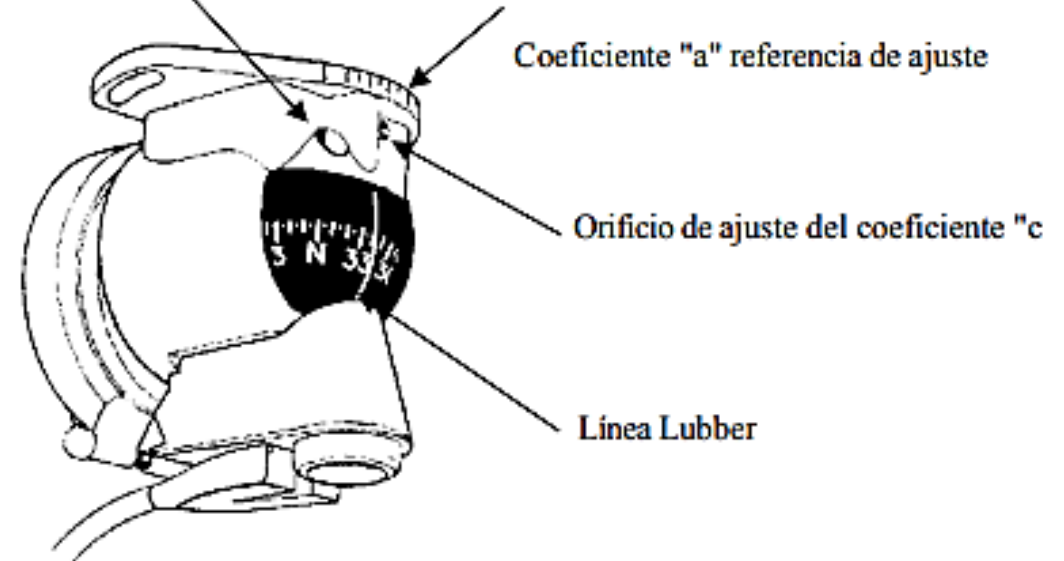


**Ref: CP/034 Iss:2**  
dated 15 August. 03



**SIRS Navigation Ltd.**  
Compass House, Bowes Estate, Wrotham Road, Meopham, Kent DA13 0QB  
Tel: 01474-816320 Fax: 01474-816321  
email: sales@sirs.co.uk

Orificio de ajuste del coeficiente "b"

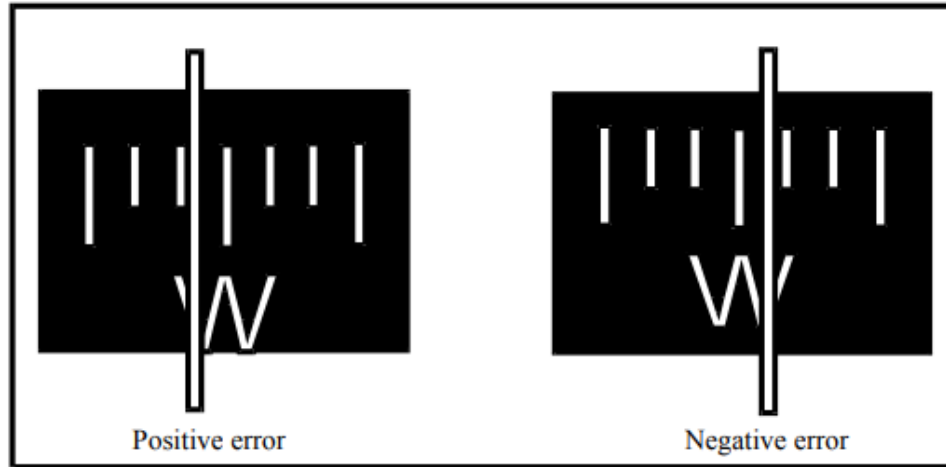


34-23-00



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Coeficientes de corrección de la brújula magnética P/N KCA0104W



Lecturas de error de la brújula

Cuatro husillos

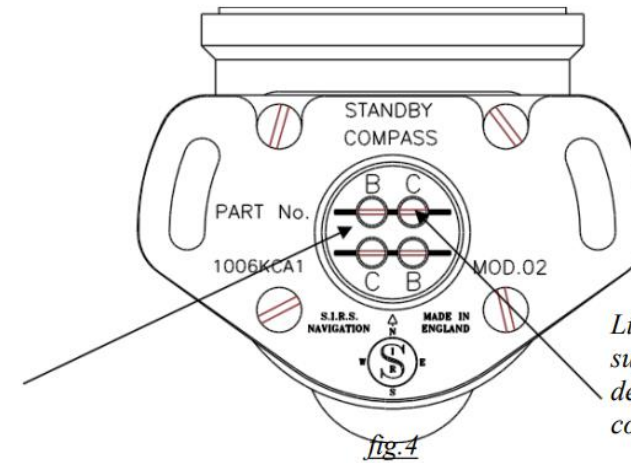


fig.4

Corrección Cero

Línea blanca grabada en la parte superior del eje, alineada a través de la brújula, que indica la corrección Cero

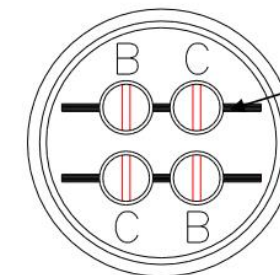


fig.5

Línea blanca grabada en la parte superior del eje, alineada a 90° a través de la brújula, que indica la corrección máxima



# Tolerancia de maniobrabilidad

PSM 1-6-2T



**DHC-6 TWIN OTTER**  
(SERIES 100/200/300/400)

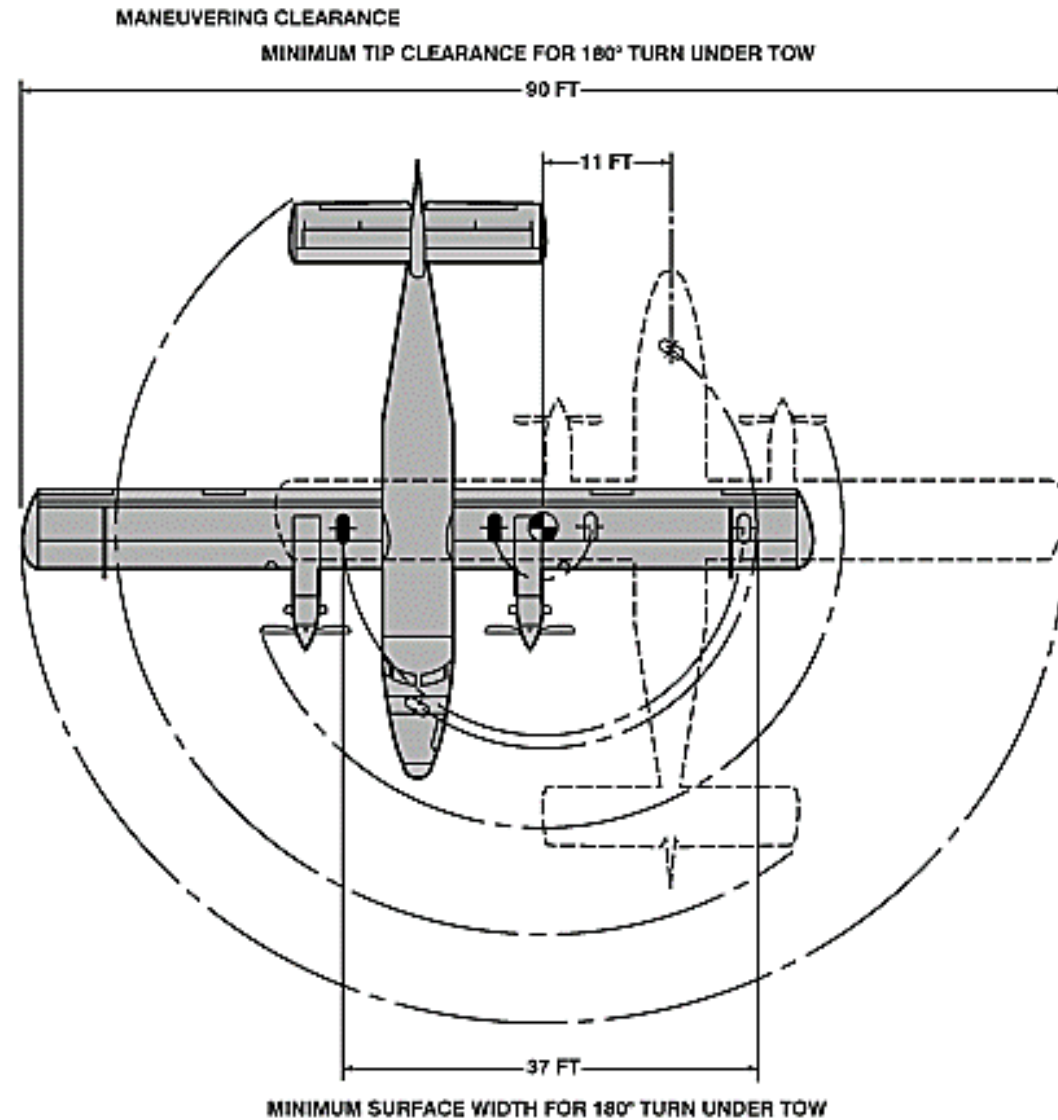
## GROUND SUPPORT MANUAL



Copyright © 2006 by Viking Air Limited. All rights reserved. No part of this work may be reproduced or copied in any form or by any means without written permission from Viking Air Limited.

Revision 14 - May. 21/19

## Chapter 9 – Towing and Taxiing



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# RDAC 121

## REQUISITOS DE OPERACIÓN: OPERACIONES DOMÉSTICAS E INTERNACIONALES REGULARES Y NO REGULARES

REGULACIONES  
TÉCNICAS  
RDAC PARTE 121

### CAPÍTULO H - INSTRUMENTOS Y EQUIPOS: AVIONES

Establece los requisitos de instrumentos y equipos para los aviones de todos los explotadores que operan según esta regulación.

#### 121.815 - Requerimientos para todos los vuelos

a) Todos los aviones deben estar equipados con instrumentos de vuelo y de navegación que permitan a la tripulación:

- (1) Controlar la trayectoria de vuelo del avión;
- (2) Realizar cualquiera de las maniobras reglamentarias requeridas; y
- (3) Observar las limitaciones operacionales del avión en las condiciones operacionales previstas.

#### 121.830 - Equipo para operaciones VFR

a) Todos los aviones que operen con sujeción a las VFR según esta regulación deben llevar el siguiente equipo:

- (1) Una brújula (compás) magnética(o);
- (2) Un reloj de precisión que indique la hora en horas, minutos y segundos;
- (3) Un altímetro barométrico de precisión;
- (4) Un indicador de velocidad aerodinámica;
- (5) Un indicador de velocidad vertical (variómetro);
- (6) Un indicador de viraje y de desplazamiento lateral;
- (7) Un indicador de actitud de vuelo (horizonte artificial);
- (8) Un indicador de rumbo (giróscopo direccional);
- (9) Un dispositivo que indique, en la cabina de la tripulación, la temperatura exterior;

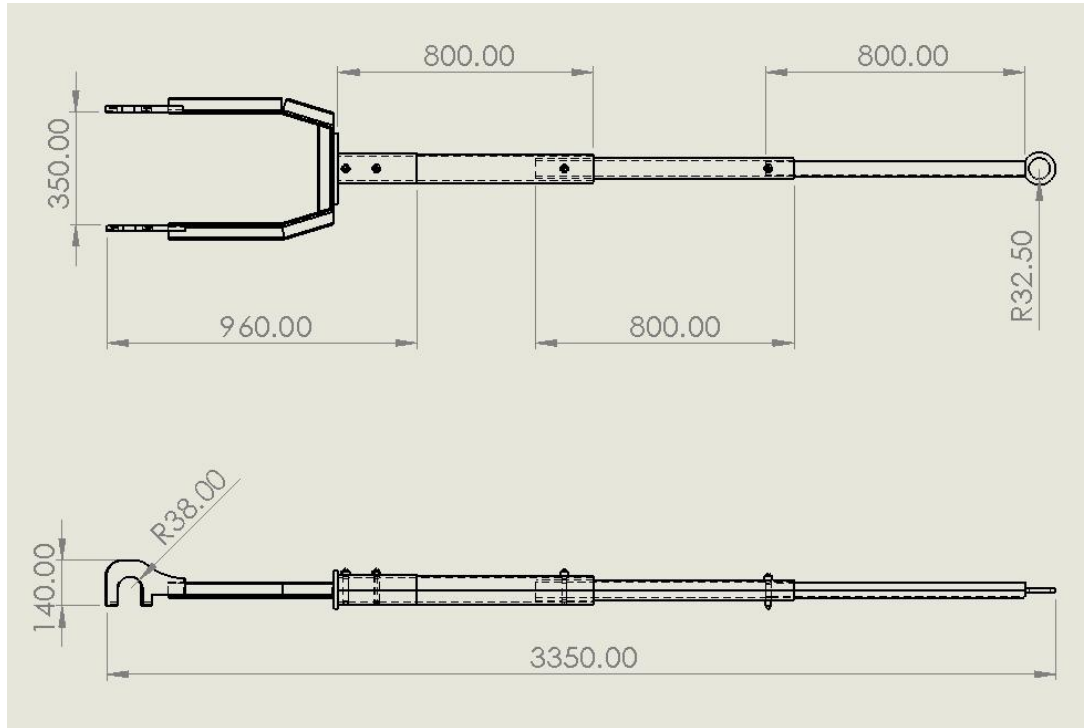
#### 121.835 - Equipo para operaciones IFR

a) Todos los aviones que operen con sujeción a las IFR según esta regulación o cuando no puedan mantenerse en la actitud deseada sin referirse a uno o más instrumentos de vuelo, deben estar equipados con:

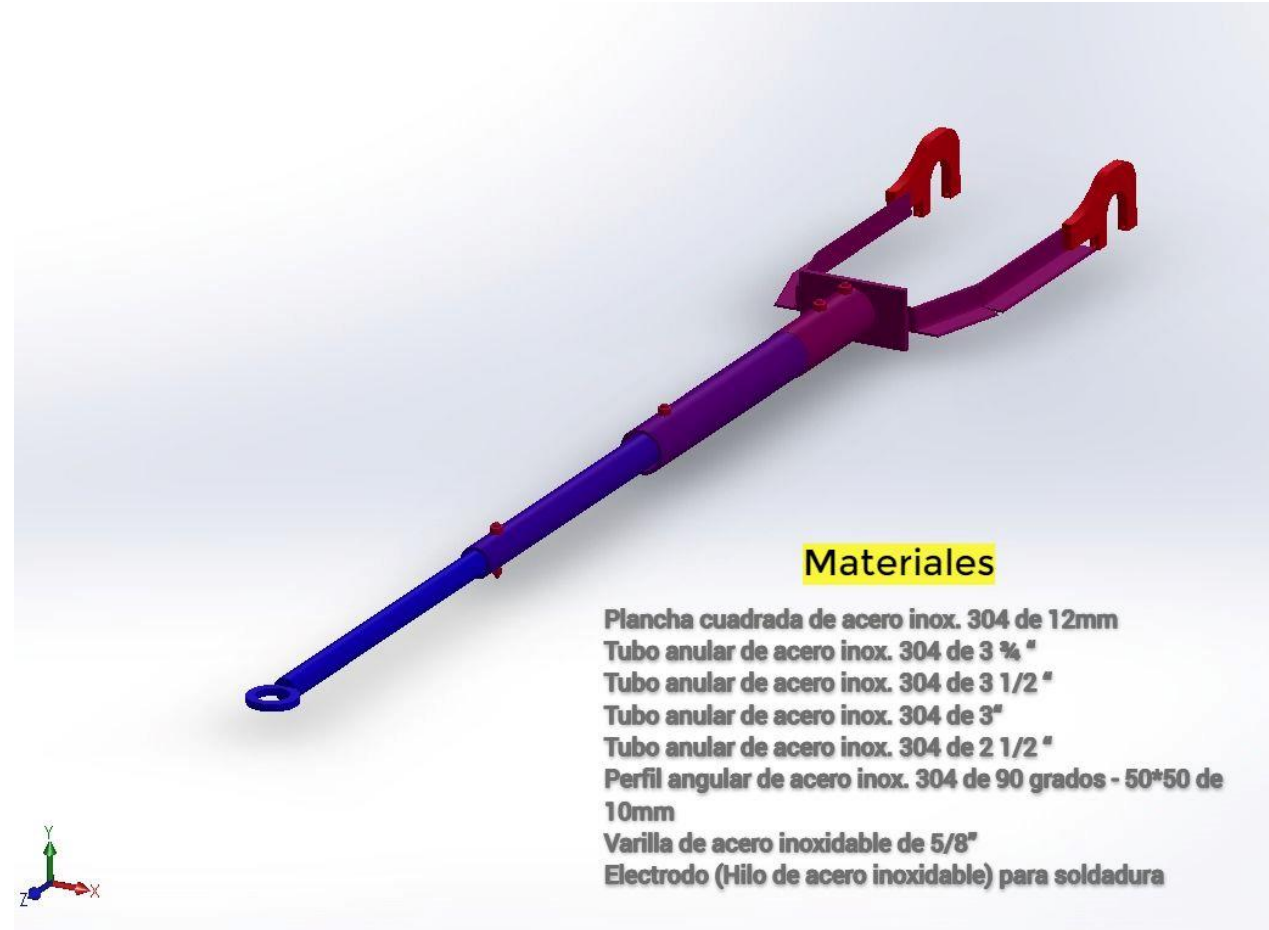
- (1) Una brújula (compás) magnética(o);
- (2) Un reloj de precisión que indique la hora en horas, minutos y segundos;
- (3) Dos altímetros barométricos de precisión con contador de tambor y agujas o presentación equivalente, calibrados en hectopascales o milibares, ajustables durante el vuelo a cualquier presión barométrica probable;
- (4) Un sistema indicador de la velocidad aerodinámica con dispositivos que impidan su mal funcionamiento debido a condensación o a formación de hielo, incluyendo una indicación de aviso de mal funcionamiento;
- (5) Un indicador de viraje y de desplazamiento lateral;
- (6) Un indicador de actitud de vuelo (horizontal artificial);
- (7) Un indicador de rumbo (giróscopo direccional);
- (8) medios para comprobar si es adecuada la energía que acciona los instrumentos giroscópicos;
- (9) Un dispositivo que indique, en la cabina de la tripulación, la temperatura exterior; y
- (10) Un variómetro



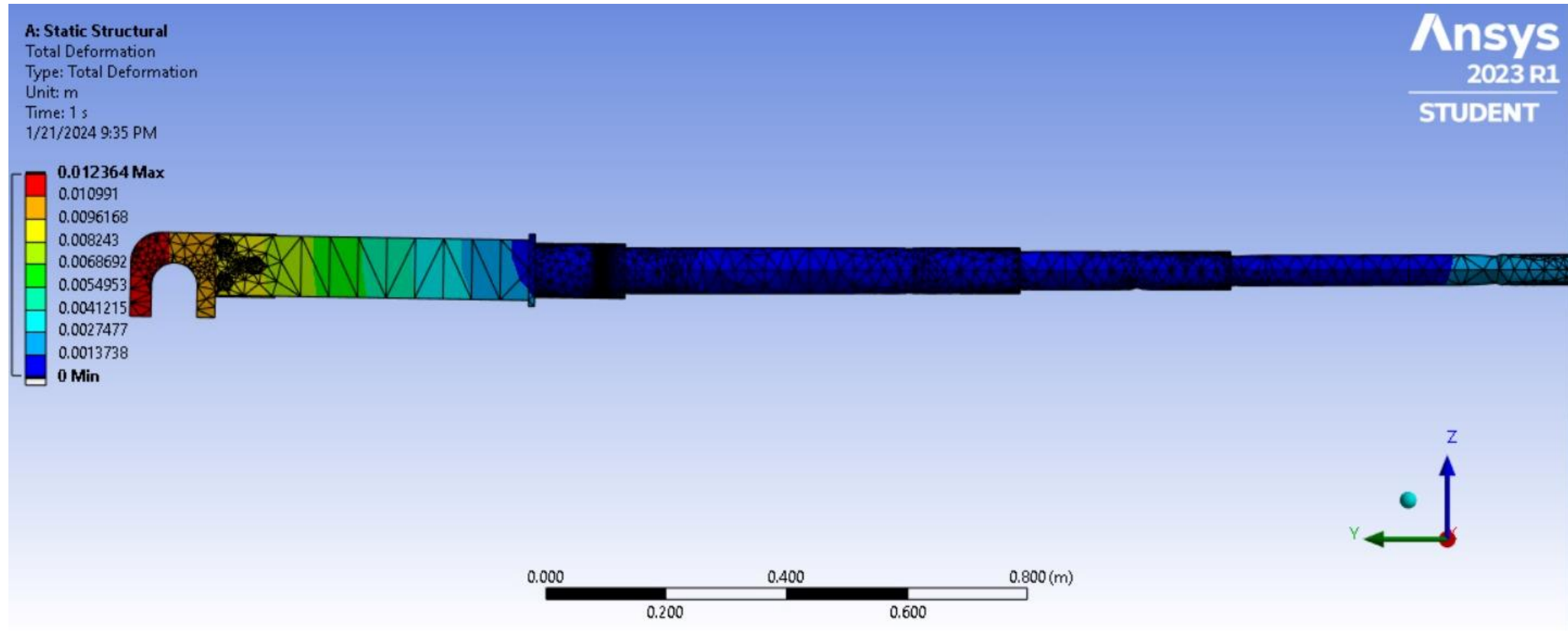
# Desarrollo de la práctica



Dimensiones de la barra de remolque



# Factor de Seguridad de la herramienta





# Proceso de construcción



**Corte del material**



**Soldadura de piezas**



**Adaptación de neumáticos**



**Ensamblaje de la herramienta**



# Desarrollo de la práctica

## MAGNETIC COMPAS


A/C: TWIN OTTER FAE-452

P/N: KCA0104W

S/N: BJ7270513

### CALIBRATED WITH RADIO ON

FOR	N	030	060	E	120	150	S	210	240	W	300	330
STEER	000	031	061	091	121	151	182	212	242	272	302	332

**SIGNATURE:**  *ATMEDI... C* *HH.9670* *13/Ene/2023*  
DIAF FORM QCO26 REV.3

**Carta de Calibración del Compás magnético – 13/Enero/2023**

# Desarrollo de la práctica



**Ajuste barra de remolque – tren de nariz**



**Ajuste barra de remolque – remolcador**



**Remoción lockpin**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

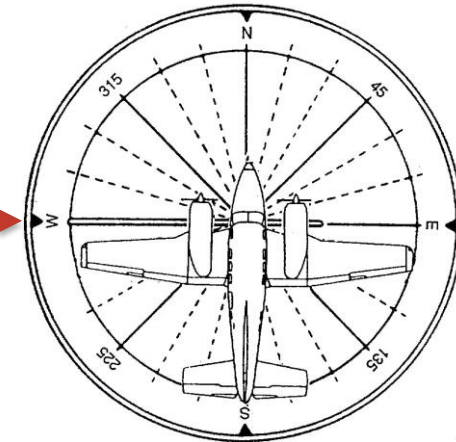
# Desarrollo de la práctica



Remolque al lugar de calibración



Punto de calibración



# Desarrollo de la práctica



**Arranque de motores  
(1000 RPM)**



**Alineación Brújula  
Maestra - aeronave**



**Brújula Maestra (Norte)**

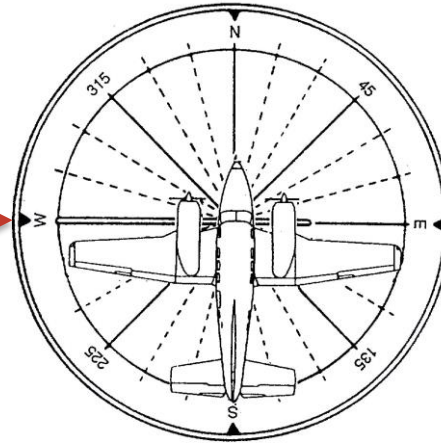


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Oscilación Brújula magnética



Aeronave orientada Norte



360°

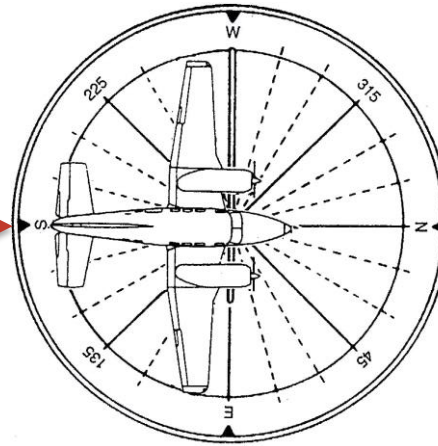
Potencia de motores  
(1700 RPM)



# Oscilación Brújula magnética



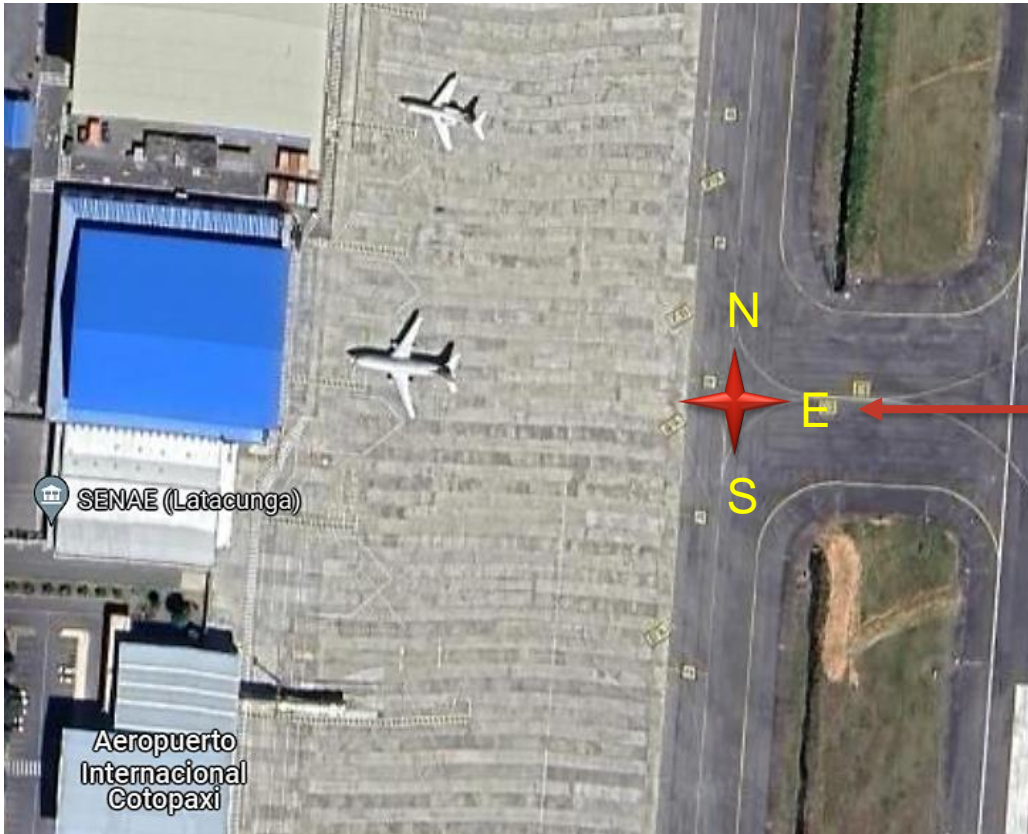
Aeronave orientada Este



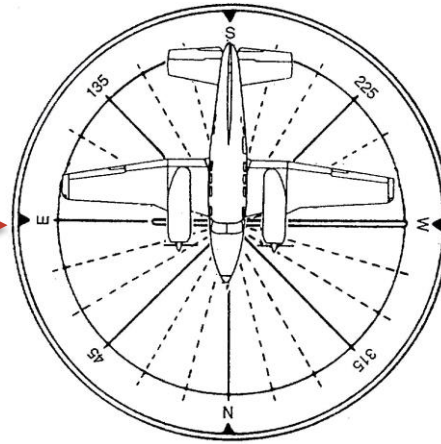
88°



# Oscilación Brújula magnética

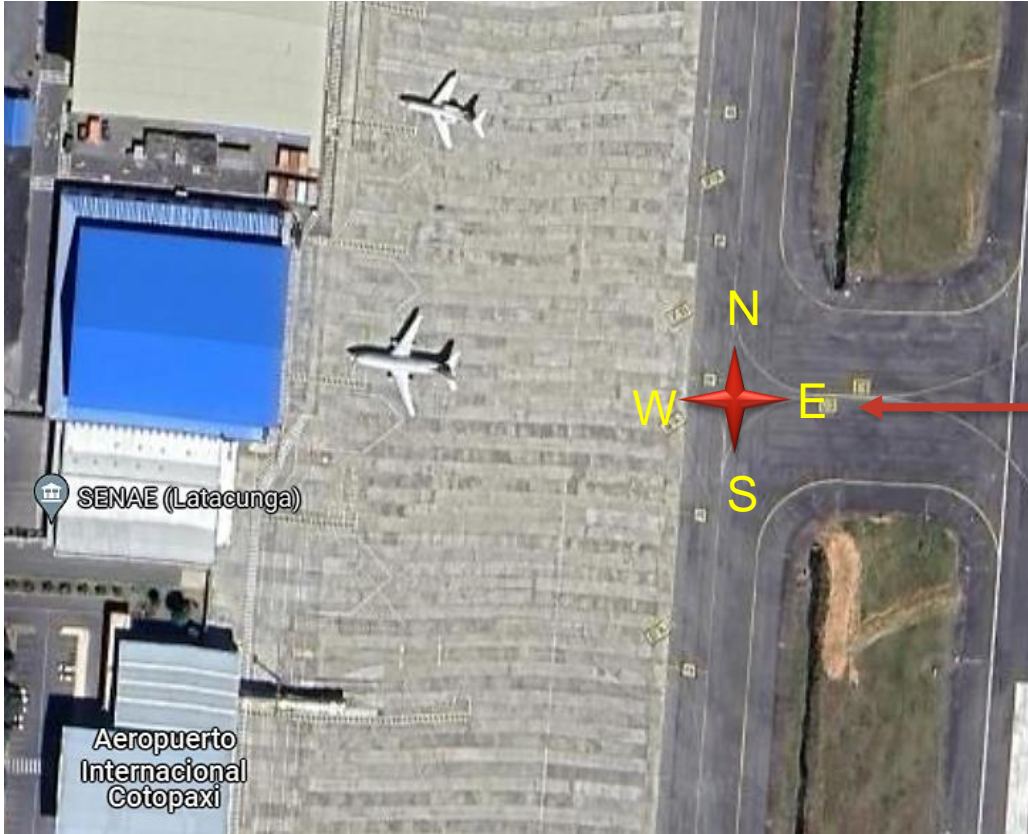


Aeronave orientada Sur

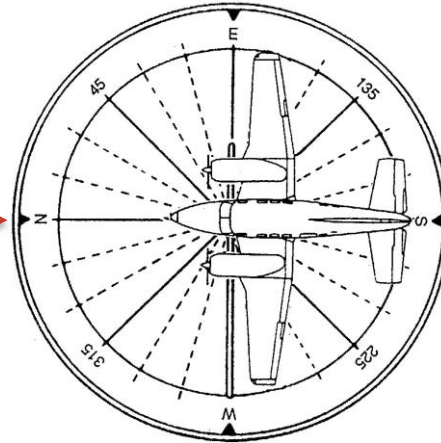




# Oscilación Brújula magnética



Aeronave orientada Oeste



271°



# Registro de datos

**MAGNETIC COMPASS**  
 A/C: TWIN OTTER FAE 452  
 P/N: KCA 0104W  
 S/N: BJ7270513

**CALIBRATED WITH RADIO ON**

FOR	STEER
N	000
030	030
060	059
E	088
120	118
150	149
S	178
210	208
240	238
W	271
300	299
330	330

DATE: 11/01/2024  
 SIGNATURE:  
 DIAF FORM QC 026 REV. 3

# Registro de datos

**MAGNETIC COMPASS**  
 A/C: TWIN OTTER FAE 452  
 P/N: KCA 0104W      S/N: BJ7270513

**CALIBRATED WITH RADIO ON**

FOR	N	30	60	E	120	150	S	210	240	W	300	330
STEER	000	030	059	088	118	149	178	208	238	271	299	330

DATE: 11/ENE/2024

SIGNATURE:

DIAF FORM QC 026 REV. 3

# Carta de calibración



# Fijación del documento

# Conclusiones

- Se recopiló documentación técnica aplicable al procedimiento de Calibración de la brújula magnética con P/N KCA0104W, perteneciente a la aeronave DHC-6 TWIN OTTER de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.
- Se implementó el modelo de un equipo de apoyo en tierra (barra de remolque) con un diseño de extensión y retracción mecánica para facilitar el remolque de la aeronave durante mantenimiento y operaciones terrestres, con su respectivo análisis de factor de seguridad.
- Se cumplió con la inspección anual de la brújula magnética, en la cual se obtuvo una precisión correcta de la brújula magnética de la aeronave en relación con la brújula en tierra, con un grado de desviación  $\pm 2^\circ$  estando en los parámetros establecidos, en el cual no debe existir más de  $10^\circ$  de diferencia.
- Se cumplió con los requerimientos establecidos en la RDAC parte 121 en relación con los instrumentos de vuelo fundamentales en operaciones aéreas para volar en territorio ecuatoriano, siendo uno de estos la brújula magnética.



# Recomendaciones

- Para un mejor resultado y precisión en la calibración de la brújula magnética se recomienda evitar el uso de herramientas magnéticas o ferrosas alrededor de la aeronave como lo detalla en la Circular de Asesoramiento 43.13-1B.
- Es importante tener en cuenta la distancia del lugar en la que se debe efectuar la calibración de la brújula ya que no debe existir interferencia alguna que pueda afectar con la operación del instrumento de la aeronave y el equipo en tierra.
- Se recomienda cumplir con el proceso de calibración de la brújula magnética, ya que la autoridad aeronáutica DGAC especifica en la RDAC 121 como un instrumento obligatorio y fundamental para las operaciones en vuelo VFR e IFR.
- Se sugiere que en este tipo de mantenimiento se realice con la supervisión de personal expertamente cualificado en inspecciones de calibración con el fin de ejecutarlos de la mejor manera.
- Se aconseja contar con los equipos y herramientas especificadas en la documentación técnica con su debido documento de trazabilidad y fecha de calibración.
- Es recomendable usar equipo de protección personal durante el proceso de mantenimiento, ya que conlleva el encendido del grupo moto propulsor para comprobaciones de la brújula magnética.

**GRACIAS POR SU ATENCIÓN.**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA