Por qué así

LO MÁS REPETIDO EN LOS EXÁMENES

Introducción a la Astronomía

Qué cae y cómo, a partir de los exámenes de 2014 a 2026

Juan Carlos del Río
Asignatura de 4.º del Grado en Matemáticas (UNED)
porqueasi.com · noviembre de 2026

Material de estudio elaborado de forma independiente a partir del temario. No es material oficial de la universidad ni está avalado por ella. Elaborado por el autor con ayuda de herramientas de inteligencia artificial; si encuentras un error, escribe a hola@porqueasi.com.

Esquemas de examen: Introducción a la Astronomía

23 de septiembre de 2026

1. Culminación, circumpolaridad y visibilidad

Qué se pregunta

Altura de un astro en su paso por el meridiano, si es circumpolar, si llega a verse, si culmina al norte o al sur del cenit. Aparece en casi todas las convocatorias (2014 a 2026), a menudo como primer apartado de un problema más largo.

Culminaciones

$$h_{\text{sup}} = 90^\circ - |\varphi - \delta|$$
$$h_{\text{inf}} = |\varphi + \delta| - 90^\circ$$

- φ: latitud (negativa al Sur); δ: declinación.
- Hemisferio N: si $\delta < \varphi$ culmina al **sur** del cenit; si $\delta > \varphi$, al norte.
- Si $\delta = \varphi$ pasa por el cenit.

Circumpolaridad

$$|\delta| \geq 90^\circ - |\varphi|$$

- Mismo signo que φ: **circumpolar** (nunca se pone).
- Signo contrario: **nunca sale**.
- En el ecuador ($\varphi = 0$): ninguna circumpolar, todas 12^h sobre el horizonte.

Trucos

- Dibuja siempre el plano meridiano: horizonte, cenit, polo elevado a altura $|\varphi|$ y ecuador a $90^\circ - |\varphi|$ del cenit. La respuesta se lee en el dibujo.
- La visibilidad se decide sin calcular: basta comparar $|\delta|$ con $90^\circ - |\varphi|$.
- Trópico de Cáncer: $\varphi = \epsilon$; estrella con $\delta = \epsilon$ culmina en el cenit.

Ejemplo

$\delta = 49^\circ\,54'$, $\varphi = 80^\circ$ S: $49.9^\circ > 10^\circ$ y signos opuestos, luego nunca sale; en su culminación superior estaría a -39.9°.

Errores comunes

- Tomar la latitud Sur con signo positivo.
- Confundir culminación superior e inferior.
- Olvidar el valor absoluto en $|\varphi - \delta|$.

Esquema

- $h_{\text{sup}} = 90^\circ - |\varphi - \delta|$.
- Circumpolar si $|\delta| \geq 90^\circ - |\varphi|$ con el signo de φ.
- Dibujar el meridiano antes de operar.

2. Orto, ocaso y estrella cenital

Qué se pregunta

Ángulo horario y acimut de salida o puesta; duración del día; el caso típico de la estrella que culmina en el cenit ($\delta = \varphi$). Convocatorias: 2014, 2015, 2017, 2018, 2020, 2024, 2025.

Orto y ocaso ($h = 0$)

$$\cos H_0 = -\tan\varphi \tan\delta$$
$$\cos A_N = \frac{\sin\delta}{\cos\varphi}$$

- H_0: ángulo horario del ocaso ($-H_0$ en el orto).
- A_N: acimut del orto contado desde el Norte hacia el Este; el ocaso es $360^\circ - A_N$.
- Desde el Sur hacia el Oeste: $\cos A = -\sin\delta/\cos\varphi$.
- Arco diurno: $2H_0$.

Estrella cenital ($\delta = \varphi$)

$$\cos H_0 = -\tan^2\delta, \qquad \cos A_N = \tan\delta$$

- Solo hay orto y ocaso si $|\delta| < 45^\circ$.
- Hora sidérea del ocaso: $\theta = H_0 + \alpha$.

Trucos

- Equinoccio ($\delta_\odot = 0$): $H_0 = 6^h$ y salida por el Este exacto en cualquier latitud. Los datos de φ y ϵ son de adorno.
- Solsticio de verano: $\delta_\odot = +\epsilon$; de invierno: $-\epsilon$.
- Con $\delta > 0$ (hemisferio N) el astro sale al norte del Este y el día dura más de 12^h.

Ejemplo

$\alpha = 5^h 30^m$, $\delta = \varphi = 40^\circ$: $A_N = 32^\circ\,57'$, $H_0 = 8^h\,59^m$, $\theta = 14^h\,29^m$.

Errores comunes

- Mezclar convenios de acimut sin declararlo.
- Dar el acimut del ocaso cuando se pide el del orto.
- Usar $\delta = \epsilon$ en un equinoccio.

Esquema

- $\cos H_0 = -\tan\varphi\tan\delta$; $\cos A_N = \sin\delta/\cos\varphi$.
- Cenital: $\cos H_0 = -\tan^2\delta$, $\cos A_N = \tan\delta$.
- Declarar siempre el convenio del acimut.

3. Primer vertical

Qué se pregunta

Latitud, declinación o ángulo horario de un astro que cruza el primer vertical (acimut 90°, pasa por el Este o el Oeste); a veces combinado con el ocaso o con la refracción. Convocatorias: 2014, 2015, 2016, 2024, 2025, 2026.

Triángulo rectángulo en el cenit

$$\sin\delta = \sin\varphi\,\sin h$$
$$\cos H = \tan\delta\,\cot\varphi$$
$$\cos h = \cos\delta\,\sin H$$

- Cada relación omite uno de los datos: la primera no usa H, la segunda no usa h, la tercera no usa φ.
- Existe cruce si $0 < \delta < \varphi$.
- Primer vertical Este: $H < 0$; Oeste: $H > 0$.

Primer vertical y ocaso

$$\tan\varphi = -\frac{\cos A_0}{\sin h_W}$$

- A_0: acimut del ocaso desde el Sur; h_W: altura en el primer vertical Oeste.

Trucos

- Elige la regla de Neper que contiene exactamente los dos datos y la incógnita; así se evitan redondeos encadenados.
- Con refracción, corrige antes: $h = h_{obs} - k\tan z$.

Ejemplo

$\delta = 60°$, $h = 73°\,22'\,20''$ al Este: $\sin H = \cos h/\cos\delta$ da $H = -2^h\,19^m\,39^s$ y $\sin\varphi = \sin\delta/\sin h$ da $\varphi = 64°\,40'$.

Errores comunes

- Confundir el primer vertical con el meridiano.
- Dar H positivo en el cruce por el Este.

Esquema

- $\sin\delta = \sin\varphi\sin h$.
- $\cos H = \tan\delta\cot\varphi$; $\cos h = \cos\delta\sin H$.
- Solo hay cruce si $0 < \delta < \varphi$.

4. Triángulo de posición y cambios de coordenadas

Qué se pregunta

Pasar de horarias (H,δ) a horizontales (h,A) o al revés; de eclípticas a ecuatoriales; coordenadas del Sol o del polo de la eclíptica; demostraciones con estas fórmulas. Convocatorias: 2014, 2018, 2022, 2023, 2025, 2026.

Horarias a horizontales (A desde el Sur)

$$\sin h = \sin\varphi\sin\delta + \cos\varphi\cos\delta\cos H$$
$$\cos h\sin A = \cos\delta\sin H$$
$$\cos h\cos A = -\cos\varphi\sin\delta + \sin\varphi\cos\delta\cos H$$

Horizontales a horarias

$$\sin\delta = \sin\varphi\sin h - \cos\varphi\cos h\cos A$$
$$\cos\delta\sin H = \cos h\sin A$$
$$\cos\delta\cos H = \sin h\cos\varphi + \cos h\sin\varphi\cos A$$

Eclípticas y ecuatoriales

$$\sin\delta = \sin\beta\cos\epsilon + \cos\beta\sin\epsilon\sin\lambda$$
$$\sin\beta = \sin\delta\cos\epsilon - \cos\delta\sin\epsilon\sin\alpha$$

- Sol ($\beta = 0$): $\sin\delta = \sin\lambda\sin\epsilon$, $\tan\alpha = \tan\lambda\cos\epsilon$, $\sin\alpha = \tan\delta\cot\epsilon$.
- Polo N de la eclíptica: $\alpha = 18^h$, $\delta = 90° - \epsilon$.
- Puntos $\lambda = 0, 90, 180, 270°$: $\alpha = 0, 6, 12, 18^h$ y $\delta = 0, \epsilon, 0, -\epsilon$.

Trucos

- Calcula siempre el seno y el coseno del ángulo buscado y usa el arco tangente de dos argumentos: el cuadrante sale solo.
- Si el dato es la altura, $\cos H$ da *dos* soluciones $\pm H$: antes y después de culminar.
- Distancia cenital del polo de la eclíptica: $\cos z = \cos\epsilon\sin\varphi - \sin\epsilon\cos\varphi\sin T$.

Ejemplo

$h = 10°$, $A = 200°\,10'$ (desde el Sur), $\varphi = 35.6°$: $\delta = 58°\,30'$ y $H = -9^h\,17^m\,48^s$.

Errores comunes

- Sacar H solo del seno (hay dos ángulos con el mismo seno).
- Olvidar que con acimut desde el Norte cambia el signo del término en $\cos A$.

Esquema

- Teorema del coseno en el triángulo PZX.
- Seno y coseno para fijar el cuadrante.
- Polo de la eclíptica: $(18^h,\ 90^\circ - \epsilon)$.

5. Tiempo sidéreo y longitud

Qué se pregunta

Hora sidérea local a una hora TU dada a partir del tiempo sidéreo de Greenwich de otro día; ángulo horario de una estrella; longitud de un lugar donde una estrella pasa por el cenit; diferencias de longitud entre dos lugares. Convocatorias: 2014, 2015, 2018, 2024, 2026.

Relaciones básicas

$$\theta = H + \alpha$$
$$\theta_L = \theta_G + \lambda \quad (\lambda_E > 0)$$
$$\Delta\theta = 1.0027379\,\Delta t_{TU}$$

- A la misma hora TU, θ_G adelanta $3^m\,56.555^s$ por día.
- Por hora solar, 9.8565^s de adelanto.
- $H_2 - H_1 = \lambda_2 - \lambda_1$ para el mismo astro y el mismo instante.

Método en tres saltos

- Días enteros: $+N \times 3^m\,56.555^s$.
- Horas del día: $\times 1.0027379$.
- Longitud: $\pm\lambda/15$ (Este suma, Oeste resta). Si pasa de 24^h, restar.

Ejemplo

$\theta_G = 6^h41^m33^s$ el 1 ene a 0^h; el 17 ene a 4^h30^m TU en $\lambda = +30^\circ$: $\theta_L = 14^h\,15^m\,22^s$.

Errores comunes

- Contar mal los días (del 1 al 17 hay 16).
- Sumar la hora TU sin pasarla a tiempo sidéreo.
- Signo de la longitud Oeste.

Esquema

- $\theta = H + \alpha$; $\theta_L = \theta_G + \lambda$.
- $3^m56.555^s$ por día; $\times 1.0027379$.
- Estrella en el cenit: $\delta = \varphi$ y $\theta = \alpha$.

6. Geometría de la elipse y ápsides

Qué se pregunta

Excentricidad, semiejes, semilatus rectum a partir de ápsides o de un punto y un ápside; puntos notables de la órbita; excentricidad mínima compatible con un dato. Es el bloque que más se repite (casi todas las convocatorias).

Ápsides y semiejes

$$q = a(1-e), \qquad Q = a(1+e)$$
$$e = \frac{Q-q}{Q+q}, \qquad b = \sqrt{qQ}$$
$$p = a(1-e^2) = \frac{b^2}{a}$$
$$r = \frac{p}{1 + e\cos f}$$

- q, Q: perihelio y afelio; f: anomalía verdadera (en el foco).
- Distancia centro-foco: $c = ae = \sqrt{a^2 - b^2}$.

Un punto y un ápside

$$e = \frac{r_1 - q}{q - r_1\cos f_1}$$
$$e = \frac{Q - r_1}{Q + r_1\cos f_1}$$

- Se obtienen igualando p en los dos puntos.

Puntos notables

- $r = a \Leftrightarrow E = 90^\circ \Leftrightarrow \cos f = -e$.
- $r = p \Leftrightarrow f = 90^\circ \Leftrightarrow \cos E = e$.
- $r = b \Leftrightarrow f = 180^\circ - E$, con $\cos E = (1 - \sqrt{1-e^2})/e$.
- Centro en el origen y perihelio en $(a, 0)$: el punto con $f = 90^\circ$ es $(ae, \pm p)$.
- Si un punto dista kr del Sol: $e_{\min}$ sale de $a(1+e) \geq r$.

Ejemplo

Haumea, $q = 34.624$, $Q = 51.538$ UA: $e = 0.1963$, $b = 42.243$ UA, $P = 282.8$ años.

Errores comunes

- Confundir b con p.
- Medir f desde el centro (se mide desde el foco).
- Olvidar la segunda solución simétrica de f.

Esquema

- $b = \sqrt{qQ}$, $p = b^2/a$.
- Igualar p en dos puntos da e.
- $r = a$, $r = p$, $r = b$: tres puntos notables.

7. Ecuación de Kepler, anomalías y tiempos

Qué se pregunta

Tiempo entre dos puntos de la órbita; anomalías de un punto; a y e a partir de dos distancias dadas con anomalías distintas; extremos de $\dot{E}$; órbitas hiperbólicas. Convocatorias: 2014, 2015, 2019, 2022, 2024, 2025, 2026.

Elipse

$$M = E - e\sin E \quad \text{(radianes)}$$
$$M = n(t-\tau), \qquad n = \frac{2\pi}{P}$$
$$r = a(1 - e\cos E)$$
$$\cos f = \frac{\cos E - e}{1 - e\cos E}$$
$$\tan\frac{f}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}\,\tan\frac{E}{2}$$

- M: anomalía media, proporcional al tiempo desde el perihelio.
- En el afelio $E = M = \pi$.

Dos distancias con anomalías distintas

$$r_1 = a(1 - e\cos E_1), \quad r_2 = \frac{a(1-e^2)}{1 + e\cos f_2}$$

- Dividir elimina a y deja $Ae^2 + Be + C = 0$.
- Con $c_1 = \cos f_2$, $c_2 = \cos E_1$: $A = r_1 - r_2 c_1 c_2$, $B = r_2(c_1 - c_2)$, $C = r_2 - r_1$.
- Pueden salir dos raíces válidas: hay que discutirlas.

Ritmo de las anomalías

$$\dot{E} = \frac{n}{1 - e\cos E} = \frac{na}{r}$$

- Máximo en el perihelio, $n/(1-e)$; mínimo en el afelio, $n/(1+e)$.

Hipérbola

$$r = a(e\cosh F - 1), \qquad M = e\sinh F - F$$
$$\cosh F = \frac{e + \cos f}{1 + e\cos f}$$

- $q = a(e-1)$, $p = a(e^2-1)$, $n = \sqrt{\mu/a^3}$.
- $\dot{F} = na/r$: máximo en el periastro, sin mínimo.
- En $f = 90°$: $\cosh F = e$.

Trucos

- Trabaja en años y UA: $n = 2\pi/a^{3/2}$ rad/año.
- Control: el tramo que contiene el afelio dura más que la fracción geométrica correspondiente.
- f va por delante de E del perihelio al afelio.

Ejemplo

Hipérbola con $q = 3$, $p = 9$ UA: $e = 2$, $a = 3$, $F = \operatorname{arccosh} 2$, $M = 2\sqrt{3} - 1.317 = 2.147$; de un extremo del latus rectum al otro, $2M/n = 3.551$ años.

Errores comunes

- Usar grados en la ecuación de Kepler.
- Contar el tiempo desde el perihelio cuando se pide desde el afelio.
- Descartar una raíz sin justificarlo.

Esquema

- $M = E - e\sin E$ en radianes; $\Delta t = \Delta M/n$.
- $r = a(1-e\cos E)$ con la excéntrica; $r = p/(1+e\cos f)$ con la verdadera.
- $\dot{E} = na/r$.

8. Velocidades, energía y tercera ley

Qué se pregunta

Velocidades en el perigeo y apogeo de satélites; componentes radial y transversal; masa de un planeta a partir de un satélite; periodos; excentricidad a partir de un cociente de velocidades. Convocatorias: 2014, 2015, 2016, 2019, 2020, 2023, 2025, 2026.

Energía y momento angular

$$v^2 = \mu\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)$$
$$\frac{v_P}{v_A} = \frac{1+e}{1-e} \;\Rightarrow\; e = \frac{k-1}{k+1}$$
$$v_P = \sqrt{\frac{\mu}{a}\,\frac{1+e}{1-e}}$$

- $\mu = \mathcal{G}(M+m) \simeq \mathcal{G}M$; $k = v_P/v_A$.
- En los ápsides $r_P v_P = r_A v_A$.

Componentes de la velocidad

$$v_r = \sqrt{\mu/p}\; e\sin f$$
$$v_t = \sqrt{\mu/p}\;(1 + e\cos f)$$

- En $f = 90°$: $v_t = \sqrt{\mu/p}$ y $v_r = e\,v_t$.
- Sin μ: $\sqrt{\mu/p} = 2\pi a/(T\sqrt{1-e^2})$.

Tercera ley de Kepler

$$P^2 = \frac{4\pi^2 a^3}{\mathcal{G}(M+m)}$$
$$M = \frac{4\pi^2 a^3}{\mathcal{G}P^2}$$

- Sistema Solar: P [años] $= a^{3/2}$ [UA].
- $\mu_\odot = 4\pi^2$ UA^3/año^2.

Trucos

- Agrupa $4\pi^2/\mathcal{G}$ y a^3/P^2 por separado para no perderte en potencias de diez.
- Compara con un satélite conocido: $P \propto a^{3/2}$ (geoestacionario: 42 164 km, 23.934 h).
- Control de v_t: en órbitas casi circulares, $v \simeq 2\pi a/P$.

Ejemplo

Satélite con $e = 0.76$, $a = 27\,170$ km: $r_P = 6520.8$ km, $v_P = 10.372$ km/s, $v_A = 1.414$ km/s, $P = 12.38$ h (órbita tipo Molniya).

Errores comunes

- Dejar P en días o a en km al usar el SI.
- Sumar el radio terrestre a $a(1 \mp e)$, que ya son distancias al centro.
- Usar a en lugar de p en $\sqrt{\mu/p}$.

Esquema

- Vis-viva y $v_P/v_A = (1+e)/(1-e)$.
- $v_r = \sqrt{\mu/p}\, e \sin f$, $v_t = \sqrt{\mu/p}(1 + e\cos f)$.
- $M = 4\pi^2 a^3/(\mathcal{G}P^2)$ en el SI.

9. Configuraciones planetarias

Qué se pregunta

Elongación máxima; distancia entre planetas dada la elongación o el ángulo de fase; fase; periodo sinódico entre oposiciones; puntos estacionarios (directo e inverso). Aparece en casi todas las convocatorias, con órbitas circulares y coplanarias.

Elongación y distancia

$$\sin E_{\max} = \frac{a_{int}}{a_{ext}}$$

$$\Delta = \cos E \pm \sqrt{a^2 - \sin^2 E}$$

- Ángulo recto en el planeta **interior**.
- a: radio del planeta visto desde la Tierra ($a_T = 1$).
- Interior ($a < 1$): dos raíces si $\sin E < a$. Exterior: solo la $+$; su elongación llega a 180°.

Fase

$$k = \frac{1+\cos i}{2}$$

$$\Delta = a\cos i \pm \sqrt{1 - a^2 \sin^2 i}$$

- i: ángulo en el planeta **observado** (Sol-planeta-Tierra).
- Exterior: $\sin i \le 1/a$; máximo en la cuadratura.
- Con dos ángulos: $r = \sin E/\sin i$ (teorema de los senos).

Sinódico y estacionarios

$$\frac{1}{S} = \left|\frac{1}{P_1} - \frac{1}{P_2}\right|$$

$$\cos\theta = \frac{a+\sqrt{a}}{1+a\sqrt{a}}$$

$$\cos^2 E = \frac{1-a^2}{1-a^3}$$

$$a = \frac{(1-k)+\sqrt{(1-k)(1+3k)}}{2k}$$

- θ: ángulo en el Sol; E: elongación estacionaria; $k = \cos^2 E$.
- Exterior: E obtusa (si dan un ángulo agudo, es su suplemento).

Trucos

- Compara $\sin E$ con a (o $a\sin i$ con 1) antes de resolver: detecta las configuraciones imposibles.
- Dualidad: la fase máxima del exterior visto desde el interior es la elongación máxima del interior visto desde el exterior.
- $S = P_1P_2/|P_2 - P_1|$ se calcula más rápido.

Ejemplos

Júpiter desde Saturno: $E_{\max} = 33°\,04'$, $d = 7.993$ UA, $S = 19.88$ años. Venus a 60° del Sol: imposible ($E_{\max} = 46°\,18'$).

Errores comunes

- Poner el ángulo recto en el observador.
- Confundir elongación (en la Tierra) y ángulo de fase (en el planeta).
- Restar periodos en vez de sus inversos.

Esquema

- $\sin E_{\max} = a_i/a_e$; teorema del coseno para Δ.
- $k = (1+\cos i)/2$; $\sin i_{\max} = 1/a$.
- Sinódico por inversos; estacionarios con $\sqrt{a}$.

10. Refracción, paralajes, aberración y movimiento propio

Qué se pregunta

Corrección por refracción; paralaje diurna con dos observadores en el mismo meridiano (Luna, asteroides, satélites de Saturno); elipses de aberración y de paralaje anual; movimiento propio; distancia a partir del semidiámetro. Convocatorias: 2016 a 2026.

Refracción

$$R = k\tan z_o, \qquad z = z_o + R$$

- La refracción eleva los astros: se resta a la altura, se suma a la distancia cenital.

Paralaje diurna

$$p = \frac{(z_1+z_2)-(\varphi_1-\varphi_2)}{\sin z_1 + \sin z_2}$$

$$d = \frac{\rho}{\sin p}$$

- Astro al sur del cenit de O_1 y al norte del de O_2.
- Si el exceso es de grados, usar $\sin(z - z') = \sin p \sin z$.
- $d\,[\mathrm{UA}] \simeq 8.794''/p''$ con el radio terrestre.

Aberración y paralaje anual

$$\Delta\lambda\cos\beta = -\kappa\cos(\lambda_\odot - \lambda)$$
$$\Delta\beta = -\kappa\sin\beta\sin(\lambda_\odot - \lambda)$$
$$x = \varpi\sin(\lambda_\odot - \lambda)$$
$$y = -\varpi\sin\beta\cos(\lambda_\odot - \lambda)$$

- Ambas elipses: semiejes proporcionales a 1 y $\sin\beta$; $e = |\cos\beta|$.
- Desfasadas 90° (posición frente a velocidad de la Tierra).
- $e(2\beta) = |2e^2 - 1|$; $e(\beta/2) = \sqrt{(1+e)/2}$.

Movimiento propio y semidiámetro

$$\mu = \sqrt{(\mu_\alpha\cos\delta)^2 + \mu_\delta^2}$$
$$r = \frac{R}{s}, \qquad e = \frac{s_M - s_m}{s_M + s_m}$$

- $\Delta\alpha$ en segundos de arco: dividir entre 15 para tiempo.
- El tiempo transcurrido sale de $\Delta\delta/\mu_\delta$.

Trucos

- Resta en sexagesimal: el exceso de la paralaje suele ser de pocos segundos.
- Comprueba que las dos declinaciones geocéntricas coinciden.
- Equinoccio de primavera: $\lambda_\odot = 0°$; solsticio de verano: 90°.

Ejemplo

$\varphi_1 = 60°$ N, $\varphi_2 = 15°$ S, exceso $5.2''$: $p = 4.379''$ y $d = 3.0 \times 10^8$ km.

Errores comunes

- Latitud Sur positiva en la paralaje.
- Olvidar $1/\cos\beta$ en $\Delta\lambda$.
- Sumar μ_α en segundos de arco a una ascensión recta en tiempo.

Esquema

- $R = k\tan z_o$.
- $p =$ exceso $/(\sin z_1 + \sin z_2)$; $d = \rho/\sin p$.
- Elipses: $e = |\cos\beta|$; aberración con coseno, paralaje con seno.

11. Estrategia de examen y erratas conocidas

Lo que más se repite

- Geometría de la elipse y anomalías: en casi todas las convocatorias.
- Configuraciones planetarias: elongación, fase, sinódico o estacionarios.
- Culminación, orto-ocaso o primer vertical.
- Una corrección (paralaje, aberración, refracción, movimiento propio) o el tiempo sidéreo.
- Muchos enunciados se repiten literalmente: 2017, 2018 y 2022 reproducen convocatorias anteriores; 2023 y 2025 recuperan problemas de 2014-2019.

Lista de control

- Convenio del acimut declarado (el curso usa el Sur, positivo al Oeste).
- Latitudes y declinaciones Sur con signo negativo.
- Radianes en la ecuación de Kepler.
- Factor 1.0027379 y $3^m\,56.555^s$ por día.
- Discutir las dos raíces de cada cuadrática.
- Unidades del SI en la tercera ley.

Erratas y trampas detectadas

- Sep. 2016 reserva, P4: $\sin\varphi > 1$; hay que señalarlo.
- Feb. 2017, Feb. 2020 y Feb. 2025: elongación estacionaria aguda; tomar el suplemento.
- Feb. 2024: Venus a 60° y Marte con fase de 45° o 60° son imposibles.
- Feb. 2024, 2.ª: $\rho = 6318.136$ km (errata de 6378.136).
- Sep. 2025, P2: «$e < 5$» debe leerse $e < 0.5$.
- Feb. 2026: elongación máxima de Marte = 180°; asteroide a 6 radios terrestres.

Esquema

- Dibujar primero; operar después.
- Comprobar cada resultado con una segunda fórmula.
- Una configuración imposible se contesta justificándola.