Tarea del Cuadrilátero. Método de resolución

Todos los cálculos están hechos en Matlab al igual que las gráficas

- Para calcular los tiempos no es más que aplicar $t = \frac{\varphi}{\omega}$
- Para el cálculo de los ángulos φ_3 y φ_4:

Sabiendo $\vec{l_1} + \vec{l_2} + \vec{l_3} + \vec{l_4} = \vec{0}$ y luego proyectando cada vector de la longitud de cada barra en el eje X e Y se obtienen unas ecuaciones para obtener φ_3 y φ_4.

$$\begin{cases} \vec{i}: & l_1 \cos\theta_1 + l_2 \cos\theta_2 + l_3 \cos\theta_3 + l_4 \cos\theta_4 = 0 \\ \vec{j}: & l_1 \operatorname{sen}\theta_1 + l_2 \operatorname{sen}\theta_2 + l_3 \operatorname{sen}\theta_3 + l_4 \operatorname{sen}\theta_4 = 0 \end{cases}$$

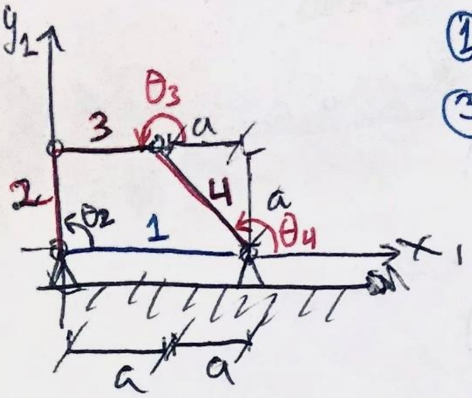
l_1: longitud de la barra imaginaria
l_2: longitud de la barra que aporta movimiento al sistema
l_3: longitud de la barra superior
l_4: longitud de la barra unida con la superior y anclada al suelo

→ Una vez teniendo los ángulos φ_3 y φ_4 se procede a hallar las velocidades angulares ω_3 y ω_4 planteando las ecuaciones y teniendo en cuenta el sentido de los vectores según la situación donde se encuentre el sistema.

→ Después de obtener ω_3 y ω_4, ahora es plantear las ecuaciones para hallar α_3 y α_4, y también teniendo en cuenta las tres situaciones del sistema ($101'95° > \varphi_2 \geq 90°$; $90 > \varphi_2 \geq 41'40$; $41'40 > \varphi_2 \geq 0°$)

→ Finalmente, solo queda hallar las velocidades de B y C y sus aceleraciones. Para B su velocidad será constante ya que $\omega_2 = cte$ y su distancia al CIR también. Así mismo, su aceleración tendrá solo componente normal y cte.

→ Para conocer los sentidos de los vectores he usado la representación gráfica del sistema en GeoGebra (está en Moodle)!



① Barra Imaginaria ② Barra que aporta movimiento
③ Barra superior ④ Barra anclada al suelo

$$\vec{l_1} + \vec{l_2} + \vec{l_3} + \vec{l_4} = \vec{O}$$

Cálculo de φ_3 y φ_4

$$l_1 \cos\theta_1 \vec{i} + l_1 \operatorname{Sen}\theta_1 \vec{j} + \ldots = \vec{O}$$

$$\vec{i} : l_1 \cancelto{1}{\cos\theta_1} + l_2 \cos\theta_2 + l_3 \cos\theta_3 + l_4 \cos\theta_4 = 0$$

$$\vec{j} : l_1 \cancelto{0}{\operatorname{Sen}\theta_1} + l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 + l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 + l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 = 0$$

Donde incógnitas son θ_3 y θ_4 porque θ_2 es controlable y $\boxed{\theta_1 = 0°}$

$$\begin{cases} l_1 + l_2 \cos\theta_2 + l_3 \cos\theta_3 + l_4 \cos\theta_4 = 0 \\ l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 + l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 + l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 = 0 \end{cases}$$

Resolviendo el sistema omitiendo su procedimiento:

$$\boxed{\theta_3 = 2 \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{\cancelto{B}{l_2 \operatorname{Sen}\theta_2} \pm \sqrt{A^2 + B^2 - C^2}}{C + A} \right)}$$

$$\boxed{A = l_1 + l_2 \cos\theta_2} \; ; \; \boxed{B = l_2 \operatorname{Sen}\theta_2} \; ; \; \boxed{C = \frac{l_4^2 - l_3^2 - l_1^2 - l_2^2 - 2 l_1 l_2 \cos\theta_2}{2 l_3}}$$

$A(\theta_2)$, $B(\theta_2)$, $C(\theta_2)$, $D(\theta_2)$

$$\boxed{D = \frac{l_4^2 - l_3^2 + l_1^2 + l_2^2 + 2 l_1 l_2 \cos\theta_2}{2 l_4}}$$

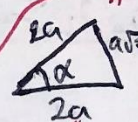
$$\boxed{\theta_4 = 2 \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{B \pm \sqrt{A^2 + B^2 - D^2}}{D + A} \right)}$$

Cuando ~~$41'40 < \theta_2 < 90°$~~ $\boxed{90 > \theta \geq 41'40}$ $\boxed{\vec{l_2} = \vec{AB}}$; $\boxed{\vec{l_3} = \vec{CB}}$; $\boxed{\vec{l_4} = \vec{EC}}$

$\boxed{\vec{l_2} = l_2 \cos\theta_2 \, \vec{i} + l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 \, \vec{j}}$; $\boxed{\vec{l_3} = -l_3 \cos\theta_3 \, \vec{i} - l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 \, \vec{j}}$

$\boxed{\vec{l_4} = -l_4 \cos\theta_4 \, \vec{i} + l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 \, \vec{j}}$

Tª Coseno



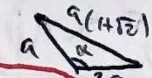
$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{6}{8}\right)$

$\boxed{\alpha = 41'40°}$

1

$\boxed{\vec{W_2} = -\Omega \vec{k}}$; $\boxed{\vec{W_3} = W_3 \vec{k}}$; $\boxed{\vec{W_4} = -W_4 \vec{k}}$

Cuando $\theta_2 >$ $\boxed{90 \leq \theta_2 \leq 101'95°}$ → Tª de coseno



$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{(1+\sqrt{2})^2 - 5}{-4}\right)$

$\boxed{\vec{l_2} = -l_2 \cos\theta_2 \, \vec{i} + l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 \, \vec{j}}$; $\boxed{\vec{l_3} = -l_3 \cos\theta_3 \, \vec{i} + l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 \, \vec{j}}$

$\boxed{\vec{l_4} = -l_4 \cos\theta_4 \, \vec{i} + l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 \, \vec{j}}$

2

$\boxed{\vec{W_2} = \Omega \vec{k}}$; $\boxed{\vec{W_3} = W_3 \vec{k}}$ $\boxed{\vec{W_4} = W_4 \vec{k}}$

Cuando ~~θ $41'40° < \theta_2 < 0°$~~ $\boxed{41'40 > \theta_2 \geq 0}$

$\boxed{\vec{l_2} = l_2 \cos\theta_2 \, \vec{i} + l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 \, \vec{j}}$; $\boxed{\vec{l_3} = -l_3 \cos\theta_3 \, \vec{i} - l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 \, \vec{j}}$

3

$\boxed{\vec{l_4} = -l_4 \cos\theta_4 \, \vec{i} + l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 \, \vec{j}}$

$\boxed{\vec{W_2} = -\Omega \vec{k}}$ $\boxed{\vec{W_3} = W_3 \vec{k}}$ $\boxed{\vec{W_4} = W_4 \vec{k}}$

$\vec{V_B} = \vec{V_{I_{21}}} + \vec{W_2} \times \vec{l_2} = \vec{W_2} \times \vec{l_2}$ $\{\vec{l_2} = \vec{AB}\}$

$\vec{V_B} = \vec{V_C} + (\vec{W_3} \times \vec{l_3}) = \boxed{\vec{W_4} \times \vec{l_4} + \vec{W_3} \times \vec{l_3} = \vec{W_2} \times \vec{l_2}}$

$\{\vec{l_3} = \vec{CB}\}$

$\vec{V_C} = \vec{V_{I_{41}}} + \vec{W_4} \times \vec{l_4} = \vec{W_4} \times \vec{l_4}$ $\{\vec{l_4} = \vec{EC}\}$

Planteamiento de ecuaciones para hallar W_3 y W_4

Cuando $90° \leq \theta_2 < 101'95°$

Cálculo de W_3 y W_4 con $90° < \theta_2 < 101'95°$

$$\vec{W_2} \times \vec{l_2} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & \Omega \\ -l_2 \cos\theta_2 & l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 & 0 \end{vmatrix} = -\Omega l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 \vec{i} - \Omega l_2 \cos\theta_2 \vec{j}$$

$$\vec{W_3} \times \vec{l_3} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & -W_3 \\ -l_3 \cos\theta_3 & l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 & 0 \end{vmatrix} = W_3 l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 \vec{i} + W_3 l_3 \cos\theta_3 \vec{j}$$

$$\vec{W_4} \times \vec{l_4} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & W_4 \\ -l_4 \cos\theta_4 & l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 & 0 \end{vmatrix} = -W_4 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 \vec{i} - W_4 l_4 \cos\theta_4 \vec{j}$$

Incógnitas

$$\left\{ \begin{array}{l} i: \; -\Omega l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 = W_3 l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 - W_4 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 \\ j: \; -\Omega l_2 \cos\theta_2 = W_3 l_3 \cos\theta_3 - W_4 l_4 \cos\theta_4 \end{array} \right\}$$

2 ecuaciones
2 incógnitas

$$\left[\begin{array}{l} a = -\Omega l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 \;;\; b = l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 \;;\; c = -l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 \\ d = -\Omega l_2 \cos\theta_2 \;;\; e = l_3 \cos\theta_3 \;;\; f = -l_4 \cos\theta_4 \end{array} \right]$$

Constantes

$$\boxed{W_4 = \frac{ae - bd}{ce - bf}} \qquad \boxed{W_3 = \frac{af - cd}{bf - ce}}$$

$$\vec{\omega}_2 \times \vec{l}_2 = \vec{\omega}_3 \times \vec{l}_3 + \vec{\omega}_4 \times \vec{l}_4$$

1 Cálculo de ω_3 y ω_4

Comprendido φ_2 entre 41'40° y 90°

<u>Cuando $41'40° < \theta_2 < 90°$</u>

$$\vec{\omega}_2 \times \vec{l}_2 = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & -\Omega \\ l_2\cos\theta_2 & l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 & 0 \end{vmatrix} = \Omega l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 \vec{i} - \Omega l_2 \cos\theta_2 \vec{j}$$

$$\vec{\omega}_3 \times \vec{l}_3 = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & \omega_3 \\ -l_3\cos\theta_3 & -l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 & 0 \end{vmatrix} = \omega_3 l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 \vec{i} - \omega_3 l_3 \cos\theta_3 \vec{j}$$

$$\vec{\omega}_4 \times \vec{l}_4 = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & -\omega_4 \\ -l_4\cos\theta_4 & l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 & 0 \end{vmatrix} = \omega_4 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 \vec{i} + \omega_4 l_4 \cos\theta_4 \vec{j}$$

Luego haciendo un sistema de ecuaciones:

Incógnitas

2 ecuaciones
2 incógnitas

$$\begin{cases} i: \ \Omega l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 = \omega_3 l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 + \omega_4 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 \\ j: \ -\Omega l_2 \cos\theta_2 = -\omega_3 l_3 \cos\theta_3 + \omega_4 l_4 \cos\theta_4 \end{cases}$$

$$\left[\begin{array}{lll} a = \Omega l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 \ ; & b = l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 \ ; & c = l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 \\ d = -\Omega l_2 \cos\theta_2 \ ; & e = -l_3 \cos\theta_3 \ ; & f = l_4 \cos\theta_4 \end{array}\right] \text{Constantes}$$

$$\begin{cases} a = b\omega_3 + c\omega_4 \\ d = e\omega_3 + f\omega_4 \end{cases} \Rightarrow \boxed{\omega_4 = \frac{ae - bd}{ce - bf}}$$

$$\boxed{\omega_3 = \frac{af - cd}{bf - ce}}$$

Cuando $41'40° > \theta_2 \geq 0°$

Cálculo ω_3 y ω_4 comprendido φ_2 entre $0°$ y $41'40°$

$$\vec{\omega_2} \times \vec{l_2} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & -\Omega \\ l_2\cos\theta_2 & l_2\operatorname{Sen}\theta_2 & 0 \end{vmatrix} = \Omega l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 \vec{i} - \Omega l_2 \cos\theta_2 \vec{j}$$

$$\vec{\omega_3} \times \vec{l_3} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & \omega_3 \\ -l_3\cos\theta_3 & -l_3\operatorname{Sen}\theta_3 & 0 \end{vmatrix} = \omega_3 l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 \vec{i} - \omega_3 l_3 \cos\theta_3 \vec{j}$$

$$\vec{\omega_4} \times \vec{l_4} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & \omega_4 \\ -l_4\cos\theta_4 & l_4\operatorname{Sen}\theta_4 & 0 \end{vmatrix} = -\omega_4 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 \vec{i} - \omega_4 l_4 \cos\theta_4 \vec{j}$$

Incógnitas

$$\begin{cases} i: \ \Omega l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 = \omega_3 l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 - \omega_4 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 \\ j: \ +\Omega l_2 \cos\theta_2 = +\omega_3 l_3 \cos\theta_3 + \omega_4 l_4 \cos\theta_4 \end{cases}$$

2 ecuaciones
2 incógnitas

$a = \Omega l_2 \operatorname{Sen}\theta_2$; $b = l_3 \operatorname{Sen}\theta_3$; $c = -l_4 \operatorname{Sen}\theta_4$

$d = \Omega l_2 \cos\theta_2$; $e = l_3 \cos\theta_3$; $f = l_4 \cos\theta_4$

Constantes

$$\begin{cases} a = b\omega_3 + c\omega_4 \\ d = e\omega_3 + f\omega_4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \boxed{\omega_4 = \dfrac{ae-bd}{ce-bf}} \\ \boxed{\omega_3 = \dfrac{af-cd}{bf-ce}} \end{cases}$$

Planteamiento de ecuaciones para hallar $\frac{dW_3}{dt}$ y $\frac{dW_4}{dt}$

$$\vec{a}_B = \cancel{\vec{a}_A}^{0} + \cancel{\dot{\vec{W}}_2 \times \vec{l}_2}^{0} + \vec{W}_2 \times (\vec{W}_2 \times \vec{l}_2)$$

$$\vec{a}_B = \vec{a}_C + \dot{\vec{W}}_3 \times \vec{l}_3 + \vec{W}_3 \times (\vec{W}_3 \times \vec{l}_3)$$

$$\vec{a}_C = \cancel{\vec{a}_E}^{0} + \dot{\vec{W}}_4 \times \vec{l}_4 + \vec{W}_4 \times (\vec{W}_4 \times \vec{l}_4)$$

$$\therefore \underbrace{\vec{W}_2 \times (\vec{W}_2 \times \vec{l}_2)}_{1} = \underbrace{\dot{\vec{W}}_3 \times \vec{l}_3 + \vec{W}_3 \times (\vec{W}_3 \times \vec{l}_3)}_{2} + \underbrace{\dot{\vec{W}}_4 \times \vec{l}_4 + \vec{W}_4 \times (\vec{W}_4 \times \vec{l}_4)}_{3}$$

Cuando $101.95° > \varphi_2 \geq 90°$ $\vec{\alpha}_3$ colineal $\vec{W}_3$ ~~[illegible]~~

$\boxed{\vec{l}_2 = -l_2 \cos\theta_2 \vec{i} + l_2 \sin\theta_2 \vec{j}}$ $\boxed{\vec{l}_3 = -l_3 \cos\theta_3 \vec{i} + l_3 \sin\theta_3 \vec{j}}$ $\boxed{\vec{W}_3 = -W_3 \vec{k}}$

$\boxed{\vec{W}_2 = \Omega \vec{k}}$ $\boxed{\vec{l}_4 = -l_4 \cos\theta_4 \vec{i} + l_4 \sin\theta_4 \vec{j}}$ $\boxed{\vec{W}_4 = W_4 \vec{k}}$

$\boxed{\vec{\alpha}_3 = -\alpha_3 \vec{k}}$

$\boxed{\vec{\alpha}_4 = \alpha_4 \vec{k}}$

1

$$\Omega \vec{k} \times \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & \Omega \\ -l_2 \cos\theta_2 & l_2 \sin\theta_2 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & \Omega \\ -\Omega l_2 \sin\theta_2 & -\Omega l_2 \cos\theta_2 & 0 \end{vmatrix} = \Omega^2 l_2 \cos\theta_2 \vec{i} - \Omega^2 l_2 \sin\theta_2 \vec{j}$$

2

$$= (\alpha_3 l_3 \sin\theta_3 + W_3^2 l_3 \cos\theta_3)\vec{i} + (\alpha_3 l_3 \cos\theta_3 - W_3^2 l_3 \sin\theta_3)\vec{j}$$

3 1 = 2 + 3 *

$$= (-\alpha_4 l_4 \sin\theta_4 + W_4^2 l_4 \cos\theta_4)\vec{i} + (-\alpha_4 l_4 \cos\theta_4 - W_4^2 l_4 \sin\theta_4)\vec{j}$$

*

2 ecuaciones
2 incógnitas

$$i: \ \Omega^2 l_2 \cos\theta_2 = \alpha_3 l_3 \sin\theta_3 + W_3^2 l_3 \cos\theta_3 - \alpha_4 l_4 \sin\theta_4 + W_4^2 l_4 \cos\theta_4$$

$$j: \ -\Omega^2 l_2 \sin\theta_2 = \alpha_3 l_3 \cos\theta_3 - W_3^2 l_3 \sin\theta_3 - \alpha_4 l_4 \cos\theta_4 - W_4^2 l_4 \sin\theta_4$$

Siendo constantes:

$\cancel{a = \Omega^2 l_2 \cos\theta_2}$; $\cancel{b = l_3 \operatorname{Sen}\theta_3}$

$\boxed{a = \Omega^2 l_2 \cos\theta_2 - W_3^2 l_3 \cos\theta_3 - W_4^2 l_4 \cos\theta_4}$; $\boxed{b = l_3 \operatorname{Sen}\theta_3}$; $\boxed{c = -l_4 \operatorname{Sen}\theta_4}$

$\boxed{d = -\Omega^2 l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 + W_3^2 l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 + W_4^2 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4}$; $\boxed{e = l_3 \cos\theta_3}$; $\boxed{f = -l_4 \cos\theta_4}$

$$\begin{cases} a = b\,\alpha_3 + c\,\alpha_4 \\ d = e\,\alpha_3 + f\,\alpha_4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \boxed{\alpha_4 = \dfrac{ae - bd}{ce - bf}} \\ \boxed{\alpha_3 = \dfrac{af - cd}{bf - ce}} \end{cases}$$

Cuando $90^\circ > \varphi_2 \geq 41'40^\circ$

$\boxed{\vec{l_2} = l_2 \cos\theta_2 \vec{i} + l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 \vec{j}}$; $\boxed{\vec{l_3} = -l_3 \cos\theta_3 \vec{i} - l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 \vec{j}}$

$\boxed{\vec{l_4} = -l_4 \cos\theta_4 \vec{i} + l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 \vec{j}}$ $\boxed{\vec{\omega_2} = -\Omega \vec{k}}$ $\boxed{\vec{W_3} = W_3 \vec{k}}$ $\boxed{\vec{W_4} = -W_4 \vec{k}}$

$\boxed{\vec{\alpha_3} = \alpha_3 \vec{k}}$ $\boxed{\vec{\alpha_4} = -\alpha_4 \vec{k}}$

$$1 = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & -\Omega \\ \Omega l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 & -\Omega l_2 \cos\theta_2 & 0 \end{vmatrix} = -\Omega^2 l_2 \cos\theta_2 \vec{i} - \Omega^2 l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 \vec{j}$$

* 1 = 2 + 3

$$2 = (\alpha_3 l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 + W_3^2 l_3 \cos\theta_3)\vec{i} + (-\alpha_3 l_3 \cos\theta_3 + W_3^2 l_3 \operatorname{Sen}\theta_3)\vec{j}$$

$$3 = (\alpha_4 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 + W_4^2 l_4 \cos\theta_4)\vec{i} + (\alpha_4 l_4 \cos\theta_4 - W_4^2 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4)\vec{j}$$

* :

Incógnitas

2 ecs. 2 incóg.

$$\begin{cases} i: -\Omega^2 l_2 \cos\theta_2 = \alpha_3 l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 + W_3^2 l_3 \cos\theta_3 + \alpha_4 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 + W_4^2 l_4 \cos\theta_4 \\ j: -\Omega^2 l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 = -\alpha_3 l_3 \cos\theta_3 + W_3^2 l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 + \alpha_4 l_4 \cos\theta_4 - W_4^2 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 \end{cases}$$

Siendo constantes:

$\boxed{a = -\Omega^2 l_2 \cos\theta_2 - W_3^2 l_3 \cos\theta_3 - W_4^2 l_4 \cos\theta_4}$; $\boxed{b = l_3 \operatorname{Sen}\theta_3}$; $\boxed{c = l_4 \operatorname{Sen}\theta_4}$

$\boxed{d = -\Omega^2 l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 - W_3^2 l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 + W_4^2 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4}$; $\boxed{e = -l_3 \cos\theta_3}$; $\boxed{f = l_4 \cos\theta_4}$

$$\begin{cases} a = b\alpha_3 + c\alpha_4 \\ d = e\alpha_3 + f\alpha_4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \alpha_4 = \dfrac{ae - bd}{ce - bf} \\[2ex] \alpha_3 = \dfrac{af - cd}{bf - ce} \end{cases}$$

Cuando $41'40° > \varphi_2 \geq 0$

$\boxed{\vec{l_2} = l_2 \cos\theta_2 \,\vec{i} + l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 \,\vec{j}}$; $\boxed{\vec{l_3} = -l_3 \cos\theta_3 \,\vec{i} - l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 \,\vec{j}}$

$\boxed{\vec{l_4} = -l_4 \cos\theta_4 \,\vec{i} + l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 \,\vec{j}}$ $\boxed{\vec{W_2} = -\Omega \vec{k}}$; $\boxed{\vec{W_3} = W_3 \vec{k}}$; $\boxed{\vec{W_4} = W_4 \vec{k}}$

$\boxed{\vec{\alpha_3} = \alpha_3 \vec{k}}$; $\boxed{\vec{\alpha_4} = \alpha_4 \vec{k}}$

1

$$= \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & -\Omega \\ -\Omega l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 & -\Omega l_2 \cos\theta_2 & 0 \end{vmatrix} = -\Omega^2 l_2 \cos\theta_2 \,\vec{i} - \Omega^2 l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 \,\vec{j}$$

1 = 2 + 3 *

2

$$= (\alpha_3 l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 + W_3^2 l_3 \cos\theta_3)\,\vec{i} + (-\alpha_3 l_3 \cos\theta_3 + W_3^2 l_3 \operatorname{Sen}\theta_3)\,\vec{j}$$

3

$$= (-\alpha_4 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 + W_4^2 l_4 \cos\theta_4)\,\vec{i} + (-\alpha_4 l_4 \cos\theta_4 - W_4^2 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4)\,\vec{j}$$

*

Incógnitas

2 ecuaciones

2 incógnitas

$$\begin{cases} i: -\Omega^2 l_2 \cos\theta_2 = \alpha_3 l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 + W_3^2 l_3 \cos\theta_3 - \alpha_4 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 + W_4^2 l_4 \cos\theta_4 \\ j: -\Omega^2 l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 = -\alpha_3 l_3 \cos\theta_3 + W_3^2 l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 - \alpha_4 l_4 \cos\theta_4 - W_4^2 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 \end{cases}$$

Siendo constantes:

$\boxed{a = -\Omega^2 l_2 \cos\theta_2 - \omega_3^2 l_3 \cos\theta_3 - \omega_4^2 l_4 \cos\theta_4}$; $\boxed{b = l_3 \operatorname{Sen}\theta_3}$; $\boxed{c = -l_4 \operatorname{Sen}\theta_4}$

$\boxed{d = -\Omega^2 l_2 \operatorname{Sen}\theta_2 - \omega_3^2 l_3 \operatorname{Sen}\theta_3 + \omega_4^2 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4}$; $\boxed{e = -l_3 \cos\theta_3}$; $\boxed{f = -l_4 \cos\theta_4}$

$$\begin{cases} a = b\alpha_3 + c\alpha_4 \\ d = e\alpha_3 + f\alpha_4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \alpha_4 = \dfrac{ae-bd}{ce-bf} \\ \alpha_3 = \dfrac{af-cd}{bf-ce} \end{cases}$$

$$\boxed{\text{Cálculo de } a_B \text{ y } a_c}$$

$\boxed{V_B = \omega_2 \cdot R}$; $\boxed{V_c = \omega_4 \cdot R}$ (cte)

$$|\vec{a}_B| = |\vec{a}_t + \vec{a}_n| = \left| \cancelto{0 \; V=cte}{\frac{dv}{dt}} \vec{T} + \frac{V^2}{\rho} \vec{N} \right| = \frac{0'1^2}{0'1} = 0'1 \, m/s^2$$

$\vec{a}_c$ cuando $101'95° > \varphi_2 \geq 90°$

$$\vec{a}_c = \dot{\vec{\omega}}_4 \times \vec{l}_4 + \vec{\omega}_4 \times (\vec{\omega}_4 \times \vec{l}_4)$$

$\vec{l}_4 = -l_4 \cos\theta_4 \vec{i} + l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 \vec{j}$

$\vec{\omega}_4 = \omega_4 \vec{k}$; $\vec{\alpha}_4 = \alpha_4 \vec{k}$

$$\vec{a}_c = \overbrace{(-\alpha_4 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 + \omega_4^2 l_4 \cos\theta_4)}^{A} \vec{i} + \overbrace{(-\alpha_4 l_4 \cos\theta_4 - \omega_4^2 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4)}^{B} \vec{j}$$

$$a_c = \sqrt{A^2 + B^2}$$

$90° \geq \varphi_2 \geq 41'40°$

$$\vec{a}_c = \overbrace{(\alpha_4 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 + \omega_4^2 l_4 \cos\theta_4)}^{A} \vec{i} + \overbrace{(\alpha_4 l_4 \cos\theta_4 - \omega_4^2 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4)}^{B} \vec{j}$$

$$a_c = \sqrt{A^2 + B^2}$$

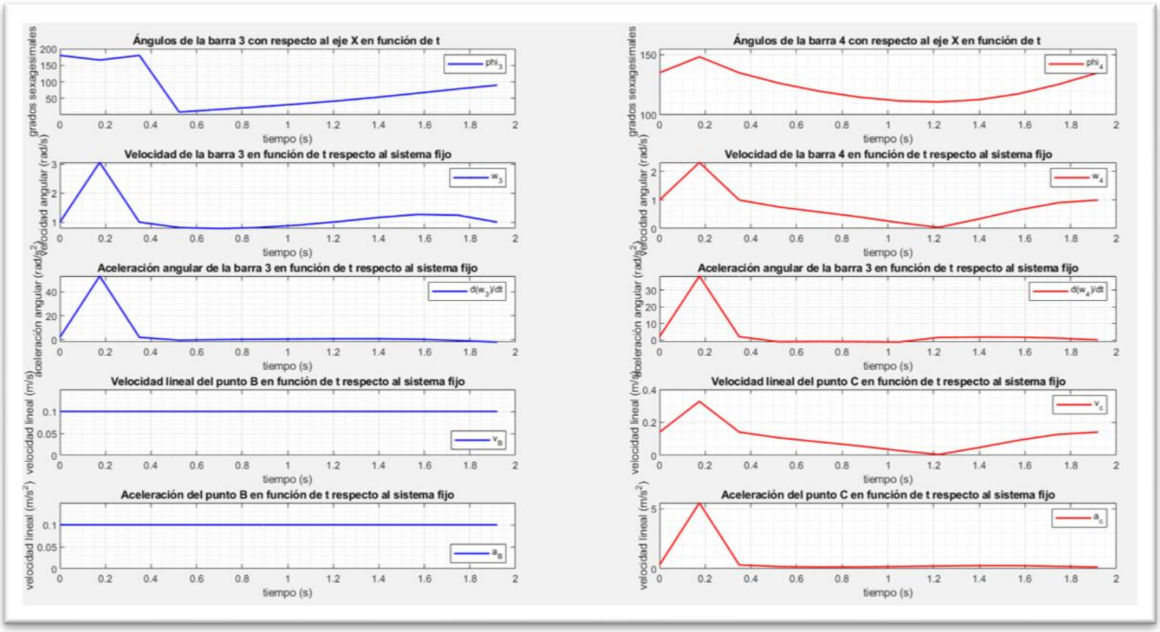
$41'40° > \varphi_2 \geq 0°$

$$\vec{a}_c = \overbrace{(-\alpha_4 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4 + \omega_4^2 l_4 \cos\theta_4)}^{A} \vec{i} + \overbrace{(-\alpha_4 l_4 \cos\theta_4 - \omega_4^2 l_4 \operatorname{Sen}\theta_4)}^{B} \vec{j}$$

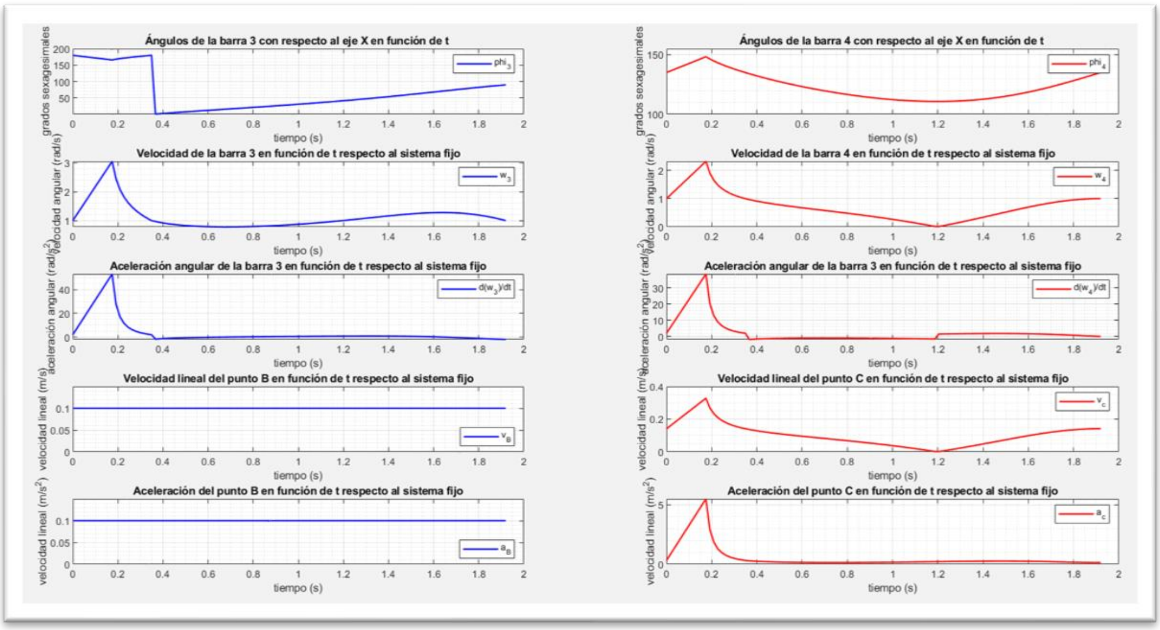
$$a_c = \sqrt{A^2 + B^2}$$

GRÁFICAS DE CADA VARIABLE EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

PARTE I



PARTE II



*Cada gráfica se puede generar en Matlab con el código que he adjuntado