→ Ejercicio Satelites.

D.N.I: 09065485

• Apartado 1.

$a_2 = 1{,}34 a_1$

$a_2 = \frac{r_1 + h_{geo} + r_t}{2}$ | $r_t = 6378$ y $h_{geo} = 36000$.

$10.000 = 631{,}6 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{\frac{2}{r_1} - \frac{1}{a_1}}$

$2{,}5 \cdot 10^{-4} = \frac{2}{r_1} - \frac{1}{a_1} \rightarrow 2{,}5 \cdot 10^{-4} = \frac{2a_1 - r_1}{r_1 \cdot a_1} \rightarrow 2{,}5 \cdot 10^{-4} r_1 a_1 = 2a - r_1 \rightarrow$

$\rightarrow r_1 \cdot (2{,}5 \cdot 10^{-4} a_1 + 1) = 2a \rightarrow r_1 = \frac{2a_1}{2{,}5 \cdot 10^{-4} a_1 + 1}$

$2{,}68 a_1 = r_1 + 42378 \rightarrow 2{,}68 a_1 = \frac{2a_1}{2{,}5 \cdot 10^{-4} a_1 + 1} + 42378$.

$2{,}68 a_1 \cdot (2{,}5 \cdot 10^{-4} a_1 + 1) = 2a_1 + 42372 \cdot (2{,}5 \cdot 10^{-4} a_1 + 1)$

$6{,}7 \cdot 10^{-4} a_1^2 - 9{,}91 a_1 - 42372 = 0$

$\rightarrow a_1 = 18255$ km

$a_2 = 24462$ km

$r_1 = 6562{,}1$ km

$h_{ap} = r_1 - r_t = 6562{,}1 - 6378 = 184{,}1426$ km.

• Apartado 2.

$V_i = 10000$ m/s

$V_f = 631{,}6 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{1}{r_1}} = 7796{,}9$ m/s

inclinación $= 0{,}56$

$i = 0{,}56 \cdot 25 = 14$

$\Delta V = \sqrt{V_i^2 + V_f^2 - 2 V_i V_f \cos(i)} = 3079{,}9$ m/s.

• Apartado 3.

$$V_{geo} = 6311{,}6 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{1}{R_{geo}}} \Bigg|_{R_{geo} = 42378} = 3068{,}1 \text{ m/s}$$

$$V_f = 6311{,}6 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{2}{R_{geo}+1} + \frac{1}{R_{geo}+r_1}} = 5194 \text{ m/s}$$

$$\Delta V = V_f - V_{geo} = 2125{,}9.$$

• Apartado 4.

$$T = 9{,}948 \cdot 10^{-3} \sqrt{a^3}$$

→ Orbita circular baja.

$a = r_1$; $T = 5.288{,}2$ segundos

→ Orbita de transferencia 1

$a = a_1$; $T = 24.637$ segundos.

→ orbita de transferencia 2.

$a = a_2$; $t = 38.061$ segundos

→ Orbita geoestacionaria.

$a = R_{geo} = 42378$ km ; $T = 86.785$ segundos.

• Apartado 5.

→ Formulas usadas.

Velocidad lineal = Vangular · r(m).

Velocidad angular = $\frac{2\pi}{T}$

→ orbita circular baja

Van = $2{,}5607 \cdot 10^{-4}$ rad/s

Vlineal = Van · $r_1 \cdot 10^3$ = 7796,9 m/s.

→ orbita transferencia 1

Van = $1{,}6608 \cdot 10^{-4}$

Vlineal = Van · $a_1 \cdot 10^3$ = 4674,7 m/s

→ orbita transferencia 2

Van = $1{,}6508 \cdot 10^{-4}$; Vlineal = Van · $a_2 \cdot 10^3$ = 4038,3 m/s

→ orbita geoestacionaria

van = $7{,}2399 \cdot 10^{-5}$ rad/s ; Vlineal = Van · $R_{geo} \cdot 10^3$ = 3068,1 m/s.

• Apartado 6.

eorbbaja = 0 = eorbgeo → ya que son orbitas circulares.

rapogeo = r1 = 6662,1 km

rperigeo1 = 2a1 − rapogeo = 29949 km

rperigeo2 = 2a2 − rapogeo = 42362 km.

eorbtrans1 = (rperigeo1 − r1) / (rperigeo1 + r1) = 0,6406

eorbtrans2 = (rperigeo2 − r1) / (rperigeo2 + r1) = 0,7317

• Apartado 7.

• orbita circular baja

dmin = 184,1426 = dmax ya que es una orbita circular

→ orbita de transferencia 1.

dmin = 184,1426 km

dmax = a1 · (1 + eorbtrans1) = 29949 km

a1 = 18265 km

eorbtrans1 = 0,6406

→ orbita de transferencia 2

dmin = 184,1426 km

dmax = a2 · (1 + eorbtrans2) = 42362 km.

a2 = 24462 km

eorbtrans2 = 0,7317

→ orbita geoestacionaria.

dmim = dmax = Rgeo − Rt = 36000 km.

• Apartado 10.

Laestacionterrena = −46

Lasat = 0.

Lo estacionterrena = 28

Losat = −31

• cos(γ) = cos(Laet) · cos(~~Lasat~~ 1) · cos(Loet − Losat) + sin(Laet) · sin(~~Las~~ 0) = 0,3642

• gamma = acos(0,3642) = 68,64º

- $rs = \left(\left(\frac{Tgeo}{9{,}948 \cdot 10^{-3}} \right)^2 \right)^{1/3} = 42378$

- $d = rs \cdot \sqrt{\frac{1}{Rt+1} + \left(\frac{Rt}{Rgeo}\right)^2 - 2 \cdot \frac{Rt}{Reo} \cos(gamma)} \cdots 40493\ km$

- $\cos(El) = \frac{rs \cdot \sin(gamma)}{d} = 0{,}9747$

- $El = acos(0{,}9747) = 12{,}9223^{o}$

→ Calculo acimut.

$C = abs.(Losat - Loet) = 59.$

- Como la ET esta situada en el hemisferio sur usamos las formulas del hemisferio sur.

$$\tan\left[\frac{1}{2}(y-x)\right] = \frac{\cot\left(\frac{c}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{1}{2}(|Laet| - |Lasat|)\right)}{\cos\left(\frac{1}{2}(|Laet| + |Lasat|)\right)} = 0{,}7321$$

$$\tan\left[\frac{1}{2}(y+x)\right] = \frac{\cot\left(\frac{c}{2}\right) \cos\left(\frac{1}{2}(|Laet| - |Lasat|)\right)}{\sin\left(\frac{1}{2}(|Laet| + |Lasat|)\right)} = 4{,}2671$$

- $\frac{1}{2}(y-x) = atan(0{,}7321) = 36{,}2086^{o}$

- $\frac{1}{2}(y+x) = atan(4{,}2671) = 76{,}8107^{o}$

- $Y = \frac{1}{2}y - \frac{1}{2}x + \frac{1}{2}y + \frac{1}{2}x = 36{,}2086 + 76{,}8107 = 113{,}0193^{o}$

- Acimut $= 180 + Y = 293{,}0193^{o}$.

- Apartado 11

$d = rs \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{Rt}{Rgeo}\right)^2 - 2\frac{Rt}{Rgeo} \cos(gamma)} = 40493\ km.$

$Rgeo = 42378$

$Rt = 6378$

$gamma = 68{,}64^{o}$

$rs = 42378$

• Apartado 8.

Fecha de inicio: 10-julio-2003 10:00 h.

Como el satelite da 2 vueltas min en cada orbita la fecha de fin de orbita de transferencia 1 es: $T = 2 \cdot T_{ot1} = 49074$ segundos = 13 horas, 37 min y 54 seg

Fecha fin: 11-julio-2003 8:37:54.

• Fecha inicio 2ª orbita de trans: 11-julio-2003 8:37:54

• $T = 2{,}5 \cdot T_{ot2} = 95152$ segundos - 26 horas, 25 minutos y 52 seg

• Fecha fin 2ª orbita de trans: 12-julio-2003 11:03:46

Esta fecha corresponde con el instante de inyección en la orbita geo.

• Apartado 9.

El primer motor y el 2º motor se inyectan en $120°E - 31° =$
$= 149°$ Este.

• El tercer motor se inyecta en 31º oeste.

• Apartado 12

Calculo angulo central (gamma)

$\cos(\text{gamma}) = \cos(Laet) \cdot \cos(Loet - Losat) = 0{,}3642$

$Laet = -45$
$Losat = -31$
$Loet = 28$

$\text{gamma} = \operatorname{acos}(0{,}3642) = 68{,}64º$

• Apartado 13.

$El = 90º$

$\cos(El) = \dfrac{rs \cdot \sin(\text{gamma})}{d}$ → $\sin(\text{gamma}) = 0$.

$\cos(90º) = 0$

$\text{gamma} = \operatorname{asin}(0) = 0º$

$\cos(\gamma) = \cos(Laet) \cdot \cos(\cancel{Lasat})^{1} \cdot \cos(Loet - Losat) + \sin(Laet) \cdot \sin(\cancel{Lasat})^{0} = \cos(Laet) \cdot \cos(Loet - Losat) = \cos(\gamma)$

$1 = \cos(Laet) \cdot \cos(Loet - Losat) = \begin{cases} Laet = \operatorname{acos}(1) = 0. \\ Loet = \operatorname{acos}(1) + Losat = -31º \end{cases}$

$Losat = -31$.

• Tiene un azimut de 360º.

- Apartado 14.

$El = 14$

$Loet = 28$

$Losat = -31$

$\cos(\gamma) = 0,5160 \cdot \cos(Laet)$

$\sin(\gamma) = \sqrt{1-\cos^2(\gamma)}$

$$(0,9703)^2 = \left(\frac{\sqrt{1-\cos^2(\gamma)}}{\sqrt{1,0227-0,301\cos\gamma}}\right)^2 \rightarrow 0,94148 = \frac{1-\cos^2(\gamma)}{1,0227-0,3010\cos(\gamma)} \rightarrow$$

$$\rightarrow \cos^2(\gamma) - 0,2833\cos(\gamma) - 0,037 = 0$$

$\hookrightarrow \cos(\gamma) = 0,3805$

$\gamma = acos(0,3805) = 67,63º$

$$\cos(Laet) = \frac{0,3805}{0,5160} = 0,7389 \rightarrow Laet = acos(0,7389) = 42,36º$$

- Apartado 15

Laet = -1
Laet2 = 4 } Utilizo estas latitudes ya que el enunciado nos da una latitud de 46,1º y la latitud va de 0 a 90º

Loet2 = 36

Loet3 = 26.

→ Calculo elevación y azimut de ET2

$\cos(\gamma) = \cos(Laet2) \cdot \cos(Lasat) \cdot \cos(Loet2 - Losat) + \sin(Laet2) \cdot \sin(Lasat) = 0{,}3907.$

$\gamma = a\cos(0{,}3907) = 67{,}00037º$

- $RS = 42378$ km.
- $d = RS \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{RL}{RS}\right)^2 - 2\left(\frac{RL}{RS}\right) \cdot \cos(\gamma)} = 40316$ km
- $\cos(El) = \frac{Rs \cdot \sin(\gamma)}{d} = 0{,}9676$
- $El = a\cos(0{,}9676) = 14{,}6227º$.
- Calculo acimut.

$C_z = abs \cdot (Losat - Loet2) = 67$

- Como la ET está en hemisferio sur:

$$\tan\left(\tfrac{1}{2}(y - x)\right) = \frac{\cot\left(\frac{c}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{1}{2} \cdot (|Laet2| - |Lasat|)\right)}{\cos\left(\frac{1}{2} \cdot (|Laet2| + |Lasat|)\right)} = 0{,}0132.$$

$$\tan\left(\tfrac{1}{2}(y + x)\right) = \frac{\cot\left(\frac{c}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{1}{2}(|Laet2| - |Lasat|)\right)}{\sin\left(\frac{1}{2}(|Laet2| + |Lasat|)\right)} = 173{,}1246.$$

$\left(\tfrac{1}{2}(y - x)\right) = atan(0{,}0132) = 0{,}7554º$

$\left(\tfrac{1}{2}(y + x)\right) = atan(173{,}1246) = 89{,}6691º$

$y = \left(\tfrac{1}{2}(y - x)\right) + \left(\tfrac{1}{2}(y + x)\right) = 90{,}4244º$

- Acimut $= 180 + y = 293{,}0193º$

→ Calculo elevación y azimut ET3

$\cos(\gamma) = \cos(Laet3) \cdot \cos(Loet3 - Losat) = 0{,}5446$

$\gamma = \text{acos}(0{,}5446) = 57{,}00567°$

$R_S = 42378 \text{ km}$

$d = 39271 \text{ km}$

$\cos(El) = \dfrac{R_S \cdot \sin(\gamma)}{d} = 0{,}8816$

$El = \text{acos}(0{,}8816) = 28{,}1616°$

- Calculo acimut.

Usamos formulas del hemisferio norte ya que la ET3 está en el hemisferio norte.

$C = |Losat - Loet3| = 57$

- $\left(\frac{1}{2}(y-x)\right) = \dfrac{\cot\left(\frac{C}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{1}{2} \cdot (Laet3 - Lasat)\right)}{\cos\left(\frac{1}{2}(Laet3 - Lasat)\right)} = 0{,}10161$

- $\left(\frac{1}{2}(y+x)\right) = \dfrac{\cot\left(\frac{C}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{1}{2}(Laet3 - Lasat)\right)}{\sin\left(\frac{1}{2}(Laet3 - Lasat)\right)} = 211{,}0460$

- $\left(\frac{1}{2}(y-x)\right) = \text{atan}(0{,}10161) = 0{,}9208°$

- $\left(\frac{1}{2}(y+x)\right) = \text{atan}(211{,}0460) = 89{,}7285°$

- $Y = \left(\frac{1}{2}(y-x)\right) + \left(\frac{1}{2}(y+x)\right) = 90{,}6493°$

- $\text{Acimut} = 360 - Y = 246{,}9207°$