



MÓDULO F

Navegación

16 horas · Temas 31 al 32

Según RAAC 141 · Apéndice A · V Edición Mayo 2026

- Navegación aérea y técnicas de navegación a estima
- Utilización de cartas aeronáuticas

Índice de Contenidos

Prefacio	7
Cómo está organizado este manual.....	8
Carga horaria sugerida (16 horas cátedra)	8
Programa oficial — Módulo F (RAAC 141 Apéndice A, V Edición Mayo 2026).....	9
Niveles de aprendizaje	9
Temas del Módulo F — Navegación (16 horas).....	9
Abreviaturas y siglas utilizadas	10
PARTE 1 — Aspectos prácticos de la navegación aérea y técnicas de navegación a estima.....	13
Capítulo 1. La forma de la Tierra y el sistema de coordenadas	13
1.1 La Tierra como esferoide	13
1.2 Latitud y longitud	13
1.3 Paralelos y meridianos	14
1.4 Distancia entre coordenadas	15
1.5 Círculos máximos vs. líneas de rumbo	15
Capítulo 2. Distancias y velocidades	16
2.1 Unidades de distancia	16
2.2 Unidades de velocidad	16
2.3 Tipos de velocidad.....	16
Capítulo 3. Tiempo	17
3.1 Husos horarios	17
3.2 UTC y hora local	17
3.3 Uso en aviación	18
3.4 Tiempo estimado y tiempo real	18
Capítulo 4. Direcciones: rumbo verdadero, magnético y compás.....	19
4.1 Norte verdadero, magnético y de cuadrícula	19
4.2 Variación magnética (declinación).....	19
4.3 Aplicación: TC a MC.....	20
4.4 Desviación del compás (DEV).....	21
4.5 Cadena completa: del curso de la carta al rumbo del compás.....	21
4.6 Errores del compás magnético	22
Capítulo 5. El triángulo del viento.....	23
5.1 Concepto	23
5.2 Definiciones precisas.....	24

5.3 Cálculo aproximado del WCA.....	25
5.4 Regla del «reloj» para componentes de viento	25
5.5 Casos especiales del viento.....	26
Capítulo 6. La computadora de vuelo manual (E6B / CR-3).....	27
6.1 Generalidades	27
6.2 Cara A: cálculo (multiplicación, división, conversiones)	27
6.3 Cara B: triángulo del viento (modelo E6B rectangular)	28
6.4 Computadora electrónica	29
Capítulo 7. Planificación operacional de un vuelo VFR.....	29
7.1 Documentación previa al vuelo	29
7.2 Selección de la ruta	30
7.3 Selección de la altitud de crucero	31
7.4 Hoja de plan de navegación (Nav Log).....	31
7.5 Combustible de plan VFR	32
7.6 Hora estimada de salida y de llegada	32
Capítulo 8. Navegación a estima en ruta	33
8.1 Concepto	33
8.2 Métodos de chequeo de posición.....	33
8.3 Corrección de desviación lateral.....	34
8.4 Corrección de desviación temporal	35
8.5 Buenas prácticas en cabina	35
Capítulo 9. Radioayudas a la navegación.....	35
9.1 VOR (VHF Omnidirectional Range).....	35
9.2 DME (Distance Measuring Equipment).....	36
9.3 NDB y ADF	36
9.4 GNSS / GPS	37
Capítulo 10. Navegación perdida y de emergencia	39
10.1 «Estoy perdido»: protocolo de actuación.....	39
10.2 Estrategias específicas	41
Capítulo 11. Navegación regional argentina.....	42
11.1 Pampa húmeda	42
11.2 NOA.....	42
11.3 Cuyo	42
11.4 Patagonia	42
11.5 Litoral	43

11.6 Sierras Pampeanas	43
PARTE 2 — Utilización de cartas aeronáuticas	44
Capítulo 12. Proyecciones cartográficas	44
12.1 El problema de representar la esfera en plano	44
12.2 Proyección Lambert Cónica Conforme	44
12.3 Proyección Mercator.....	45
12.4 Proyección estereográfica polar	45
12.5 Proyección gnomónica.....	45
Capítulo 13. Escalas.....	45
13.1 Concepto	45
13.2 Escalas usadas en aviación argentina	46
13.3 Medición de distancias	46
13.4 Medición de ángulos (cursos)	46
Capítulo 14. Simbología OACI y elementos de las cartas.....	47
14.1 Aeródromos	47
14.2 Datos del aeródromo en la carta	47
14.3 Pistas	48
14.4 Espacios aéreos.....	48
14.5 Radioayudas.....	49
14.6 Aerovías y puntos de notificación.....	50
14.7 Relieve y obstáculos.....	50
14.8 Referencias terrestres.....	50
14.9 Otros símbolos relevantes	51
Capítulo 15. Tipos de cartas en Argentina	52
15.1 Cartas seccionales (1:500.000)	52
15.2 WAC (World Aeronautical Chart) 1:1.000.000.....	52
15.3 VAC (Visual Approach Chart).....	52
15.4 TAC (Terminal Area Chart)	53
15.5 ENRC (Enroute Charts)	53
15.6 Cartas IAC (Instrument Approach Chart) y SID/STAR.....	53
Capítulo 16. Lectura operacional de la carta	53
16.1 Antes del vuelo.....	53
16.2 En vuelo.....	54
16.3 Errores comunes en el uso de cartas	54
Capítulo 17. AIRAC y actualización de cartas.....	55

17.1 Ciclo AIRAC.....	55
17.2 NOTAM y suplementos	55
17.3 Actualizar las cartas.....	55
Capítulo 18. Cartas digitales y aplicaciones modernas.....	56
18.1 Visualización digital.....	56
18.2 Aplicaciones populares	56
18.3 Limitaciones y riesgos	56
18.4 EFB (Electronic Flight Bag)	57
Capítulo 19. Capítulo integrador. Planificación completa de una travesía.....	57
19.1 Escenario.....	57
19.2 Paso 1 — Trazado en carta y mediciones	57
19.3 Paso 2 — Rumbo magnético base	57
19.4 Paso 3 — Cálculo de TAS y combustible	57
19.5 Paso 4 — Viento, WCA, GS, tiempo, combustible	58
19.6 Paso 5 — Combustible total.....	58
19.7 Paso 6 — Plan de Vuelo OACI	58
19.8 Paso 7 — Procedimientos ATS y comunicaciones.....	59
19.9 Paso 8 — Reevaluación en vuelo	59
19.10 Conclusión del ejercicio	59
Bibliografía y fuentes consultadas	60
Normativa argentina.....	60
Publicaciones aeronáuticas argentinas.....	60
Normativa internacional	60
Textos clásicos en navegación aérea	60
Cartografía y proyecciones	61
Radioayudas y GNSS.....	61
Publicaciones argentinas regionales y de aeroclubes.....	61
Recursos didácticos y digitales.....	62
Recursos digitales esenciales argentinos.....	62

MANUAL DEL ALUMNO

NAVEGACIÓN

AÉREA

Curso de Piloto Privado de Avión (PPA)

República Argentina — Regulación ANAC (RAAC)

Material de instrucción teórica — 16 horas cátedra

Áreas de conocimiento

1. Aspectos prácticos de la navegación aérea y técnicas de navegación a estima.
2. Utilización de cartas aeronáuticas.

Edición de instrucción — Uso académico

Prefacio

Este manual es material didáctico de referencia para la asignatura «Navegación Aérea» del Curso de Piloto Privado de Avión (PPA) en la República Argentina. Está estructurado para cubrir las 16 horas cátedra exigidas por el programa oficial y desarrolla las dos áreas de conocimiento que lo componen, en el marco de los Reglamentos Argentinos de Aviación Civil (RAAC), el AIP Argentina publicado por ANAC y las prácticas operacionales habituales en aviación general nacional.

Navegar es saber, en todo momento, dónde está uno, hacia dónde va, cuánto le falta y cómo llegar. Esta sentencia, sencilla, define el contenido de la asignatura y el privilegio operacional que el alumno PPA está adquiriendo: la capacidad de planificar y ejecutar un vuelo entre dos puntos, sin pertenecer a una línea aérea, en un país con la diversidad geográfica y climática de Argentina. La navegación aérea moderna combina técnicas centenarias —cartografía, brújula, navegación a estima, computadora de vuelo manual— con tecnologías que cambian rápidamente: VOR, DME, ADF, y, sobre todo, GNSS/GPS y las aplicaciones móviles. El piloto privado bien formado domina ambas: las clásicas (porque pueden fallarle las modernas) y las modernas (porque le ahorran tiempo, error y combustible).

La materia se concentra en navegación VFR diurna, que es el tipo de vuelo inicial del piloto privado. Las técnicas que se enseñan son exactamente las que el alumno aplicará en su examen práctico de vuelo: planificar una travesía sobre carta, calcular rumbos magnéticos corregidos por viento, estimar tiempos y combustible, identificar puntos visuales, mantenerse en ruta con referencias terrestres y instrumentos, ajustar el plan cuando el viento real difiere del pronosticado, y aterrizar con el combustible esperado. El instructor de vuelo cierra el aprendizaje en el aire; este manual entrega el sustrato conceptual y operacional que el alumno necesita para aprovechar cada hora de doble comando.

Los ejemplos numéricos, rutas, aeródromos, valores de variación magnética, distancias y velocidades que aparecen en este manual son representativos del territorio argentino y de los aviones típicos de instrucción (Cessna 152/172, Piper PA-28, Tecnam P2002/P2008, Diamond DA20/DA40, Aero Boero AB-115). Las cifras se utilizan con fines pedagógicos. El dato operativo para cada vuelo se obtiene de la carta vigente, del AIP, del POH del avión específico y del briefing meteorológico del día. La navegación es, en última instancia, una disciplina de aplicación inmediata: lo que está escrito acá tiene que poder hacerse en el aire.

Cómo está organizado este manual

La materia se divide en dos Partes que corresponden estrictamente a las áreas oficiales del programa PPA:

- Parte 1 — Aspectos prácticos de la navegación aérea y técnicas de navegación a estima. Forma de la Tierra, coordenadas, rumbos, variación magnética y desviación, distancias, velocidades, triángulo del viento, computadora de vuelo manual, planificación operacional, navegación en ruta, radioayudas y GNSS como complemento de la estima, navegación de emergencia, navegación regional argentina.
- Parte 2 — Utilización de cartas aeronáuticas. Proyecciones cartográficas, escalas, simbología OACI, cartas VAC, ENRC, WAC y seccionales, cartas IFR (referencia), información de aeródromos en cartas, lectura del relieve, actualización (ciclo AIRAC), uso operacional en cabina, cartas digitales y aplicaciones móviles.

Carga horaria sugerida (16 horas cátedra)

Bloque	Contenido	Horas
1	Forma de la Tierra, coordenadas, unidades, conversiones	1,0
2	Tiempo: husos horarios, UTC, hora local, hora civil	0,5
3	Rumbo verdadero, magnético, compás; variación y desviación	1,5
4	Velocidades IAS/CAS/TAS/GS; triángulo del viento	1,5
5	Computadora de vuelo manual (E6B/CR-3): cara de cálculo	1,0
6	Computadora de vuelo manual: cara vectorial (viento)	1,0
7	Planificación operacional de vuelo VFR: ruta, combustible	1,5
8	Navegación a estima en ruta: actualización, corrección	1,0
9	Radioayudas: VOR, DME, NDB/ADF — principios y uso	1,0
10	GNSS / GPS: principios, limitaciones, uso operacional	1,0
11	Navegación perdida y de emergencia	0,5
12	Proyecciones cartográficas, escalas	0,5
13	Simbología OACI; tipos de cartas argentinas	1,5
14	Cartas seccionales y VAC: lectura operacional	1,0
15	Información de aeródromos en cartas; ciclo AIRAC	0,5

16	Cartas digitales y aplicaciones modernas	0,5
17	Integración: planificación completa de una travesía	1,0
	TOTAL	16,0

NOTA: La distribución es indicativa. El instructor adaptará tiempos al ritmo del grupo, dedicando sesiones prácticas con cartas reales argentinas, computadora de vuelo manual y, eventualmente, simulador o GPS de cabina. Se recomienda fuertemente al menos una clase práctica con el alumno preparando una travesía real de origen a destino, paso a paso, antes del examen teórico.

Programa oficial — Módulo F (RAAC 141 Apéndice A, V Edición Mayo 2026)

El siguiente programa corresponde al Módulo de materia F del Apéndice A de la RAAC Parte 141, edición vigente. Establece los temas obligatorios y el nivel de aprendizaje requerido para cada uno al completar el curso.

Niveles de aprendizaje

Para las diversas materias que comprende el currículo del curso, se establecen los siguientes niveles de aprendizaje, determinando el grado de conocimiento, pericia y aptitudes que se requiere de los estudiantes al completar cada materia:

Nivel	Descripción
Nivel 1	Conocimiento básico de principios generales. No requiere el desarrollo de pericia y habilidad práctica. Se alcanza a través de la instrucción teórica, la demostración y discusión.
Nivel 2	Comprensión de principios generales relacionados con los conocimientos adquiridos. Requiere del desarrollo de habilidades para realizar operaciones básicas. Se alcanza a través de la instrucción teórica, la demostración, discusión y de aplicación práctica limitada.
Nivel 3	Fijación profunda de los fundamentos y un alto grado de aplicación práctica. Habilidad práctica para aplicar los conocimientos con rapidez, precisión y buen juicio. Desarrollo de habilidades y preparación suficiente para operar una aeronave con seguridad.

Temas del Módulo F — Navegación (16 horas)

Nivel	Tema N°	Descripción del tema
3	31	Los aspectos prácticos de la navegación aérea y las técnicas de navegación a estima.
3	32	La utilización de cartas aeronáuticas.

Abreviaturas y siglas utilizadas

Sigla	Significado
OACI / ICAO	Organización de Aviación Civil Internacional
ANAC	Administración Nacional de Aviación Civil (autoridad argentina)
EANA	Empresa Argentina de Navegación Aérea S.E.
IGN	Instituto Geográfico Nacional (Argentina)
AIP	Aeronautical Information Publication
AIRAC	Aeronautical Information Regulation And Control
AIC	Aeronautical Information Circular
NOTAM	Notice to Airmen / Notice to Air Missions
VFR / IFR	Visual / Instrument Flight Rules
VMC / IMC	Visual / Instrument Meteorological Conditions
RAAC	Reglamentos Argentinos de Aviación Civil
TC	True Course — curso verdadero
MC	Magnetic Course — curso magnético
TH	True Heading — rumbo verdadero
MH	Magnetic Heading — rumbo magnético
CH	Compass Heading — rumbo del compás
VAR / DEV	Variación magnética / Desviación del compás
WCA	Wind Correction Angle — ángulo de corrección por viento
IAS / CAS / TAS / GS	Indicated / Calibrated / True / Ground Speed
EET / ETE / ETA / ETD	Estimated Elapsed / En-route Time / Time of Arrival / Time of Departure
NM / SM / km	Nautical Mile / Statute Mile / kilómetro
KT / kt	Nudos (1 NM/h)
AGL / AMSL	Above Ground Level / Above Mean Sea Level

FL / PA / DA	Flight Level / Pressure Altitude / Density Altitude
VOR	VHF Omnidirectional Range — radioayuda azimutal
DME	Distance Measuring Equipment — distancia oblicua
NDB	Non-Directional Beacon — radiobaliza
ADF	Automatic Direction Finder — receptor de NDB
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
WAAS / SBAS	Augmentación satelital
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring
WGS84	World Geodetic System 1984 — datum geodésico mundial
VAC	Visual Approach Chart
ENRC	Enroute Chart
WAC	World Aeronautical Chart
TAC	Terminal Area Chart
SID / STAR	Standard Instrument Departure / Standard Terminal Arrival Route
IAC	Instrument Approach Chart
MEA / MOCA / MORA	Minimum Enroute / Obstruction Clearance / Off-Route Altitude
MSA	Minimum Sector Altitude
VRP	Visual Reporting Point — punto de notificación visual
TWR / APP / ACC / FIS	Tower / Approach / Area Control Centre / Flight Information Service
FIR	Flight Information Region
CTR / TMA / CTA	Control Zone / Terminal Manoeuvring Area / Control Area
ATZ	Aerodrome Traffic Zone
FPL	Flight Plan
UTC / Z	Tiempo Universal Coordinado (Zulu)

E6B / CR-3	Computadoras de vuelo manuales clásicas
POH / AFM	Pilot's Operating Handbook / Airplane Flight Manual
RPM / MP	Revoluciones por minuto / Manifold pressure

PARTE 1 — Aspectos prácticos de la navegación aérea y técnicas de navegación a estima

Esta parte construye el lenguaje y las herramientas con las que el piloto «conversa» con la geografía: cómo se mide la posición en la Tierra, cómo se calculan rumbos sobre cartas, cómo se corrigen por viento, cómo se estiman tiempos y combustibles, cómo se confirma la posición en vuelo. La navegación a estima (dead reckoning) es la técnica básica de la aviación general: hacer cuentas con rumbo, velocidad y tiempo, ajustarlas en ruta, llegar a destino sin sorpresas. Es lo que el examinador del PPA quiere ver, y lo que el piloto necesita el día que el GPS falla.

Capítulo 1. La forma de la Tierra y el sistema de coordenadas

1.1 La Tierra como esferoide

Para fines de navegación PPA, la Tierra puede considerarse una esfera de 6.371 km de radio promedio. Estrictamente es un geode (irregular) modelado como elipsoide de revolución, achatado en los polos (radio ecuatorial 6.378,1 km; polar 6.356,8 km). El modelo elipsoidal estándar usado por la navegación moderna es el WGS84 (World Geodetic System 1984), que es el datum geodésico al que se refieren el GPS y todas las cartas aeronáuticas argentinas actuales.

Datums anteriores —Campo Inchauspe en Argentina, Provisional Sudamericano— diferían de WGS84 en algunos cientos de metros. Para PPA el dato es: las cartas modernas, los productos digitales y el GPS están todos en WGS84; ya no hay conflicto.

1.2 Latitud y longitud

Cualquier punto de la superficie terrestre se identifica por dos coordenadas angulares:

- Latitud (ϕ): ángulo entre el plano ecuatorial y la línea desde el centro de la Tierra al punto. Va de 0° en el ecuador a 90° en cada polo. Sufijo N (norte) o S (sur).
- Longitud (λ): ángulo entre el plano del meridiano de Greenwich y el plano del meridiano del punto. Va de 0° en Greenwich a 180° hacia cada lado. Sufijo E (este) o W (oeste).

Notación habitual:

- Sexagesimal: grados, minutos y segundos. Ejemplo: SABE (Aeroparque) está aproximadamente en 34°33'35"S 058°24'53"W.
- Decimal de grados: -34.5598°, -58.4147° (con signo: sur y oeste son negativos en convención científica; en notación aeronáutica se mantiene la letra de sufijo).
- Grados y minutos decimales: 34°33,58'S 058°24,88'W. Es el formato más usado por GPS y software aeronáutico moderno.

1.3 Paralelos y meridianos

- Paralelos: líneas imaginarias paralelas al ecuador, de la misma latitud. Son círculos menores excepto el ecuador (círculo máximo). Recorrer un paralelo es recorrer una distancia constante de E a W o W a E.
- Meridianos: líneas imaginarias que unen los polos, de la misma longitud. Todos son semicírculos máximos. El meridiano de origen es Greenwich (Londres).

Un dato útil para el alumno PPA: en Argentina los meridianos cubren el rango aproximado de 53°W (Misiones) a 73°W (cordillera al oeste). Las latitudes van de unos 22°S (Jujuy) a 55°S (Tierra del Fuego). Argentina abarca casi 40° de latitud, una de las extensiones latitudinales mayores del mundo.

LA TIERRA COMO ESFEROIDE

Modelo de referencia: WGS84

La Tierra no es una esfera perfecta; está achatada en los polos y ensanchada en el ecuador. El modelo WGS84 (Sistema Geodésico Mundial 1984) define su forma y dimensiones para la navegación y la geodesia.

MODELO WGS84

Parámetros principales

Semieje mayor (a)
6.378.137 m

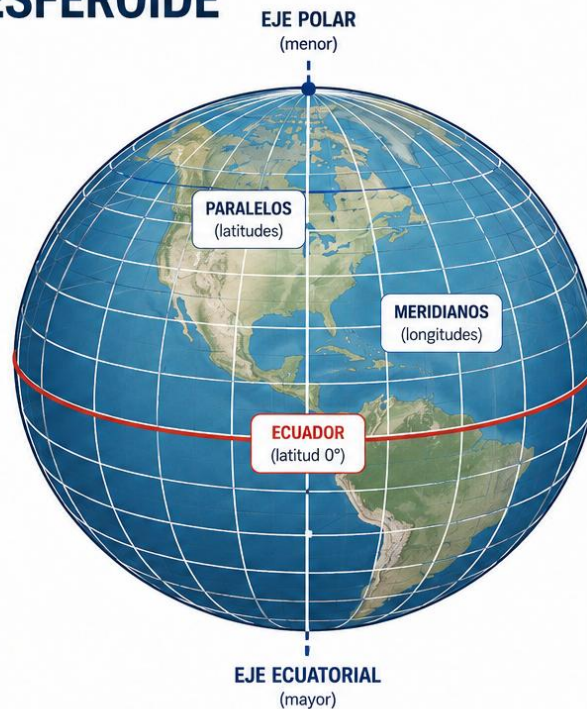
Semieje menor (b)
6.356.752,3142 m

Achatamiento (f)
1 / 298,257 223 563

Excentricidad al cuadrado (e²)
0,00669437999014

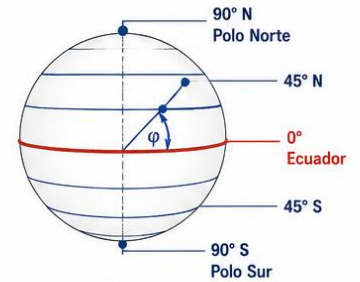


WGS84 es el sistema geodésico de referencia utilizado por el GPS y la navegación moderna.



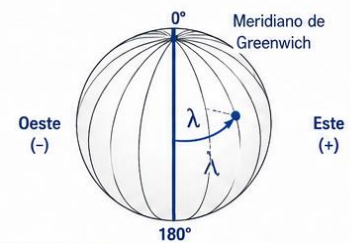
LATITUD (φ)

Distancia angular desde el ecuador hacia el norte o hacia el sur.



LONGITUD (λ)

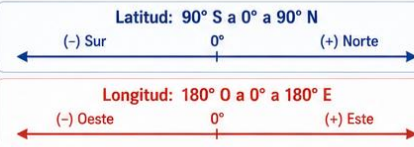
Distancia angular desde el meridiano de Greenwich hacia el este o hacia el oeste.



DEFINICIONES CLAVE

- Paralelos (latitudes): círculos imaginarios paralelos al ecuador. Van de 0° en el ecuador a 90° en los polos N y S.
- - - Meridianos (longitudes): semicírculos que unen los polos. Van de 0° a 180° al este (+) o al oeste (-) desde Greenwich.

RANGOS



APLICACIONES

- ✈ Navegación aérea y marítima
- 📍 Sistemas de posicionamiento (GPS)
- 📖 Cartografía y SIG
- 🧭 Geodesia y topografía

1.4 Distancia entre coordenadas

Conceptos básicos:

- Históricamente, la milla náutica se definió como la longitud de un minuto de arco de un meridiano terrestre. Actualmente está normalizada internacionalmente como exactamente 1852 metros, aunque continúa manteniendo una relación muy cercana con la geometría de la Tierra.
- Un grado de latitud equivale aproximadamente a 60 NM ($\approx 60,04$ NM en promedio). Esto se debe a que cada grado de latitud contiene 60 minutos de arco, y los meridianos son semicircunferencias máximas que unen ambos polos.

- Un grado de longitud equivale a:

$$60 \text{ NM} \times \cos(\text{latitud})$$

Esto ocurre porque los paralelos disminuyen su diámetro a medida que aumenta la latitud debido a la convergencia de los meridianos. Por ello:

en el ecuador, 1° de longitud ≈ 60 NM;

a 30° de latitud ≈ 52 NM;

a 60° de latitud ≈ 30 NM;

y en los polos tiende a 0 NM.

Un minuto de latitud equivale a 1 NM, exactamente por definición original de la milla náutica.

Para PPA: como Argentina opera entre 22°S y 55°S , un minuto de longitud varía entre 0,93 NM (norte) y 0,57 NM (sur). Para cálculos rápidos en navegación pampeana (30° – 35°S), $1'$ de longitud $\approx 0,85$ NM.

1.5 Círculos máximos vs. líneas de rumbo

Sobre una esfera, hay dos tipos de líneas para unir dos puntos:

- Círculo máximo (great circle): la distancia más corta entre dos puntos sobre la esfera. La trayectoria está contenida en un plano que pasa por el centro de la Tierra. Sobre cartas planas, salvo proyecciones especiales (gnomónica), se representa como una curva.
- Línea de rumbo o loxodromia (rhumb line): trayectoria de rumbo constante. Sobre una proyección de Mercator se representa como línea recta, lo que la hace conveniente para navegación práctica. Es ligeramente más larga que el círculo máximo, pero la diferencia es pequeña en distancias cortas (vuelos PPA típicos).

Para PPA en Argentina, la mayoría de los vuelos son < 500 NM. En ese rango, la diferencia entre círculo máximo y loxodromia es despreciable (menos de 1 NM para 300 NM en latitudes medias argentinas). Por eso navegamos por loxodromia, midiendo rumbos rectos sobre la carta. Para vuelos transoceánicos largos sí importa la diferencia.

Capítulo 2. Distancias y velocidades

2.1 Unidades de distancia

- Milla náutica (NM o nm): unidad estándar de aviación. 1 NM = 1.852 m exactamente (definición SI moderna). Equivale a 1 minuto de arco de meridiano terrestre.
- Milla terrestre o estatutaria (SM o mi): 1.609,34 m. Casi nunca se usa en aviación civil moderna.
- Kilómetro (km): 1.000 m. Se usa para algunas cifras (visibilidad meteorológica en METAR, distancias en cartas terrestres).
- Conversiones: 1 NM = 1,151 SM = 1,852 km. 1 km = 0,540 NM = 0,621 SM. 1 SM = 0,869 NM = 1,609 km.

Para cálculos rápidos: 100 NM \approx 185 km. Una pista de 1 km \approx 0,54 NM.

2.2 Unidades de velocidad

- Nudo (KT o kt): 1 NM por hora. Unidad estándar para velocidad en aviación.
- Mach: relación TAS/velocidad del sonido. No aplica en aviación general PPA (números Mach 0,1–0,2 en crucero).
- km/h: usado en meteorología (rachas de viento en pronósticos), en automóviles, pero NO en aviación operacional.
- Conversión: 100 kt = 185 km/h. 1 km/h = 0,540 kt.

2.3 Tipos de velocidad

El piloto PPA debe distinguir cinco velocidades, todas distintas según las condiciones:

- IAS (Indicated Airspeed): la lectura directa del anemómetro de cabina.
- CAS (Calibrated Airspeed): IAS corregida por error de instalación e instrumento. Curvas de corrección en el POH del avión, generalmente Sección 5. En PPA la diferencia IAS-CAS es pequeña (1–3 kt).
- TAS (True Airspeed): velocidad real del avión respecto a la masa de aire. $TAS = CAS \times \sqrt{\text{densidad estándar} / \text{densidad real}}$. En aire menos denso (mayor altitud, mayor temperatura), $TAS > CAS$.
- GS (Ground Speed): velocidad respecto al suelo. GS = TAS modificada por el componente de viento sobre la línea de ruta.
- Mach: TAS/velocidad del sonido, irrelevante en PPA.

Aproximación práctica para TAS:

- Por cada 1.000 ft de altitud densidad, $TAS \approx CAS + 2 \%$.
- Ejemplo: CAS 100 kt a 5.000 ft de DA \rightarrow $TAS \approx 100 + 10 = 110$ kt.
- Más exacta: ver computadora de vuelo (Cap. 6).

Capítulo 3. Tiempo

3.1 Husos horarios

La Tierra rota 360° en 24 horas → 15° por hora. Los husos horarios se definen como bandas de 15° de longitud, cada una con su hora local. El sistema internacional toma como referencia el meridiano de Greenwich (0° de longitud).

3.2 UTC y hora local

- UTC (Coordinated Universal Time): hora de referencia mundial, basada en Greenwich. Se llama también «hora Zulu» (Z) en aviación.
- Hora local: la del país o región. Argentina está en huso UTC-3 todo el año (sin cambios estacionales actualmente). Cuando son las 12:00 UTC, en Argentina son las 09:00 hora local.
- Chile y Uruguay: husos similares, pero Chile rota a UTC-4 en invierno. Verificar al volar a o desde aeródromos fronterizos.

Conversión rápida:

- Hora local Argentina = UTC - 3 horas.
- UTC = Hora local Argentina + 3 horas.

- EET (Estimated Elapsed Time): tiempo total estimado del vuelo, desde despegue hasta aterrizaje. Es la casilla 16 del FPL OACI.
- ETD (Estimated Time of Departure): hora estimada de despegue.
- ETA (Estimated Time of Arrival): hora estimada de llegada.
- ATD / ATA (Actual): hora real de despegue / llegada.
- EOBT (Estimated Off-Block Time): hora estimada de comienzo del rodaje. Es la casilla 13 del FPL.

Para PPA: distinguir EOBT de ETD: EOBT incluye el tiempo de rodaje hasta el punto de despegue (típicamente 5–15 min según aeródromo). ETD = EOBT + tiempo de rodaje.

Capítulo 4. Direcciones: rumbo verdadero, magnético y compás

4.1 Norte verdadero, magnético y de cuadrícula

Hay tres «nortes» que el piloto debe conocer:

- Norte verdadero (true north): dirección del polo norte geográfico. Es la referencia de los meridianos en la carta.
- Norte magnético (magnetic north): dirección a la cual apunta la aguja de la brújula. NO coincide con el norte verdadero porque el campo magnético terrestre no está alineado con el eje de rotación. El polo norte magnético está actualmente (2026) en el océano Ártico (cerca del polo geográfico pero diferente), y se desplaza unos pocos km por año.
- Norte de cuadrícula (grid north): en cartas con cuadrícula UTM o cartográfica plana, es la dirección del eje Y de la cuadrícula. Difiere de los anteriores en una pequeña «convergencia». No relevante para PPA estándar.

4.2 Variación magnética (declinación)

La variación magnética (VAR), también llamada declinación, es el ángulo entre el norte verdadero y el norte magnético en un punto dado de la superficie terrestre.

- Si el norte magnético está al ESTE del norte verdadero: variación o declinación ESTE (positiva por convención).
- Si está al OESTE del norte verdadero: variación o declinación OESTE (negativa por convención).

Mapa de variación en Argentina:

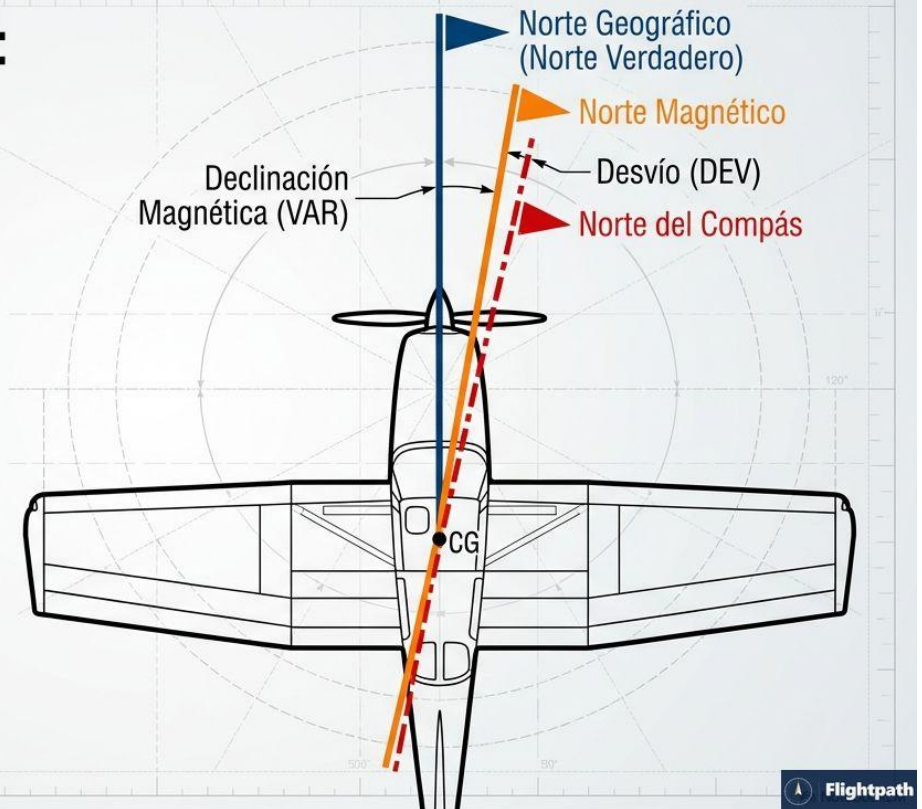
- En el Litoral y Buenos Aires: variación pequeña, aproximadamente 8°–10° W (oeste).
- En la pampa central (La Pampa, sur de Buenos Aires): aproximadamente 10°–12° W.
- En Cuyo y Sierras Pampeanas: aproximadamente 6°–8° W.
- En el NOA: aproximadamente 5°–7° W.
- En Patagonia central y sur: aumenta hacia el sur, llegando a 13°–17° W en Tierra del Fuego.
- En Misiones: ligeramente menor, 6°–8° W.

Datos importantes:

- La variación cambia geográficamente: en una carta seccional, las líneas de igual variación (isógonas) se publican.
- La variación también cambia con el tiempo (variación secular): el polo magnético se mueve. Por eso las cartas indican la fecha de emisión y la variación que aplicaba ese año.
- En la última década en Argentina, la variación ha ido disminuyendo lentamente en el centro del país.

La Realidad Magnética: Declinación y Desvío

- El Norte Geográfico (mapa) y el Norte Magnético (brújula) no coinciden; esta diferencia es la Declinación Magnética.
- El metal y la electrónica de la aeronave alteran localmente la brújula, generando el Desvío del Compás.
- Ambas desviaciones deben corregirse matemáticamente para que el avión vuele la ruta trazada en la carta.



NOTA: Las cartas seccionales argentinas indican la variación magnética para el área cubierta, con líneas isógonas o un valor representativo en una zona delimitada. El piloto privado debe leer este dato en la carta antes de calcular rumbos. Suponer un valor sin verificar es fuente de errores acumulados durante una travesía larga.

4.3 Aplicación: TC a MC

Para convertir un curso medido sobre la carta (curso verdadero, TC) al curso que debe seguirse en el avión usando el compás magnético (curso magnético, MC):

- $MC = TC - VAR$ (este) o $MC = TC + VAR$ (oeste).
- Regla mnemotécnica clásica: «East is least, West is best». Variación este → restar. Variación oeste → sumar.

Como en Argentina la variación es OESTE prácticamente en todo el territorio, regla operativa: $MC = TC + VAR$.

Ejemplo: TC medido en carta de un tramo de ruta SAAR-SACO (Rosario-Córdoba)= 290°. Variación local 10° W. Entonces $MC = 290° + 10° = 300°$.

4.4 Desviación del compás (DEV)

El compás magnético (brújula) del avión no apunta exactamente al norte magnético: tiene un pequeño error propio debido a interferencias magnéticas locales (motor, instalaciones eléctricas, masas de hierro). Este error se llama desviación del compás (DEV).

- El error varía según el rumbo en que esté orientado el avión.
- Se mide cuando el avión es nuevo o se reinstala el compás, en una operación llamada «compensación de compás» o «calibración de la rosa».
- Se publica en una tarjeta de corrección (compass correction card) instalada físicamente al lado del compás. Es un cuadrado con dos filas: rumbo deseado y rumbo a colocar en el compás.
- La desviación típica en aviones bien mantenidos es de $\pm 2^\circ$. Si excede $\pm 10^\circ$ se considera que el compás debe ser recalibrado.

Tarjeta típica de desviación (ilustrativa):

Para rumbo magnético (MC)	000	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330
Coloque en el compás (CH)	002	032	062	091	121	150	179	209	239	269	299	330

Como se ve, en este ejemplo la desviación es de $+2^\circ$ para rumbos N, S y NE; $\pm 1^\circ$ para otros; típicamente pequeña pero no nula.

Aplicación: $CH = MC \pm DEV$ (según signo en la tarjeta del avión).

4.5 Cadena completa: del curso de la carta al rumbo del compás

Resumen del proceso para llevar el avión de A a B:

1. Sobre la carta, medir el TC del segmento A-B con transportador respecto al meridiano más cercano..
2. Aplicar variación magnética para obtener MC: $MC = TC - VarE$ o $TC + VarW$.
3. Aplicar la corrección por viento (WCA) para obtener el rumbo magnético a volar: $MH = MC + WCA$ (signed).
4. Aplicar la desviación del compás: $CH = MH \pm DEV$ de la tarjeta del avión.
5. Volar el avión con el compás indicando CH.

Regla mnemotécnica clásica: «True Virgins Make Dull Companions» (TVMDC): TC → Variation → MC → Deviation → CH; agregar la corrección por viento donde corresponde. La regla del «Add Whiskey» de algunos textos (TVMDC+W) recuerda incluir el WCA.

Para PPA en Argentina, en cabina se utiliza normalmente el GIRO DIRECCIONAL (DG) que se sincroniza periódicamente con el compás magnético. El piloto vuela el MH en el DG, no el CH en el compás. La cadena se simplifica: TC → MC → MH (con WCA). El DG no tiene la oscilación del compás y no se desvía por aceleración del avión.



La navegación a estima con cartas OACI sigue siendo la base de la navegación VFR en Argentina

4.6 Errores del compás magnético

El compás magnético tiene errores transitorios importantes que el piloto PPA debe conocer:

- Error de aceleración: en latitudes medias del hemisferio sur, al acelerar en rumbo este u oeste, el compás indica un rumbo más al NORTE de lo real. Al desacelerar, más al sur. Memoria mnemotécnica para hemisferio SUR: ANDS — Accelerate North, Decelerate South. Es OPUESTO al hemisferio norte. Este error está ausente en rumbos norte o sur.
- Error de viraje: al virar al norte, el compás «se retrasa» (indica menos viraje). Al virar al sur, «se adelanta» (indica más viraje). Este efecto en hemisferio sur funciona también opuesto al norte. Hay reglas de «leads» y «lags» que se usan para virajes precisos sin DG (UNOS - Undershoot North, Overshoot South); en PPA con DG el problema queda minimizado.
- Errores de inclinación (dip): la aguja del compás tiende a inclinarse en zonas de alta latitud magnética. Es lo que produce los errores anteriores. Mínimo en el ecuador, máximo en los polos (en los polos, el Norte magnético está mas ABAJO que ADELANTE).

- Error por oscilación: el compás oscila en turbulencia y al cambiar de actitud; la lectura confiable se obtiene con vuelo nivelado y estable.

NOTA: Para PPA: la rutina de SIDA («Set, Identify, DG, Adjust») — sincronizar el DG con el compás magnético cada 10–15 minutos en vuelo nivelado, identificar el rumbo, ajustar el DG. Es uno de los hábitos clave de la navegación a estima.

Capítulo 5. El triángulo del viento

5.1 Concepto

Cuando un avión vuela con viento que no sopla exactamente en la línea de ruta, su trayectoria sobre el suelo difiere de la trayectoria por el aire. El triángulo del viento es la representación vectorial de esta realidad: tres vectores que se cierran y permiten calcular cuánto hay que «apuntar» el avión contra el viento para que la trayectoria efectiva coincida con el curso planeado.

Los tres vectores:

- TAS (velocidad respecto al aire) en la dirección del HEADING verdadero del avión (hacia dónde apunta el morro).
- Viento (W) desde el extremo de TAS, en la dirección hacia donde va el viento (180° opuestos a la dirección desde donde sopla).
- GS (velocidad respecto al suelo) desde el origen al extremo del viento, en la dirección del CURSO o TRACK verdadero (hacia donde efectivamente va el avión).

Los tres vectores forman un triángulo cerrado. Conocidos cualquier cuatro de las seis cantidades (dos direcciones y dos magnitudes), las otras se calculan.

TRIANGULO DEL VIENTO

Relación vectorial entre la velocidad del avión, el viento y la velocidad respecto al suelo.

LOS TRES VECTORES

→ TAS (Velocidad respecto al aire)

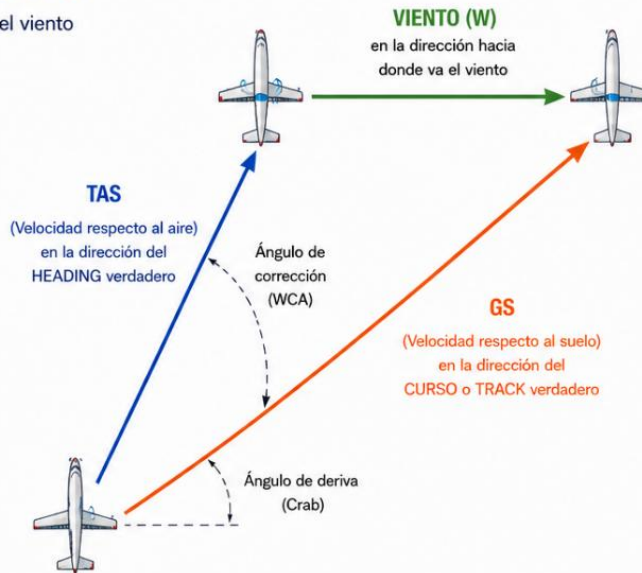
Vector en la dirección del HEADING verdadero del avión (hacia dónde apunta el morro).

→ VIENTO (W)

Vector desde el extremo de TAS, en la dirección hacia donde va el viento (180° opuestos a la dirección desde donde sopla).

→ GS (Velocidad respecto al suelo)

Vector desde el origen (cola del triángulo) hasta el extremo del viento, en la dirección del CURSO o TRACK verdadero (hacia donde efectivamente va el avión).



DEFINICIONES CLAVE

HEADING: dirección hacia donde apunta el morro del avión.

CURSO o TRACK: dirección hacia donde se mueve el avión sobre la superficie terrestre.

WCA (Wind Correction Angle): ángulo entre el heading y el track necesario para compensar el viento.

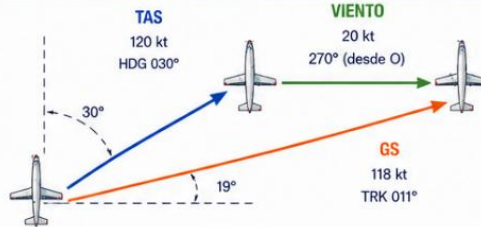
Ángulo de deriva (Crab): ángulo entre el track y la dirección del viento relativo.

La suma vectorial se expresa así: **TAS + VIENTO = GS**

EJEMPLO NUMÉRICO

Viento: 270° / 20 kt (desde el Oeste)

TAS: 120 kt
Heading: 030°



RESULTADOS

- Ángulo de corrección (WCA): 30° a la derecha
- Ángulo de deriva (Crab): 19° a la izquierda
- Track (Curso verdadero): 011°
- Velocidad respecto al suelo (GS): 118 kt

IDEA CLAVE



Para mantener el curso deseado en presencia de viento, el avión debe apuntar con un heading corregido (WCA).

El viento desplaza la trayectoria, pero no la dirección del morro.



Recordá: el avión siempre apunta (heading) hacia una dirección, pero se mueve (track) en otra cuando hay viento.



5.2 Definiciones precisas

- **CURSO o TRACK (TC):** la dirección desde el origen al destino, MEDIDA sobre la carta. La trayectoria deseada respecto al suelo.
- **HEADING o RUMBO (TH):** la dirección en que apunta el morro del avión. Lo que el piloto «mantiene» con el compás o DG.
- **WCA (Wind Correction Angle):** el ángulo entre TC y TH. Si el viento empuja desde la izquierda, WCA se aplica a la derecha (apuntar a la derecha del curso). Si el viento empuja desde la derecha, WCA a la izquierda.
- **GS (Ground Speed):** velocidad efectiva de avance sobre el suelo.

Convención de signos para WCA:

- Viento desde la izquierda (relativa al curso): WCA positivo, se aplica a la DERECHA: $TH = TC + WCA$.
- Viento desde la derecha: WCA se aplica a la IZQUIERDA: $TH = TC - WCA$.

5.3 Cálculo aproximado del WCA

Fórmula de aproximación útil para PPA (válida cuando WCA es pequeño, menos de 15°, que es lo habitual):

$$\text{WCA (grados)} \approx \text{componente cruzada del viento (kt)} / \text{TAS (kt)} \times 60$$

Donde la componente cruzada es la proyección del vector viento perpendicular al curso.

Para descomponer un viento en sus componentes longitudinal (cara/cola) y cruzada respecto al curso:

- Calcular el ángulo entre la dirección DEL viento y el curso (TC).
- Componente longitudinal = $W \times \cos(\text{ángulo})$. Si el viento es contrario al curso (en cara), reduce GS; si va con el curso (en cola), aumenta GS.
- Componente cruzada = $W \times \sin(\text{ángulo})$. Genera la corrección WCA.

Ejemplo: TAS 110 kt, curso TC 090°, viento del 060° a 20 kt.

- Ángulo viento-curso = $060^\circ - 090^\circ = -30^\circ$. En valor absoluto, 30°. Viento por la IZQUIERDA del avión (porque viene de antes del curso en sentido horario).
- Componente longitudinal: $20 \times \cos(30^\circ) = 20 \times 0,866 \approx 17$ kt EN CARA.
- Componente cruzada: $20 \times \sin(30^\circ) = 20 \times 0,5 = 10$ kt POR LA IZQUIERDA.
- $\text{WCA} \approx 10 / 110 \times 60 \approx 5,5^\circ$ a la DERECHA (apuntar el morro a la derecha del curso para compensar).
- $\text{TH} = 090^\circ + 5,5^\circ = 095,5^\circ$ (redondeo: 096°).
- $\text{GS} \approx \text{TAS} - \text{componente longitudinal} = 110 - 17 = 93$ kt.

5.4 Regla del «reloj» para componentes de viento

Para evitar trigonometría, regla práctica que aproxima cos y sin con ángulos «de hora del reloj»:



La computadora de vuelo E6B permite calcular vientos, correcciones y tiempos con precisión.

Ángulo entre viento y curso	Componente longitudinal	Componente cruzada
0° (viento de cara o de cola pura)	100 %	0 %
15°	≈ 100 %	≈ 25 %
30°	≈ 87 %	50 %
45°	≈ 70 %	≈ 70 %
60°	50 %	≈ 87 %
75°	≈ 25 %	≈ 100 %
90° (viento perpendicular)	0 %	100 %

NOTA: La regla del reloj se memoriza pensando en una esfera de reloj. Si el ángulo del viento con el curso es de N minutos (00 a 30), la fracción cruzada es N/60. Sirve para chequear mentalmente y para casos de examen oral.

5.5 Casos especiales del viento

- Viento de cara pura (ángulo 180°): $WCA = 0$, $GS = TAS - W$. Caso favorable para corregir altímetro y consumo.
- Viento de cola pura (ángulo 0°): $WCA = 0$, $GS = TAS + W$. Excelente para alcance y combustible.
- Viento perpendicular (ángulo 90°): WCA máximo ($= W/TAS \times 60$ grados), $GS = TAS$ (sin afectar componente longitudinal).

- Viento con ángulo entre 90° y 180° (en cara): aumenta el tiempo, reduce GS, sigue requiriendo corrección lateral.

Capítulo 6. La computadora de vuelo manual (E6B / CR-3)

6.1 Generalidades

La computadora de vuelo manual —también llamada «flight computer», «whiz wheel», «regla circular de cálculo aeronáutico»— es una regla de cálculo circular de dos caras, usada por pilotos desde la Segunda Guerra Mundial. Hay dos modelos populares:

- E6B: la clásica «todoterreno». Cara A circular con escala logarítmica para multiplicaciones/divisiones, cara B con grilla rectangular para triángulo del viento.
- CR-3: similar pero con cara B circular en lugar de rectangular. Algunos pilotos prefieren su geometría.

En Argentina, el alumno PPA aprende a usar la E6B durante el curso. Las computadoras electrónicas (CX-2, AvPlan, ForeFlight) son aceptadas en exámenes, pero el examinador puede pedir que el alumno demuestre dominio del método manual: «sin batería, sin pantalla, en cabina, durante una emergencia», el método tiene que estar.

6.2 Cara A: cálculo (multiplicación, división, conversiones)

La cara A consta de dos discos concéntricos con escalas logarítmicas. El exterior y el interior se alinean para multiplicar y dividir. Es una regla de cálculo circular.

Operaciones típicas para PPA:

Cálculo de tiempo de vuelo

Dada distancia y GS, calcular tiempo:

- Alinear GS (escala exterior, marcada o con el índice de las 10) sobre 60 (escala interior, índice de la hora).
- Buscar la distancia en la escala exterior.
- Leer los minutos en la escala interior debajo de la distancia.
- Ejemplo: GS 90 kt, distancia 45 NM. Alinear 90 sobre 60. Buscar 45 en escala exterior → debajo se lee 30 minutos.

Cálculo de combustible

- Alinear consumo (USG/h o lph) sobre 60.
- Para un tiempo dado, leer combustible debajo de los minutos.
- Ejemplo: consumo 9 USG/h, 90 min de vuelo. Alinear 9 sobre 60. Bajo 90 minutos: 13,5 USG.

Cálculo de distancia

- Alinear GS sobre 60. Para un tiempo dado en escala interior, leer distancia en escala exterior.

Cálculo de TAS

- Marcar la altitud presión y la temperatura en la ventana de TAS (marcada «AIR TEMP» o similar).
- La rotación del disco fija la corrección. Luego, en la escala exterior, leer TAS para cada CAS en escala interior.

Cálculo de altitud densidad

- Marcar PA y temperatura como antes.
- Leer DA en la ventana correspondiente («DENSITY ALT» o similar).

Conversiones

- Escalas adicionales típicas: NM \leftrightarrow km, NM \leftrightarrow SM, °C \leftrightarrow °F, USG \leftrightarrow litros, lb \leftrightarrow kg. Cada conversión usa una marca de índice y la rotación del disco.

6.3 Cara B: triángulo del viento (modelo E6B rectangular)

La cara B tiene:

- Un disco rotante azimutal marcado en grados, con el «TRUE INDEX» en la parte superior.
- Una grilla rectangular transparente con líneas concéntricas (velocidades) y radiales.
- Un cursor deslizante con escala de velocidades hacia abajo.

Procedimiento para resolver el triángulo dado: TC, TAS, dirección del viento (DV) y velocidad del viento (W):

6. Colocar la dirección del viento (DV) bajo el TRUE INDEX.
7. Marcar la velocidad del viento (W) hacia arriba desde el centro (sumando a la velocidad de referencia) o hacia abajo desde el centro (restando, en otros modelos).
8. Rotar el disco hasta colocar el TC bajo el TRUE INDEX.
9. Posicionar el cursor (escala de velocidades) sobre la marca de viento, deslizando hasta que la marca del viento caiga sobre la línea concéntrica que representa la TAS.
10. Leer GS en la posición donde está el centro de la grilla (donde reposa la TAS).
11. Leer el WCA leyendo la posición de la marca de viento respecto a la línea central.
12. Calcular TH: si la marca quedó a la derecha de la línea central, WCA es a la izquierda (viento desde la derecha); si quedó a la izquierda, WCA a la derecha. $TH = TC + WCA$ (signed).

La instrucción detallada del manejo se hace en clase con la computadora física en la mano. Una computadora E6B cuesta poco y todo alumno PPA debería tener la suya y dominarla antes del examen.

6.4 Computadora electrónica

Modelos como CX-2 reproducen todas las funciones de la E6B con un teclado. Son más rápidas y exactas, especialmente útiles en cabina con poca iluminación. Limitaciones:

- Dependen de batería. Llevar baterías de repuesto.
- Que pasa si me piden demostrar el método manual.
- Las aplicaciones móviles (ForeFlight, Garmin Pilot, AvPlan, Plan de Vuelo Argentina) ofrecen las mismas funciones con interfaz táctil. Excelentes operacionalmente, pero la dependencia del dispositivo es un riesgo: pantalla rota, batería agotada, GPS sin señal.

Capítulo 7. Planificación operacional de un vuelo VFR



La planificación de navegación en mesa incluye el trazado de ruta, los waypoints y los cálculos de combustible.

La planificación es la fase del vuelo donde se toman las decisiones más importantes en el suelo, con tiempo. Una buena planificación hace el vuelo «aburrido»: todo sale como se previó. Una mala planificación es la fuente de la mayoría de los sustos en aviación general.

7.1 Documentación previa al vuelo

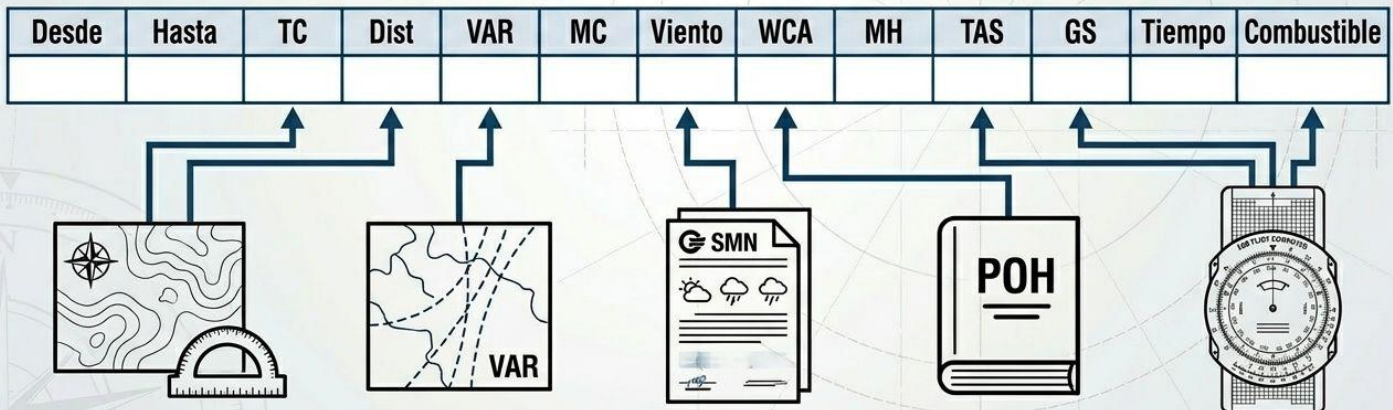
Antes de planificar la ruta, el piloto reúne:

- Cartas aeronáuticas vigentes para el área (seccional, VAC del origen, VAC del destino y de alternativos).
- AIP Argentina: información de los aeródromos a usar, espacios aéreos, procedimientos.
- NOTAM vigentes para origen, ruta y destino.

- METAR y TAF de origen, destino y alternativos.
- SIGMET, AIRMET, vigentes.
- Carta SIGWX y carta de viento/temperatura en altura.
- POH del avión: performance de despegue, crucero, aterrizaje, consumo, autonomía, masa y centrado.
- Bitácora del avión y planilla de pesaje vigentes.
- Documentación personal: licencia, habilitación, CMA, libro de vuelo.

Anatomía del Plan de Navegación

- El registro de navegación unifica la cartografía, la meteorología y la performance de la aeronave.
- Cada celda de la tabla tiene una fuente específica: medición directa, cálculo de computador o pronóstico.
- El cálculo meticuloso en tierra previene la carga de trabajo crítica durante el vuelo.



7.2 Selección de la ruta

Para un vuelo VFR PPA, la selección de ruta se hace considerando:

- Distancia: en línea recta es la más corta, pero no siempre la mejor.
- Referencias visuales en ruta: rutas nacionales, ríos importantes, ferrocarriles, ciudades grandes. Facilitan la navegación a estima.
- Aeródromos en ruta o cercanos: para escala, alternativos en caso de emergencia, combustible.
- Espacios aéreos a evitar o atravesar con autorización: zonas restringidas, áreas militares activas, TMA controladas.
- Relieve: cordones serranos, sierras, cordillera. Determinan altitud mínima de ruta y posibles efectos meteorológicos.

- Meteorología pronosticada: evitar zonas de tormenta, frente cercano, mala visibilidad.
- Combustible disponible: la ruta no puede exceder la autonomía con reserva.

Para PPA en Argentina, las rutas VFR típicas se construyen uniendo puntos visuales distintivos. Ejemplos:

- SAAR (Rosario) a SACO (Córdoba): por sobre Carcarañá → Marcos Juárez → Bell Ville → Río Segundo → Córdoba.
- SADM (Morón) a SAZS (Bariloche): por costa atlántica hasta Bahía Blanca (SAZB) → Choele Choel → Río Negro → cordillera con paso conocido. Es una ruta larga, normalmente con escalas.
- SAAV (Sauce Viejo) a SARI (Iguazú): por ríos Paraná → Goya → Posadas → cataratas. Apoyo en el río como referencia.

7.3 Selección de la altitud de crucero

- Cumplir reglas de altitud VFR: sobre 3.000 ft AGL, niveles impares + 500 ft para rumbo 000–179°, pares + 500 ft para rumbo 180–359°.
- Sobre obstáculos en ruta: respetar MEA o, en VFR, una altitud que asegure libramiento (1.000 ft AGL mínimo en llanura, 2.000 ft AGL mínimo en zona montañosa; pero los mínimos personales suelen ser más altos).
- Optimización por viento: si el viento de cola favorece a 6.500 ft y el de cara perjudica a 8.500 ft, elegir el primero.
- Optimización por TAS: a mayor altitud densidad, mayor TAS para una IAS dada — favorable, pero hasta el techo del avión.
- Margen ante nubes: la altitud debe permitir mantener distancia VMC a las nubes.
- Oxígeno: para PPA sin sistema de O₂, no exceder 12.500 ft (o 14.000 ft con uso limitado según RAAC).
- Comunicaciones: a mayor altitud, mejor recepción de radio VHF (línea de vista).

7.4 Hoja de plan de navegación (Nav Log)

Una hoja típica de plan de navegación, que el alumno debe saber confeccionar, contiene una fila por cada tramo (segmento entre dos puntos):

Columna	Contenido
Desde / Hasta	Puntos del segmento (aeródromo, VRP, ciudad, intersección)
TC	Curso verdadero medido en carta
Distancia	Distancia del segmento en NM
VAR	Variación magnética local
MC	Curso magnético = TC + VAR (oeste) o TC – VAR (este)

Viento	Dirección/velocidad del pronóstico de viento en altura
WCA	Calculado con TAS y viento
MH	Rumbo magnético a volar = MC + WCA
TAS	Velocidad verdadera estimada en crucero
GS	Velocidad respecto al suelo
ETE	Tiempo del segmento
Combustible	USG (o lph) consumido en el segmento
Altitud	Altitud de crucero del segmento
Frec / Radioayuda	Frecuencia ATS, VOR/NDB cercana, identificador
Observaciones	VRP, espacios aéreos, alertas, alternativos cercanos

Para travesías cortas, la hoja puede tener 2–4 filas; para travesías largas, una decena. Al final se totaliza ETE, distancia y combustible.

7.5 Combustible de plan VFR

Como ya se vio en el manual de Performance y Planificación, el cálculo de combustible para vuelo VFR PPA incluye:

13. Combustible para arranque, rodaje y prueba de motor (0,5 USG o equivalente).
14. Combustible para despegue y ascenso hasta altitud de crucero.
15. Combustible de crucero por todos los segmentos.
16. Combustible para descenso, aproximación y aterrizaje.
17. Combustible al alternativo, si se planifica.
18. Reserva legal: 30 min en VFR diurno, 45 min en VFR nocturno (verificar edición vigente de la RAAC).
19. Margen personal: 30 min adicionales para PPA con baja experiencia.

Verificar que el total no exceda la capacidad útil del avión, y que el peso resultante no exceda el MTOW (después de centrado y carga).

7.6 Hora estimada de salida y de llegada

- Calcular el ETE total sumando los ETE de cada tramo.
- Sumar tiempo de rodaje en origen (5–10 min en aeródromos pequeños, hasta 20 min en SABE/SAEZ).

- $ETA = EOBT + \text{tiempo de rodaje} + ETE - \text{tiempo de rodaje en destino al revés}$ (varía si hay maniobra).
- Convertir a UTC para el plan de vuelo OACI: hora local + 3 horas.

Capítulo 8. Navegación a estima en ruta

8.1 Concepto

La navegación a estima (dead reckoning, DR) es la técnica de calcular continuamente la posición del avión basándose en rumbo, velocidad y tiempo transcurrido. Es la base de la navegación VFR PPA, aun con GPS: el GPS confirma; el DR es el plan.

El piloto en ruta:

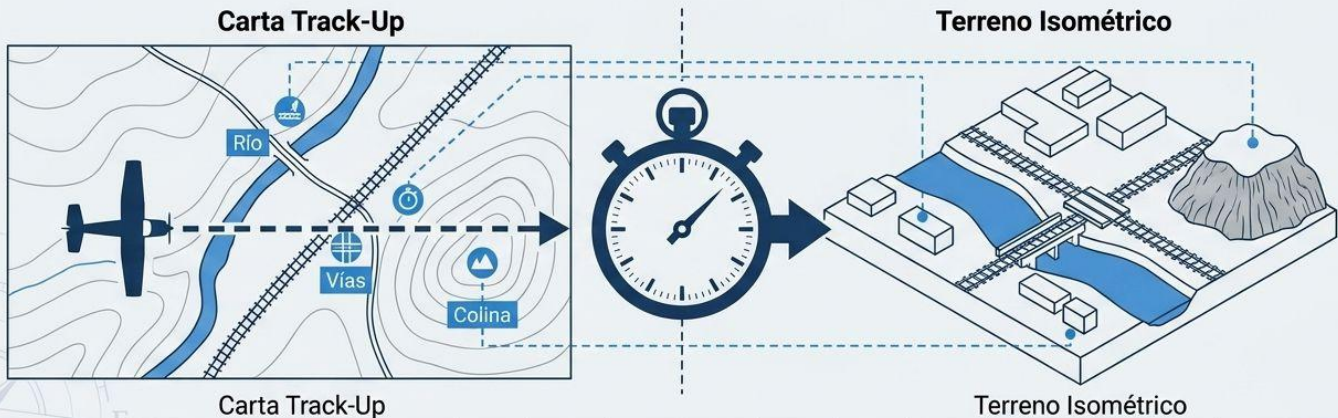
- Mantiene el MH (Magnetic Heading – Rumbo Magnético) planeado en el DG (Giro Direccional) o compás (Brújula).
- Conoce su TAS y, con el viento, calcula su GS.
- Cronometra el tiempo desde un punto conocido.
- En base a tiempo y GS, calcula la distancia recorrida.
- Identifica visualmente puntos en su ruta y los marca contra el plan.
- Si hay desviación lateral o temporal, corrige.

8.2 Métodos de chequeo de posición

- Reconocimiento visual: identificar puntos de la carta sobre el terreno. Río, ruta, ciudad, embalse, sierra. Es la técnica primaria del VFR.
- Línea de posición (LOP) por radioayuda: una marcación VOR o ADF da una línea sobre la carta donde está el avión.
- Fix por dos LOP: con dos VOR o un VOR+DME, dos líneas se cortan en un punto.
- GPS: posición instantánea en coordenadas, distancia y tiempo a próximo waypoint.
- Cálculo de progreso temporal: si pasamos sobre tal ciudad a tal hora, el cronómetro nos dice si vamos adelantados o atrasados respecto al plan.

Ejecución en Ruta: Navegación a Estima

- El éxito de la navegación VFR depende de comparar constantemente la posición calculada con las referencias del terreno.
- La carta debe orientarse en el sentido de la marcha (track-up) para facilitar la identificación visual.
- El reloj es el instrumento principal: la distancia se mide en tiempo transcurrido desde el último punto verificado.



8.3 Corrección de desviación lateral

Si el piloto se da cuenta que ha derivado lateralmente del curso planeado, hay dos métodos prácticos para corregir:

Método 1: Regla del 1 en 60 (o 60 a 1)

- Si el avión se ha desviado X NM del curso original tras recorrer D NM desde el origen, el error de rumbo es aproximadamente $X/D \times 60$ grados.
- Para volver al curso original al destino, hay que sumar a la corrección de error otro tanto que represente el viraje necesario para interceptar.
- Ejemplo: a las 30 NM del origen, el piloto se da cuenta que está 3 NM al sur del curso. Error de rumbo = $3/30 \times 60 = 6^\circ$. Si destino está a 60 NM más, para interceptar conviene aplicar $6^\circ + 6^\circ$ (cierre) = 12° de corrección al N por unos minutos, luego volver a la corrección base de 6° al N.

Método 2: Replantear el rumbo al destino

- Si tras la desviación lateral el piloto prefiere ir directo al destino desde la posición actual: medir un nuevo MC desde el punto donde está al destino, aplicar WCA, volar nuevo MH.
- Es más directo, requiere medir sobre la carta o usar GPS.

8.4 Corrección de desviación temporal

Si tras un segmento el piloto llega al punto X con tiempo distinto al esperado:

- Si llega antes: GS real mayor a la planeada. Recalcular GS para el resto y ajustar ETE/ETA.
- Si llega después: GS real menor. Recalcular GS y ETE. Verificar consumo y reserva.

Ejemplo: el plan decía «sobre Marcos Juárez a las 11:30 local». El piloto llega a las 11:42. Atraso 12 min en 1 hora de vuelo: 20 % de retraso. La GS real fue 80 % de la planeada. Si quedaban 1,5 horas (01:30, una hora y 30 minutos) al destino: nuevo ETE $1,5 / 0,80 = 1,87$ hora = 1 hora 52 minutos. Revisar combustible.

8.5 Buenas prácticas en cabina

- Carta visible y orientada hacia el rumbo de vuelo (no siempre con norte arriba).
- Plan de navegación a la vista: el alumno PPA suele engancharlo a una pinza en la rodilla (kneeboard) o en el panel.
- Cronómetro corriendo desde el cruce de cada punto.
- Si hay GPS, comparar posición GPS con posición DR para detectar errores rápidamente.
- Si hay copiloto o pasajero adulto, asignar tareas (sostener la carta, leer en voz alta el próximo punto, cronometrar).
- Mantener la atención afuera 80–90 % del tiempo: vista hacia el suelo, identificar puntos, ver el tráfico.

Capítulo 9. Radioayudas a la navegación

9.1 VOR (VHF Omnidirectional Range)

El VOR es una estación terrestre que transmite en banda VHF (108–117,95 MHz) una señal que un receptor de avión puede interpretar para conocer su MARCACIÓN (radial) desde la estación.

Funcionamiento básico:

- La estación emite dos señales: una omnidireccional (referencia) y otra rotatoria sincronizada con el norte magnético.
- El receptor en cabina mide la diferencia de fase entre ambas → calcula el RADIAL en que está el avión respecto a la estación.
- Un radial es un rumbo magnético desde la estación. El avión está en algún punto del radial.

Componentes del receptor VOR de cabina:

- Selector de curso (OBS — Omni Bearing Selector): el piloto «pide» un radial.
- Aguja CDI (Course Deviation Indicator): muestra cuánto se desvía la posición del avión del radial seleccionado. Centrada: en el radial. A izquierda o derecha: el radial está hacia ese lado.
- Indicador TO/FROM: muestra si volar el radial seleccionado lleva HACIA la estación o LA ALEJA.

- Bandera de aviso: NAV o OFF si la señal es deficiente.

Identificación: cada VOR emite su identificador en código Morse (3 letras) cada 30 segundos. El piloto DEBE identificar antes de usar la señal. En Argentina, ejemplos: ROS (Rosario), AEP (Aeroparque), COR (Córdoba), MZA (Mendoza), VIE (Viedma).

Alcance: línea de vista. A altitud baja, 30–40 NM. A altitud media, 100–150 NM. Sobre terreno montañoso, sombras importantes.

Uso operacional para PPA:

- Confirmación de posición en ruta: «estoy sobre el radial 270 del VOR ROS a unas 40 NM».
- Volar hacia un VOR: girar el OBS hasta que la aguja CDI esté centrada y el indicador en TO. Volar el MH igual al curso seleccionado, corrigiendo por viento.
- Volar desde un VOR (radial saliente): seleccionar el radial deseado en el OBS con indicador FROM.
- Determinar posición por cruce: usar dos VOR y dos radiales → punto donde se cortan.

9.2 DME (Distance Measuring Equipment)

Sistema de pulso-respuesta en banda UHF (962–1213 MHz) que mide la distancia oblicua entre el avión y la estación. Usualmente está co-localizado con un VOR (VOR-DME) o con un ILS.

Importante:

- DME mide DISTANCIA OBLICUA, no horizontal. A 10.000 ft sobre la estación, DME indica 1,65 NM aunque la distancia horizontal sea cero. A baja altitud y lejos, oblicua ≈ horizontal.
- Algunos receptores dan también velocidad sobre la estación («GS to/from station»), no equivalente al GS verdadero.
- Limitación: como el VOR, requiere línea de vista. Alcance similar.

9.3 NDB y ADF

NDB (Non-Directional Beacon) es una radiobaliza que emite en banda LF/MF (190–1750 kHz) una señal omnidireccional. El receptor en cabina (ADF, Automatic Direction Finder) tiene una aguja que apunta hacia la estación.

Características:

- Tecnológicamente más antigua que el VOR.
- La señal se propaga siguiendo la curvatura terrestre: alcance mayor que VHF (puede llegar a centenares de NM).
- Afectada por interferencias: tormentas eléctricas (la aguja oscila), terreno, líneas costeras (refracción).

- La aguja del ADF apunta a la estación EN COORDENADAS DEL AVIÓN: si el avión vira, la aguja también.
- Para volar HACIA un NDB: poner la aguja al 12 (apuntando adelante).
- Para volar DESDE un NDB: poner la aguja al 6.

Identificación: 2 letras en Morse. En Argentina hay NDB en varios aeródromos secundarios, pero su uso está disminuyendo en favor de GPS.

9.4 GNSS / GPS

Global Navigation Satellite System (genérico) o Global Positioning System (sistema estadounidense específico). Es la radioayuda dominante en aviación general moderna.

Principio:



El GPS es una herramienta de apoyo a la navegación; el piloto PPA debe mantener competencia en navegación tradicional.

- Constelación de 24+ satélites a 20.200 km de altitud. Otras constelaciones similares: GLONASS (Rusia), Galileo (Europa), BeiDou (China).
- Cada satélite emite señal con su posición exacta y la hora atómica.
- Receptor en cabina mide tiempo de propagación de cada señal y trianguliza posición.
- Con 4+ satélites, posición 3D (latitud, longitud, altura). Con menos, posición degradada.

Precisión y limitaciones:

- Precisión nominal: 5–10 m horizontal, 10–20 m vertical.
- Augmentación SBAS (Satellite-Based Augmentation System; WAAS en EE.UU., EGNOS en Europa, SACCSA en Sudamérica): mejora precisión a 1–3 m.

- Requiere visibilidad de cielo: bajo árboles, en cañones, dentro de hangar, la señal se pierde.
- Interferencias: tormentas solares (raras), jamming intencional o accidental (algunos países lo han documentado).
- RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring): el receptor verifica si la solución es consistente. Si no, alerta al piloto.

Uso operacional para PPA en Argentina:

- Posición instantánea: latitud/longitud, ground speed, track, ETA.
- Bases de datos de aeródromos y radioayudas: el piloto puede pedir «directo a SACO» y el GPS calcula curso y distancia.
- Mapa móvil: muchos GPS portátiles (Garmin Aera, iPad con app) muestran la posición del avión sobre la carta. Ayuda visual considerable.
- Aviso de espacios aéreos: la mayoría de los GPS portátiles advierte al aproximarse a una TMA, CTR, área restringida.
- Backup ante falla de radio o pérdida de orientación visual.

Riesgos del uso del GPS:

- Dependencia excesiva: el piloto deja de practicar DR y pierde la habilidad.
- Falla del dispositivo: batería, software, antena, pantalla.
- Información obsoleta: bases de datos no actualizadas pueden mostrar aeródromos cerrados, radioayudas desactivadas.
- Errores de programación: «directo a XYZ» donde XYZ es un punto homónimo del otro lado del país. Verificar siempre el waypoint cargado.

Matriz de Sistemas de Navegación

- La navegación VFR moderna exige dominar métodos tradicionales y satelitales.
- La navegación a estima es el sistema primario; no requiere energía eléctrica ni señal externa.
- El GNSS/GPS es una herramienta de validación, nunca un sustituto exclusivo del piloto privado.

	Herramienta Principal	Dependencia (Falla)	Precisión	Rol PPA VFR
Navegación a Estima (Dead Reckoning)	Carta, reloj, brújula	Ninguna (Autónomo)	Moderada (Depende del viento)	Primario (Mandatorio)
Radioayudas (VOR/NDB)	Antenas de tierra y receptor	Sistema eléctrico y señal terrestre	Alta (Radial)	Complementario
Navegación GNSS/GPS	Constelación satelital y pantalla	Sistema eléctrico y señal espacial	Milimétrica	Validación cruzada (No sustituto)

Flightpath

NOTA: La regla operacional para PPA con GPS: USAR EL GPS COMO COMPLEMENTO de la navegación a estima, no como SUSTITUTO. Llevar siempre carta y plan de navegación calculado a mano. Practicar DR aunque el GPS funcione. El día que falle, el piloto debe estar listo para terminar el vuelo sin él.

Capítulo 10. Navegación perdida y de emergencia

10.1 «Estoy perdido»: protocolo de actuación

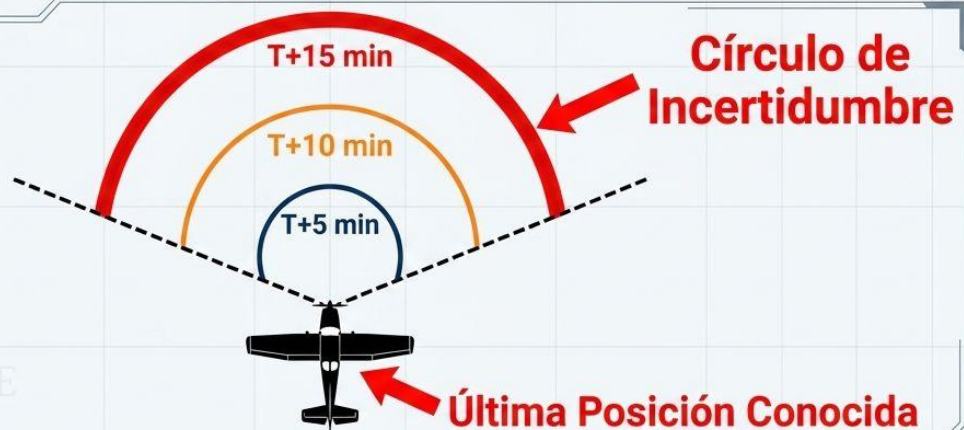
Si el piloto pierde la conciencia de su posición durante una travesía VFR (no reconoce el terreno, los tiempos no cuadran, los puntos no aparecen), la regla operacional es: NO INSISTIR EN EL CURSO. Cada minuto perdido aleja más. Procedimiento sugerido:

1. Calmar. Aviate primero: mantener avión nivelado, altitud y velocidad estables.
2. Tiempo y consumo: calcular cuánto combustible queda y cuánto tiempo de vuelo. Esto define los recursos disponibles para resolver.
3. Última posición conocida: identificar el último punto donde se estaba seguro de la posición. Cronometrar tiempo desde entonces.
4. Círculo de incertidumbre: desde la última posición conocida, en el rumbo planeado, con la GS estimada, el avión debe estar dentro de un círculo. Trazar mentalmente este círculo.
5. Identificación visual: buscar referencias prominentes. Ríos grandes, sierras, rutas nacionales, ferrocarriles, ciudades. Compararlas con la carta.

6. GPS si está disponible: leer coordenadas, marcar en carta. Si no hay GPS: la posición se acota por DR.
7. Radioayudas: si hay un VOR o NDB receptor, sintonizar uno cercano e identificar marcación o distancia.
8. Pedir ayuda a ATC: llamar al centro de información de vuelo o torre más cercana, identificarse, declarar «navegación dudosa» o «desorientación», pedir información (radar si lo hay, marcaciones, posición estimada). NO ES VERGONZOSO. Es lo correcto.
9. Si la situación se deteriora (combustible bajo, meteorología, oscurece): declarar PAN PAN PAN o, en caso crítico, MAYDAY. Aterrizaje precautorio si hay campo adecuado.

Procedimiento de Desorientación

- Ante la pérdida de posición visual, la regla primaria es estabilizar la aeronave y no alterar el rumbo a ciegas.
- El área de búsqueda crece exponencialmente con cada minuto que pasa sin identificar una referencia.
- Solicitar asistencia al ATC temprano es una decisión de seguridad crítica, no un fracaso profesional.



ADVERTENCIA: La «navegación perdida» es una situación que escala rápidamente si el piloto la oculta por orgullo. Múltiples accidentes PPA en Argentina y el mundo tienen en su cadena causal «pilot pressed on while lost». La defensa cultural es: pedir ayuda temprano. ATC y los servicios FIS están para asistir, no para juzgar.

10.2 Estrategias específicas

- Si está sobre llanura sin referencias: subir a mayor altitud para ampliar el horizonte visual. Una sierra, una ciudad grande o un río pueden aparecer.
- Si la radio falla y no hay GPS: aterrizar precautoriamente en un aeródromo conocido. También es buena idea seguir un río o ruta nacional.
- Si hay un río grande visible: identificar la dirección de la corriente y comparar con la carta. En Argentina, los ríos importantes (Paraná, Uruguay, Salado, Negro, Colorado) son referencias robustas.
- Si una vía férrea es visible: las líneas argentinas son largas y conectan ciudades reconocibles.
- Si una ruta nacional está abajo: el cartel kilométrico, en algunas zonas legible desde baja altitud, da el punto kilométrico.
- En zonas pampeanas con cuadrículas de pueblos pequeños, identificar pueblo por su forma característica (cuadrícula, ferrocarril, ríos) puede tomar tiempo.

La Filosofía del Navegante

- Ninguna tarea de navegación justifica perder el control aerodinámico de la aeronave.
- El orden de prioridades es inviolable en cualquier fase del vuelo o emergencia.
- La navegación segura ocurre en el equilibrio entre volar el avión y comunicarse con el entorno.



Capítulo 11. Navegación regional argentina

Cada región argentina tiene particularidades navegacionales que el alumno PPA debe conocer:

11.1 Pampa húmeda

- Llanura extensa, pocas referencias verticales notables.
- Cuadrículas de poblados con calles cardinales. Cada ciudad tiene un nombre escrito en la entrada (a veces visible desde el aire), un campo de fútbol, una plaza.
- Rutas nacionales (RN 7, 8, 9, 14, 33, 34) muy útiles.
- Ferrocarriles: vías Mitre, Belgrano, Roca, San Martín, Sarmiento.
- Ríos grandes (Paraná, Salado del sur, Salado del norte) y arroyos.
- La navegación pampeana exige atención: los puntos son sutiles. GPS o radioayudas ayudan enormemente.

11.2 NOA

- Relieve marcado: valles longitudinales N-S separados por sierras.
- Quebradas (Humahuaca, Calchaquies) como rutas visuales obvias.
- Ciudades en valle: visibles desde considerable distancia.
- Aeródromos en altura: SASA Salta 4.058 ft, SASJ Jujuy 4.058 ft, SANT Tucumán 1.500 ft.
- Convección estival muy desarrollada, planificar para horarios matinales.

11.3 Cuyo

- Cordillera muy cercana al oeste, cordón principal con picos > 20.000 ft (Aconcagua 22.840 ft).
- Aeropuertos en oasis: SAME Mendoza, SAMS Malargüe, SAMR San Rafael, SACS San Juan.
- Caminos y oasis de viñedos como referencias en planicie cuyana.
- Zonda: viento descendente cordillerano cálido y seco.
- Travesía a Chile: solo por pasos específicos (Cristo Redentor, Pino Hachado, Vergara), con autorización y experiencia.

11.4 Patagonia

- Vientos del oeste persistentes y fuertes (40–60 kt en altura).
- Lagos cordilleranos (Nahuel Huapi, Argentino, Viedma) como referencias en el oeste.
- Mesetas extensas con pocas referencias terrestres distintivas.
- Costa atlántica: borde marítimo claro como referencia.
- Distancias entre aeródromos grandes: hasta 200–300 NM.
- Aeródromos: SAZS Bariloche, SAWE Río Grande, SAWH Ushuaia, SAVC Comodoro Rivadavia, SAWG Río Gallegos, SAVT Tres Arroyos.

11.5 Litoral

- Ríos Paraná y Uruguay como referencias dominantes.
- Vegetación densa, selva en Misiones.
- Aeródromos: SARI Iguazú, SARP Posadas, SARC Corrientes, SARE Resistencia.
- Tormentas convectivas en primavera-verano frecuentes.

11.6 Sierras Pampeanas

- Sierras Chicas y Grandes en Córdoba, San Luis.
- Aeródromos en valles: SACO Córdoba, SANL San Luis.
- Embalses como referencias (San Roque, Río Tercero, La Viña).
- Turbulencia en sotavento serrano con vientos del W.

NOTA: *El alumno PPA en Argentina se beneficia mucho de volar con un instructor local en cada región nueva. Las prácticas regionales (puntos de notificación informales en aeroclubes, alturas de patrón locales, frecuencias, costumbres del aeródromo) se aprenden ahí, no en el manual.*

PARTE 2 — Utilización de cartas aeronáuticas

La carta aeronáutica es la herramienta de trabajo del navegante. Sobre ella se planifica la ruta, se calculan rumbos y distancias, se identifican espacios aéreos, obstáculos, radioayudas, aeródromos. En vuelo, se compara con el terreno para confirmar posición. Esta parte enseña a leer las cartas argentinas, a interpretar su simbología OACI y a usarlas operacionalmente.

Capítulo 12. Proyecciones cartográficas

12.1 El problema de representar la esfera en plano

Una esfera no puede representarse en un plano sin distorsión. Toda proyección cartográfica conserva algunas propiedades a costa de otras:

- Equivalente: conserva áreas. Las áreas en el mapa son proporcionales a las reales. Las formas se distorsionan.
- Conforme: conserva ángulos localmente. Las formas pequeñas son similares a las reales, las direcciones medidas localmente son correctas. Las áreas se distorsionan, especialmente en altas latitudes.
- Equidistante: conserva distancias desde un punto particular.

Para navegación aérea, las propiedades preferidas son la conformidad (ángulos locales) y la equidistancia razonable. Por eso las cartas aeronáuticas usan proyecciones conformes.

12.2 Proyección Lambert Cónica Conforme

Es la proyección estándar para cartas aeronáuticas de latitudes medias. Características:

- La esfera se proyecta sobre un cono que la corta en dos paralelos «estándar».
- Conforme: los ángulos se conservan localmente.
- Los meridianos son líneas rectas que convergen hacia un polo (el centro del cono).
- Los paralelos son arcos de círculo concéntricos.
- Las distorsiones de área son mínimas dentro de la banda entre los paralelos estándar.
- Un círculo máximo se representa aproximadamente como una recta dentro del área cubierta. Útil para distancia de ruta.

Cartas Lambert utilizadas en Argentina:

- Cartas seccionales escala 1:500.000 emitidas por el IGN para VFR.
- ENRC (Enroute Charts) para vuelo IFR.
- WAC (World Aeronautical Charts) escala 1:1.000.000.

12.3 Proyección Mercator

Proyección cilíndrica conforme. Los meridianos son verticales paralelos, los paralelos horizontales paralelos. Características:

- Las loxodromias (líneas de rumbo constante) son rectas. EXTREMADAMENTE útil para navegación clásica.
- Las distorsiones de área aumentan hacia los polos. Groenlandia aparece del tamaño de África en Mercator.
- Los círculos máximos NO son rectas (salvo el ecuador y los meridianos).

En aviación, Mercator se usa para cartas globales y para algunas cartas de baja altitud en zonas tropicales. No es la proyección estándar para Argentina.

12.4 Proyección estereográfica polar

Proyección conforme centrada en un polo. Se proyecta el globo sobre un plano tangente al polo. Útil para cartas polares y para representar zonas cercanas a los polos. Para vuelos PPA argentinos no es relevante (excepto cartas antárticas).

12.5 Proyección gnomónica

Proyección NO conforme. Los círculos máximos aparecen como rectas. Es la única proyección que cumple esta propiedad. Útil para planificar rutas de gran círculo, especialmente en vuelos transoceánicos. La distorsión angular y de área es importante. No se usa operacionalmente como carta de cabina.

Capítulo 13. Escalas

13.1 Concepto

La escala de una carta es la relación entre una distancia medida en el mapa y la distancia real en el terreno. Se expresa como fracción ($1:500.000 = 1 \text{ cm en mapa} = 500.000 \text{ cm} = 5 \text{ km en terreno}$).

- Escala grande: la fracción es grande (numerador mucho mayor relativamente; denominador chico). Muestra mucho detalle en poca extensión. Ej: 1:50.000 — escala muy grande, no usada en aviación general.
- Escala pequeña: fracción pequeña (denominador grande). Muestra mucha extensión con poco detalle. Ej: 1:1.000.000 (WAC).

13.2 Escalas usadas en aviación argentina

Escala	Carta	Uso típico
1:250.000	TAC, algunos VAC	Áreas terminales, aeródromos detallados
1:500.000	Seccional (VFR)	Carta principal para navegación VFR PPA
1:1.000.000	WAC	Vuelos VFR de mediana-larga distancia, planeo general
1:2.000.000 o menor	Cartas generales	Visión sinóptica, planeo regional

Para PPA en Argentina, la herramienta básica es la carta seccional 1:500.000 publicada por el IGN. Una carta seccional cubre típicamente 4° de latitud × 6° de longitud, una porción razonable del país.

13.3 Medición de distancias

Las cartas aeronáuticas vienen con una escala gráfica (barra de NM impresa en el borde). Procedimiento para medir distancias:

- Tomar regla aeronáutica (plotter) o regla común y medir la distancia entre los dos puntos en el mapa.
- Trasladar esa medida a la escala gráfica y leer NM.
- Alternativamente: usar el hecho de que 1° de latitud = 60 NM. Medir la diferencia de latitudes y calcular.
- Para distancias largas dividir el trayecto en tramos cortos y sumar, especialmente si se está en zonas de la carta con distorsión perceptible.

Regla aeronáutica («plotter») recomendada: tiene una escala impresa en NM para 1:500.000 y para 1:1.000.000, y un transportador para medir ángulos directamente desde meridianos.

13.4 Medición de ángulos (cursos)

Procedimiento clásico:

10. Trazar línea recta entre origen y destino con regla.
11. Identificar el meridiano más cercano al punto MEDIO de la línea (importante: el meridiano medio, no del origen — los meridianos no son paralelos en Lambert).
12. Colocar el centro del transportador (plotter) en la intersección de la línea con ese meridiano.
13. Alinear el 0° del transportador con el meridiano (apuntando al norte verdadero).
14. Leer el ángulo donde la línea de la ruta cruza la escala del transportador: ese es el TC.
15. Aplicar la variación magnética local (leída en la carta) para obtener MC.

NOTA: Los plotters modernos tienen dos escalas: TC (parte exterior, 0–360°) y una compensación para inclusión rápida de variación si así se desea. Para PPA conviene siempre calcular TC primero y aplicar variación explícitamente como paso separado: refuerza el método.

Capítulo 14. Simbología OACI y elementos de las cartas

La simbología cartográfica aeronáutica está estandarizada por OACI (Anexo 4 al Convenio de Chicago). Esto permite que un piloto formado en cualquier país pueda leer cartas de cualquier otro con mínima adaptación. Esta sección presenta los símbolos principales que un PPA argentino debe reconocer.

14.1 Aeródromos

- Aeródromo CIVIL con pista PAVIMENTADA: círculo con una pequeña pista esquemática adentro (un rectángulo que representa la orientación de pista). Color azul típicamente para controlado, color magenta para no controlado en muchas cartas. Verificar leyenda de la carta.
- Aeródromo CIVIL con pista NO PAVIMENTADA (pasto, tierra, ripio): círculo SIN símbolo de pista interna, o con una marca distintiva (raya simple).
- Aeródromo MILITAR: símbolo con marca distintiva (cruz, ancla u otro signo militar). Verificar leyenda.
- Aeródromo PRIVADO o restringido: «R» dentro o adyacente al símbolo.
- Helipuerto: «H» dentro de un círculo.
- Hidroplano (water aerodrome): símbolo con ancla.

14.2 Datos del aeródromo en la carta

Junto al símbolo de cada aeródromo, la carta muestra una etiqueta con:

- Nombre del aeródromo.
- Indicador OACI (4 letras): SABE, SAEZ, SAAR, SACO, SAME, etc.
- Elevación del aeródromo en pies AMSL.
- Longitud de la pista principal en cientos de pies (o decenas de metros, según la carta).
- Frecuencia principal (torre, AFIS, unicom).
- Tipo de superficie: «P» = pavimento, «G» o «S» = pasto/tierra.
- Disponibilidad de combustible: «F» o icono específico.
- Servicio FBO, iluminación nocturna, otros.

Ejemplo etiqueta típica: «SAAR Rosario / 87 / 65 / 118.4 P F L»: aeródromo Rosario, elevación 87 ft, pista principal 6.500 ft, frecuencia 118,7 MHz, pavimentada, combustible, iluminación nocturna.

14.3 Pistas

Para aeródromos importantes (típicamente sobre 1.500 m), la carta puede mostrar la orientación y forma de la pista, en lugar del círculo simple.

- Orientación de la pista mostrada con un rectángulo orientado.
- Pistas paralelas, cruzadas, en triángulo: representadas literalmente.
- Calle de rodaje (taxiway): puede aparecer en cartas detalladas (TAC, VAC).

14.4 Espacios aéreos

Los espacios aéreos controlados y restringidos se delimitan en la carta con líneas y se identifican con texto:

- Clase B (TMAs principales): líneas azules continuas, con altitud techo y piso. Ejemplo: TMA SAEZ entre superficie y FL245.
- Clase C/D: líneas azules continuas, fragmentadas, con altitudes.
- Clase E (aerovías): líneas más finas, con identificador (UW7, A305, etc.).
- Clase G (no controlado): no se delimita; es lo que «queda» fuera.
- CTR (zona de control): línea azul continua alrededor del aeródromo.
- ATZ (zona de tránsito de aeródromo): generalmente no marcada explícitamente; se considera un círculo de varios NM alrededor de cada aeródromo.
- Zona restringida (R-): hexágono o polígono cerrado con identificador (R-001, R-002, ...), altitudes de aplicación, horario si es activa por horario.
- Zona peligrosa (D-): similar a R, distinto símbolo.
- Zona prohibida (P-): similar, color rojo intenso típicamente.

ESPACIOS AÉREOS CONTROLADOS Y RESTRINGIDOS EN LA CARTA

Los espacios aéreos controlados y restringidos se delimitan en la carta con líneas y se identifican con texto.

	CLASE B (TMA's PRINCIPALES) Líneas azules continuas, con altitud techo y piso.	Ejemplo: TMA SAEZ SFC – FL245	Altitudes: Desde superficie hasta FL245
	CLASE C / D Líneas azules continuas, fragmentadas, con altitudes.	Ejemplo: CTR CORDOBA SFC – FL195	Altitudes: Desde superficie hasta FL195
	CLASE E (AEROVÍAS) Líneas más finas, con identificador. Ejemplos: UW7, A305, etc.	Ejemplo: A305 FL195 – FL115	Altitudes: Desde FL195 hasta FL115
	CTR (ZONA DE CONTROL) Línea azul continua alrededor del aeródromo.	Ejemplo: CTR EZEIZA SFC – 3500 ft	Altitudes: Desde superficie hasta 3500 ft
	ATZ (ZONA DE TRÁNSITO DE AERÓDROMO) Generalmente no marcada explícitamente; se considera un círculo de varios NM alrededor de cada aeródromo.	Ejemplo: ATZ 5 NM	Extensión: 5 NM alrededor del aeródromo

ZONAS ESPECIALES (RESTRINGIDAS, PELIGROSAS Y PROHIBIDAS)

	ZONA RESTRINGIDA (R-) Hexágono o polígono cerrado con identificador (R-001, R-002, ...), altitudes de aplicación y horario si es activa por horario.	Ejemplo: R-001 FL195 GND LUN-VIE 0600-1800
	ZONA PELIGROSA (D-) Similar a R, distinto símbolo.	Ejemplo: D-056 FL660 SFC ACTIVA
	ZONA PROHIBIDA (P-) Similar a R, color rojo intenso típicamente.	Ejemplo: P-07 FL660 SFC PERMANENTE

LEYENDA DE SÍMBOLOS

	Límite controlado (continuo)		CTR (referencial)
	Límite controlado (fragmentado)		ATZ (referencial)
	Aerovía (Clase E)		Zona restringida (R-)
	Clase G (no controlado)		Zona peligrosa (D-)
			Zona prohibida (P-)



Fuera de los espacios controlados y de las zonas restringidas, peligrosas o prohibidas, el espacio aéreo corresponde a CLASE G (no controlado).



IMPORTANTE: Las altitudes están expresadas en pies (ft) o niveles de vuelo (FL). FL (Flight Level): superficie de presión estándar de 1013 hPa. GND o SFC: desde la superficie. Verificar siempre las condiciones de activación y horarios de las zonas R, D y P.

NOTA: Las zonas R, D y P en Argentina se publican en el AIP-ENR 5. Las áreas militares se activan por NOTAM. El piloto debe verificar antes del vuelo. Una zona R inactiva puede ser sobrevolada; activa, no. Suponer no es opción: leer NOTAM.

14.5 Radioayudas

- VOR: símbolo de hexágono azul con texto: nombre, identificador (3 letras), frecuencia, código Morse. Si está co-localizado con DME, símbolo combinado VOR-DME.
- NDB: símbolo de círculo con punteado o de cruz pequeña. Texto: nombre, identificador (2 letras), frecuencia (en kHz).
- DME aislado: símbolo distinto, raro fuera de VOR.
- Compass locator (LOM, LMM): asociado a ILS; raro en VFR PPA.
- TACAN: militar, raro en cartas civiles.

Para cada radioayuda, la carta puede mostrar también un «compás de radial» alrededor del símbolo del VOR (rosa de radiales), facilitando la lectura de direcciones magnéticas desde la estación.

14.6 Aerovías y puntos de notificación

- Aerovías: líneas rectas entre fixes o radioayudas, con identificador (UW7, A305, B554). Indican la ruta IFR estándar. En VFR no se sigue la aerovía estrictamente, pero conocer las aerovías ayuda a entender el tráfico IFR alrededor.
- Puntos de notificación (waypoints): puntos definidos por coordenadas o por la intersección de radiales/distancias. Identificados con 5 letras (CASIN, GERMU, PEPSI), un símbolo de triángulo. Algunos son obligatorios (cerrados), otros opcionales (abiertos).
- MEA (Minimum Enroute Altitude): altitud mínima para volar un tramo de aerovía. Etiquetada sobre la aerovía. Es la altitud mínima en aviación IFR.
- MORA (Minimum Off-Route Altitude): altitud mínima fuera de aerovía, basada en obstáculos en un radio dado.

14.7 Relieve y obstáculos

Las cartas seccionales muestran el relieve mediante:

- Curvas de nivel (isohipsas): líneas de igual altitud, generalmente cada 100, 200, 500 o 1.000 ft según escala.
- Sombreado o coloración por elevación (relief shading): tonos suaves que dan idea de relieve.
- Cotas: número impreso en la cima de un cerro o sierra dando su altitud máxima.
- Picos relevantes: punto y cota destacados (Aconcagua: 22.840 ft / 6.962 m en cartas argentinas).

Obstáculos antrópicos:

- Torres y antenas: símbolo de pequeña antena (mástil) con altura indicada en pies AMSL (o AGL en algunas cartas).
- Líneas de alta tensión: línea con puntos representando torres, eventualmente con altura.
- Edificios altos: símbolo específico en ciudades grandes.
- Aerogeneradores (parques eólicos): símbolo de aspas, especialmente relevante en Patagonia y sur de Buenos Aires.

ADVERTENCIA: Las antenas y torres argentinas no siempre están señalizadas con iluminación adecuada. En navegación VFR a baja altura sobre llanura, las torres de transmisión (radio, TV, celular) son un peligro real. Mantener al menos 1.000 ft AGL en zonas con torres y, si la altura de la torre supera ese margen, más. Leer la carta antes de descender en zonas no familiares.

14.8 Referencias terrestres

- Ríos: líneas azules. Los grandes (Paraná, Uruguay, Colorado, Negro) son ejes obvios.
- Lagos y embalses: áreas azules. Lago Nahuel Huapi, Embalse Río Tercero, Salinas Grandes.



El reconocimiento de referencias visuales en el terreno confirma la posición de la aeronave en ruta.

- Costa atlántica: borde claro.
- Salinas y salares: áreas blancas con texto.
- Ciudades: círculos rellenos con texto. Tamaño relativo da idea de población.
- Rutas: líneas con identificador (RN 7, RN 14, RN 40 son las más importantes). RN 40 corre N-S por toda la cordillera oriental.
- Ferrocarriles: línea con trazas perpendiculares.
- Puentes, túneles, terminales ferroviarias destacadas.

14.9 Otros símbolos relevantes

- Líneas isógonas: líneas de igual variación magnética. Suelen mostrarse para una fecha de referencia.
- Frontera internacional: línea distintiva (Argentina con Chile, Bolivia, Paraguay, Brasil, Uruguay).
- Frontera provincial: línea menos prominente (no operacional, sí geográfica).
- Coordenadas: marcas en bordes con grados y minutos.
- Áreas de actividad de planeadores, paracaidismo, aerostación: símbolos específicos.
- Áreas naturales protegidas (parques nacionales): contorno y a veces restricciones de sobrevuelo.
- Notas explicativas y leyenda: usualmente en márgenes de la carta.

Capítulo 15. Tipos de cartas en Argentina

15.1 Cartas seccionales (1:500.000)

Editadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) con datos aeronáuticos provistos por ANAC. Son las cartas básicas para VFR PPA. Una carta típica cubre 4° latitud × 6° longitud.

Cartas seccionales argentinas cubren todo el territorio nacional. Nombres y zonas (verificar disponibilidad y edición vigente):

- «Buenos Aires» (cubre AMBA, gran parte de la pampa).
- «Bahía Blanca».
- «Mar del Plata».
- «Córdoba».
- «Mendoza».
- «Rosario».
- «Salta».
- «Posadas».
- «Comodoro Rivadavia».
- «Ushuaia».

Las seccionales se actualizan periódicamente. Verificar la fecha de emisión y los cambios publicados por ANAC/IGN.

15.2 WAC (World Aeronautical Chart) 1:1.000.000

Cobertura más amplia, menor detalle. Útiles para planeo general y para vuelos cross-country largos donde la seccional requiere unir varias hojas. Estándar OACI con simbología común internacional.

15.3 VAC (Visual Approach Chart)

Editadas por ANAC, una por cada aeródromo significativo. Detalle de:

- Pista(s), longitud, orientación, calidad de superficie.
- Frecuencias de torre, FIS, ATIS, unicom.
- Procedimientos visuales de salida y arribo (VFR), puntos de notificación visuales (VRP).
- Elevación, coordenadas exactas.
- Obstáculos cercanos a la pista, altitudes.
- Restricciones específicas, áreas a evitar, horarios.
- Patrón de tráfico, dirección y altitud.
- Procedimientos de entrada y salida típicos (carta VFR de salida/llegada en algunos aeropuertos grandes).

La VAC se consulta antes de cualquier vuelo a un aeródromo que no se conoce. Es de lectura obligatoria. Se descarga del AIP en <https://ais.anac.gob.ar/aip>

15.4 TAC (Terminal Area Chart)

Carta de área terminal, escala intermedia (típicamente 1:250.000 a 1:500.000). Cubre el espacio aéreo alrededor de un aeropuerto importante (SAEZ, SABE, SACO, SAAR, SAME) con detalle de la TMA, sus subdivisiones, VRP, y los aeródromos satélites. Esencial para operar VFR entrando o saliendo de estas áreas.

15.5 ENRC (Enroute Charts)

Cartas de ruta, principalmente para IFR pero útiles también para VFR para conocer aerovías, MEA, fixes, sectores. Argentina las publica como parte del AIP. Para PPA no son indispensables, pero leerlas amplía el conocimiento del sistema.

15.6 Cartas IAC (Instrument Approach Chart) y SID/STAR

Cartas de aproximación instrumental (ILS, VOR, RNAV, etc.) y de salida/llegada estándar. Son IFR. PPA sin habilitación instrumental no las usa operativamente, pero entender su existencia y estructura ayuda a navegar en aeropuertos con tráfico IFR.

Capítulo 16. Lectura operacional de la carta

16.1 Antes del vuelo

Tareas con la carta antes de salir:

16. Localizar origen y destino, identificar visualmente.
17. Trazar la ruta con lápiz blando (no permanente) o usar regla aeronáutica.
18. Medir TC de cada tramo respecto al meridiano del punto medio.
19. Medir distancia de cada tramo.
20. Identificar puntos visuales (VRP, ciudades, ríos, sierras) a lo largo de la ruta.
21. Marcar tiempos estimados al pasar cada punto basados en GS prevista.
22. Identificar espacios aéreos: ¿la ruta cruza alguna CTR, TMA, R, D? Plan para entrar o evitar.
23. Identificar alternativos cercanos a la ruta.
24. Identificar el relieve más alto en el corredor y verificar altitud de crucero.
25. Verificar variación magnética en distintos puntos de la ruta (puede cambiar).
26. Verificar frecuencias de FIS en los sectores que se van a sobrevolar.

16.2 En vuelo

En el aire, la carta sirve para:

- Comparar terreno visible con cartografía: ¿reconozco ese río? ¿esa ciudad? ¿esa sierra?
- Identificar el punto visual de notificación obligatoria al entrar en una TMA.
- Verificar la altitud mínima de seguridad en el tramo actual.
- Identificar la frecuencia siguiente a sintonizar al cambiar de FIR o entrar a una CTR.
- Localizar aeródromo alternativo si la situación se complica.

Recomendaciones operacionales:

- Orientar la carta en el sentido de marcha (track up): facilita la correspondencia visual.
- Sostener la carta con kneeboard o portamapas.
- Marcar con dedo o lápiz la posición estimada conforme avanza el vuelo.
- Si hay turbulencia, plegar la carta a la sección activa para que no flamee.
- Tener la próxima sección de la carta accesible (la siguiente seccional o la VAC del destino).
- En cabina pequeña, gestionar el espacio: no apilar cartas, POH, plan de navegación todos en el regazo. Una pinza o kneeboard ayuda.

16.3 Errores comunes en el uso de cartas

- Usar carta desactualizada: la variación magnética y los datos de aeródromo pueden haber cambiado.
- Medir TC respecto al meridiano del origen, no al meridiano medio: para distancias largas el error de rumbo puede ser de varios grados.
- No identificar correctamente la zona restringida: penetrar inadvertidamente en R activa.
- Confundir un VOR con un NDB por mirar el símbolo de prisa.
- Leer la elevación del aeródromo confundiendo unidades (pies vs metros) si se cambia de carta nacional a otra.
- Confundir norte de cuadrícula con norte verdadero (las cartas grandes no suelen mostrar cuadrícula, pero alguna de uso militar sí).
- Suponer que las distancias rectas en el mapa son distancias reales sin considerar la proyección. En Lambert para distancias < 200 NM el error es muy pequeño.

Capítulo 17. AIRAC y actualización de cartas

17.1 Ciclo AIRAC

AIRAC (Aeronautical Information Regulation And Control) es el sistema OACI por el cual los cambios significativos en publicaciones aeronáuticas se introducen en fechas fijas mundiales, cada 28 días. Esto permite a operadores y pilotos planificar la actualización.

Datos AIRAC:

- Ciclo de 28 días. Cada año hay 13 ciclos.
- Fechas de efectividad publicadas con anticipación.
- Cambios mayores (apertura/cierre de aeródromos, nueva radioayuda, nuevo procedimiento, modificación de espacio aéreo) se introducen en una fecha AIRAC.
- Cambios menores se publican como enmienda AIP o AIC.
- Cambios urgentes o temporales se publican como NOTAM hasta que pueden ser incorporados en una AIRAC.

17.2 NOTAM y suplementos

Como ya se vio en otros manuales:

- NOTAM: noticia temporal urgente. Pistas cerradas, radioayudas inoperativas, áreas restringidas activadas, eventos especiales.
- AIP SUP (Suplemento): información temporal de duración intermedia, publicada como un suplemento al AIP.
- AIC (Circular): información de interés general, no estrictamente regulatoria, frecuentemente explicativa.

El piloto PPA debe verificar NOTAM antes de cada vuelo. El sistema de NOTAM argentino es <https://ais.anac.gob.ar/aip>

17.3 Actualizar las cartas

Las cartas papel se actualizan con cada nueva edición. Las digitales se actualizan automáticamente si el servicio (ANAC, EANA, app comercial) tiene actualizaciones AIRAC.

- Un piloto serio mantiene la carta seccional vigente para el área donde vuela.
- Volar con cartas desactualizadas es una mala práctica que puede ser sancionada y, sobre todo, es peligroso.
- Si encuentra una carta vieja: revisar al menos NOTAM del día, AIRAC reciente, y verificar puntos clave (frecuencias de torre, variación magnética, elevación) contra fuente actual antes de usarla.

Capítulo 18. Cartas digitales y aplicaciones modernas

18.1 Visualización digital

Las cartas digitales (PDF, raster, o vectoriales) son hoy la norma operacional. Ventajas:

- Siempre actualizadas (si la app lo gestiona).
- Búsqueda rápida por nombre o coordenada.
- Zoom y desplazamiento.
- Superposición de capas (meteorología, NOTAM, tráfico, mapa móvil).
- Geolocalización: el avión aparece sobre la carta gracias al GPS.
- Cálculo automático de distancias, rumbos, ETE.

18.2 Aplicaciones populares

- ForeFlight (EE.UU., disponible para Sudamérica con suscripción): aplicación profesional, cartas IFR/VFR, planificación, briefing.
- Garmin Pilot: similar.
- AvPlan: alternativa, popular en Australia y disponible en otros países.
- Plan de Vuelo Argentina y similares apps nacionales: cartas argentinas, NOTAM, METAR/TAF en español.
- SkyDemon: muy popular en Europa, soporte para Sudamérica creciente.

Para PPA en Argentina, una app de pago o gratuita con cartas argentinas vigentes es una inversión muy razonable. Combinada con un iPad o tableta y montaje en cabina, es enormemente útil.

18.3 Limitaciones y riesgos

ADVERTENCIA: Las cartas digitales son cómodas pero introducen un punto de falla: el dispositivo. Pantalla rota, batería agotada, software bloqueado, sobrecalentamiento en cabina al sol. El piloto PPA debe llevar SIEMPRE:

- Carta papel de respaldo de la ruta.
- Plan de navegación calculado a mano.
- Batería externa para el dispositivo (USB power bank).
- Cable de carga (varios tipos según dispositivo).
- Conocimiento de cómo navegar si el dispositivo falla.

La tendencia operacional sana es: planificar con app (rápido), pero verificar con carta papel y plan manual. En vuelo, usar app como herramienta principal pero saber operar sin ella.

18.4 EFB (Electronic Flight Bag)

EFB es el término OACI para el conjunto de aplicaciones electrónicas que reemplazan los manuales y cartas papel del piloto. En aviación comercial está reglamentado. En aviación general PPA argentino, el uso es libre pero recomendado responsablemente.

- Asegurar el dispositivo: pinza, ventosa, sujeción en panel.
- Verificar que el dispositivo no obstruya instrumentos ni visión.
- Modo avión + GPS habilitado: ahorra batería y evita interferencias.
- Tener procedimientos por si falla: plan B con papel.

Capítulo 19. Capítulo integrador. Planificación completa de una travesía

Para cerrar la asignatura, este capítulo aplica todo el contenido a un caso concreto. El alumno PPA debe ser capaz de ejecutar este ejercicio antes del examen práctico.

19.1 Escenario

Vuelo VFR diurno: SAAR (Rosario, elevación 87 ft) → SACO (Córdoba, elevación 1.624 ft). Avión Cessna 172N. Piloto + 1 pasajero + 25 kg equipaje + 35 USG combustible. Carta seccional «Rosario» y «Córdoba». Variación magnética local promedio 9° W.

19.2 Paso 1 — Trazado en carta y mediciones

Sobre la carta seccional se traza la línea SAAR-SACO. Para evitar zonas restringidas y aprovechar puntos visuales:

- Tramo 1: SAAR → Cañada de Gómez (sobre RN 9 y FFCC Mitre).
- Tramo 2: Cañada de Gómez → Marcos Juárez.
- Tramo 3: Marcos Juárez → Bell Ville.
- Tramo 4: Bell Ville → Río Tercero (sobre RN 9).
- Tramo 5: Río Tercero → entrada TMA Córdoba (VRP Río Segundo).
- Tramo 6: VRP Río Segundo → SACO.

Distancia total medida: ~200 NM. TC promedio: 305° verdadero (rumbo NW).

19.3 Paso 2 — Rumbo magnético base

- TC promedio: 305°.
- VAR local: 9° W.
- MC base: $TC + VarW = 305^\circ + 9^\circ = 314^\circ$.

19.4 Paso 3 — Cálculo de TAS y combustible

- Altitud crucero elegida: 6.500 ft (rumbo 305° → impares + 500 → 5.500 / 7.500; pero rumbo magnético 314° entra en rango 180–359 → pares + 500 → 4.500 / 6.500 / 8.500. Elegir 6.500 ft).
- OAT estimada a 6.500 ft: ISA = 15 – 13 = +2 °C; agregar desvío ISA +5 → OAT +7 °C.
- DA a 6.500 ft con OAT +7 °C: $\approx 6.500 + 120 \times 5 = 7.100$ ft.
- CAS de crucero a 75 % de potencia: ~108 KIAS según POH C172N.
- TAS aproximada: $108 + 2 \% \times 7,1 \approx 108 \times 1,14 \approx 123$ KTAS. (Verificación más exacta con E6B; valor real podría ser 118–120).

19.5 Paso 4 — Viento, WCA, GS, tiempo, combustible

Pronóstico viento a 6.500 ft: 270°/25 kt.

- Ángulo viento-curso: $270 - 305 = -35^\circ \rightarrow 35^\circ$ por la izquierda del avión.
- Componente longitudinal: $25 \times \cos(35^\circ) \approx 25 \times 0,82 \approx 20,5$ kt EN CARA.
- Componente cruzada: $25 \times \sin(35^\circ) \approx 25 \times 0,57 \approx 14,3$ kt por la izquierda.
- WCA: $14,3 / 120 \times 60 \approx 7^\circ$ a la DERECHA.
- MH = MC + WCA = $314^\circ + 7^\circ = 321^\circ$.
- GS: $120 - 20,5 \approx 100$ kt.
- ETE = $200 / 100 \times 60 = 120$ min = 2 horas.
- Consumo crucero 75 % potencia C172N: 9 USG/h.
- Combustible crucero: $2 \times 9 = 18$ USG.

19.6 Paso 5 — Combustible total

- Taxi + arranque: 0,5 USG.
- Ascenso a 6.500 ft (~8 min a 14 USG/h): 1,9 USG.
- Crucero (≈ 1 h 50 min ajustado): 16,5 USG.
- Descenso (~12 min a 8 USG/h): 1,6 USG.
- Aproximación y aterrizaje SACO: 1 USG.
- Reserva legal 45 min $\times 9$ USG/h: 6,8 USG.
- TOTAL: $\approx 28,3$ USG.
- Capacidad útil del C172N: 40 USG. Cargar 35 USG es suficiente, con margen para alternativo o demora.

19.7 Paso 6 — Plan de Vuelo OACI

- 7: LVABC.
- 8: VG.
- 9: 1 C172/L.

- 10: SDG/C (VHF, DME, GNSS / transponder Modo C).
- 13: SAAR1300 (despegue 13:00 UTC = 10:00 local).
- 15: N0120 A065 DCT SACO.
- 16: SACO0200 SAOC (alternativo Río Cuarto).
- 18: DOF/AAMMDD.
- 19: E/0400 P/2 R/V A/BLANCO C/[piloto].

19.8 Paso 7 — Procedimientos ATS y comunicaciones

- ATIS SAAR antes del vuelo.
- Rodaje y despegue con Rosario Torre.
- Transferencia a Centro Córdoba en frecuencia regional.
- Cruce por puntos visuales con reportes a FIS.
- A 30 NM de SACO, contactar TMA Córdoba (APP).
- Notificación VRP Río Segundo, ingreso a CTR.
- Transferencia a Córdoba Torre para aterrizaje.
- Cierre del plan tras aterrizar.

19.9 Paso 8 — Reevaluación en vuelo

En vuelo, el piloto compara:

- ¿Llegó a Cañada de Gómez en el tiempo esperado? Si no, ajustar.
- ¿La GS real coincide con la planeada? Verificar con GPS o cronometrando entre puntos visuales.
- ¿El viento es como pronosticado? Aproximadamente. Si difiere mucho, recalcular ETE y combustible.
- ¿La meteorología en destino se mantiene? Pedir METAR actualizado al cruzar el centro de la ruta.
- ¿Hay desviación lateral perceptible? Corregir aplicando regla del 1 en 60 si es necesario.

19.10 Conclusión del ejercicio

Un vuelo bien planificado es un vuelo aburrido en el aire: las cuentas estaban hechas, el viento se ajustó, el destino apareció a la hora prevista. Cuando algo difiere del plan, el piloto tiene los recursos (cartas, computadora, GPS, radioayudas, ATC) para entender, corregir y continuar o divergir según el caso. La asignatura termina con esta competencia: planificar, ejecutar, ajustar.

Bibliografía y fuentes consultadas

Este manual integra información de las siguientes fuentes, vigentes y aplicables a la formación PPA en Argentina. Se invita al alumno a consultarlas para profundizar puntos específicos.

Normativa argentina

- ANAC — Reglamentos Argentinos de Aviación Civil (RAAC). Parte 61 (Licencias), Parte 91 (Reglas generales de operación), Parte 71 (Espacios aéreos). Edición vigente en <https://www.argentina.gob.ar/anac>.
- Ley Nº 17.285 — Código Aeronáutico Argentino.
- Resoluciones y disposiciones complementarias de ANAC.

Publicaciones aeronáuticas argentinas

- ANAC — AIP Argentina. Edición vigente en <https://ais.anac.gob.ar/aip>. Secciones GEN, ENR (rutas, espacios), AD (aeródromos).
- ANAC — AIP SUP y AIC vigentes.
- ANAC — NOTAM (consulta diaria obligatoria).
- ANAC — Cartas oficiales: VAC, ENRC, TAC, IAC, SID/STAR.
- IGN — Instituto Geográfico Nacional: cartas seccionales 1:500.000, WAC 1:1.000.000, cartas topográficas.
- SMN — Servicio Meteorológico Nacional. <https://www.smn.gob.ar>

Normativa internacional

- OACI — Anexo 1 al Convenio de Chicago: Licencias al personal.
- OACI — Anexo 4: Cartas aeronáuticas.
- OACI — Anexo 5: Unidades de medida.
- OACI — Anexo 11: Servicios de tránsito aéreo.
- OACI — Anexo 15: Servicios de información aeronáutica.
- OACI Doc. 4444 — Procedimientos para los Servicios de Navegación Aérea.
- OACI Doc. 8168 — PANS-OPS, Procedimientos para Operaciones.
- OACI Doc. 8697 — Manual sobre Cartas Aeronáuticas.
- OACI Doc. 7383 — Aeronautical Information Services Provided by States.
- Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Chicago 1944) y enmiendas.

Textos clásicos en navegación aérea

- FAA — Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge (FAA-H-8083-25C). Capítulo de navegación VFR.
- FAA — Aeronautical Information Manual (AIM).
- Underdown, R. B.; Palmer, T. — Navigation. Pooley's, Air Pilot's Manual Volume 3. Texto británico clásico.
- Kershner, William K. — The Student Pilot's Flight Manual y The Advanced Pilot's Flight Manual. Iowa State University Press.
- Machado, Rod — Private Pilot Handbook. Aviation Speakers Bureau.
- Wolper, James S. — Understanding Mathematics for Aircraft Navigation. McGraw-Hill.
- Williamson, T. — Air Navigation. Pitman.
- Bowditch, N. — The American Practical Navigator. NIMA Pub. 9. Referencia clásica para navegación (origen marítimo, conceptos aplicables).

Cartografía y proyecciones

- Snyder, J. P. — Map Projections: A Working Manual. USGS Professional Paper 1395. Referencia técnica detallada.
- Robinson, A. H. et al. — Elements of Cartography. Wiley.

Radioayudas y GNSS

- FAA — Instrument Flying Handbook (FAA-H-8083-15B). Capítulos sobre VOR, NDB, GPS aplicado a IFR (también útiles para PPA con habilitación posterior).
- Kayton, M.; Fried, W. R. — Avionics Navigation Systems. Wiley. Texto técnico detallado.
- Misra, P.; Enge, P. — Global Positioning System: Signals, Measurements and Performance. Ganga-Jamuna Press.
- RTCA DO-208/DO-229 — Minimum Operational Performance Standards for GPS y WAAS. Documentos técnicos de referencia.

Publicaciones argentinas regionales y de aeroclubes

- Manuales de cátedra de Escuelas de Aviación Civil (CIAC) habilitadas por ANAC.
- Cuadernillos de instrucción del Aeroclub Argentino y aeroclubes locales (San Justo, Morón, Don Torcuato, San Fernando, etc.).
- Apuntes de cátedra de Escuelas Universitarias de Aviación (UM, UNLP, UNT).
- Publicaciones de la Asociación Argentina de Aviación Sport.

Recursos didácticos y digitales

- AOPA Air Safety Institute — Cursos de navegación, GPS, planificación VFR.
<https://www.aopa.org/training-and-safety/air-safety-institute>
- Skybrary — <https://www.skybrary.aero>. Artículos sobre navegación, fixes, espacios aéreos.
- FAA — Pilot's Guide to the Practical Test Standards. Útil para entender qué espera el examinador.
- FAA Advisory Circulars: AC 90-100 (GPS Navigation), AC 90-94 (Approved Departure Pattern), AC 91-92 (Pilot's Guide to a Preflight Briefing).
- Apps de planificación: ForeFlight, Garmin Pilot, AvPlan, SkyDemon, Plan de Vuelo Argentina.
- Sitios de referencia argentinos: <https://www.gob.ar/anac>, <https://ais.anac.gob.ar>, <https://www.smn.gob.ar>, <https://www.argentina.gob.ar/jst>, <https://www.ign.gob.ar>

Recursos digitales esenciales argentinos

- ANAC: <https://www.argentina.gob.ar/anac>
- EANA: <https://eana.com.ar>
- SMN: <https://www.smn.gob.ar>
- JST: <https://www.argentina.gob.ar/jst>
- IGN: <https://www.ign.gob.ar> (cartas seccionales y geográficas)

Esta bibliografía es indicativa y no exhaustiva. La navegación aérea evoluciona con tecnologías nuevas (GNSS multifrecuencia, aumentaciones SBAS regionales, EFB integrado, ADS-B); pero los principios básicos —forma de la Tierra, rumbos, viento, cartas— son estables y se aplican igual. El alumno PPA argentino debe revisar la edición vigente del AIP Argentina, los NOTAM diarios y las cartas oficiales de ANAC antes de cada vuelo. Las cifras numéricas, rutas y aeródromos mencionados en este manual son representativos y pedagógicos; el dato operacional definitivo para cada vuelo es la carta, el AIP y el POH vigentes, complementados con el criterio del piloto al mando.