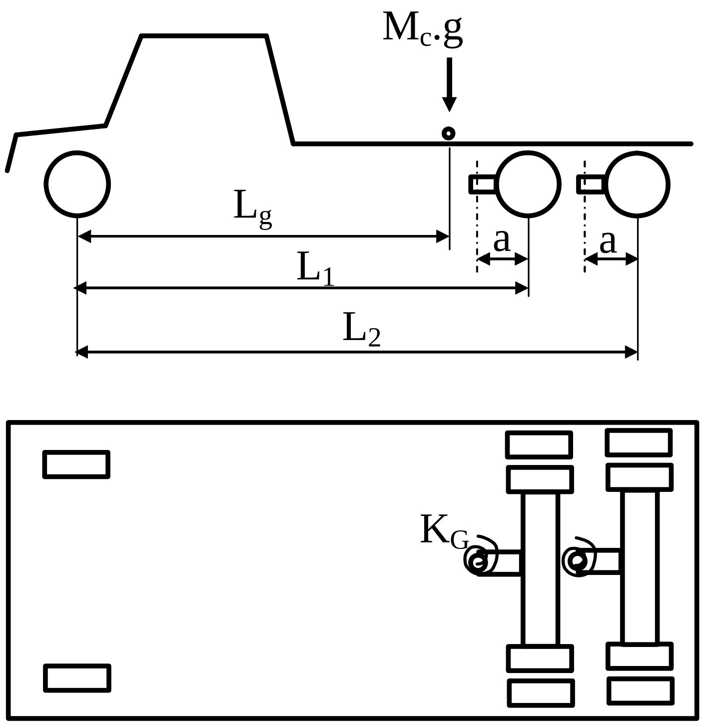
El camión de la figura dispone de 3 ejes de los cuales el primero tiene las ruedas direccionables. Los dos ejes no direccionables disponen de una conexión elástica al bastidor del camión según se indica en la figura. Dicha conexión permite una cierta orientación de cada eje proporcional a la fuerza lateral soportada por el eje. Considerando que los ángulos de dirección y deriva son pequeños (es válido el modelo de motocicleta) determinar:

1. Angulo de dirección para recorrer una curva de 100 m de radio a velocidad muy baja.
2. Angulo de dirección para recorrer una curva de 100 m de radio a 60 km/h.
3. Características direccionales del vehículo (subvirador, sobrevirador) y velocidad característica o crítica.

Rigidez de deriva: $C\alpha$= 7000 N/º

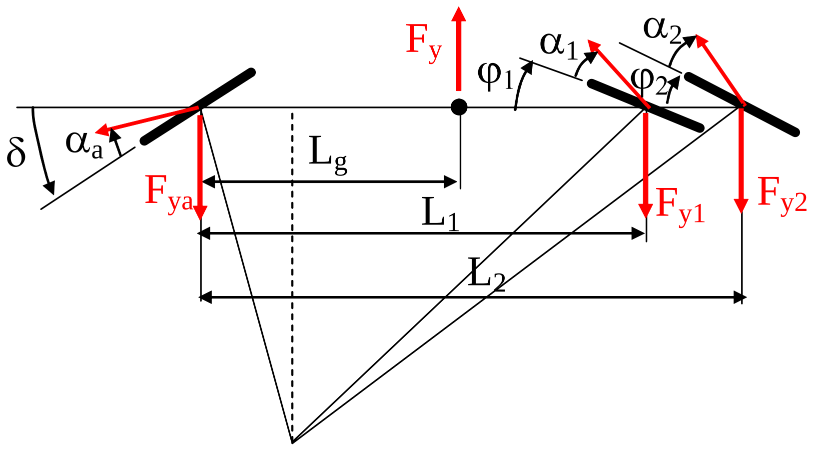
Rigidez de la rótula elástica KG=10 kN.m/º

L1= 7 m   L2= 8,4 m   Lg= 5,5 m   a= 1 m   M=18000 Kg



$$C\alpha := 7000 \cdot \frac{180}{\pi} \qquad KG := 10000 \cdot \frac{180}{\pi} \qquad R := 100 \qquad V := \frac{60}{3.6}$$

$$L1 := 7 \qquad L2 := 8.4 \qquad Lg := 5.5 \qquad a := 1 \qquad M := 18000$$



Ecuaciones geométricas:

$$\delta - \alpha a + \phi 1 + \alpha 1 = \frac{L1}{R} \qquad \alpha a = \frac{Fya}{2 \cdot C\alpha} \qquad \phi 1 = \frac{Fy1 \cdot a}{KG} \qquad \alpha 1 = \frac{Fy1}{4 \cdot C\alpha}$$

$$\delta - \alpha a + \phi 2 + \alpha 2 = \frac{L2}{R} \qquad \phi 2 = \frac{Fy2 \cdot a}{KG} \qquad \alpha 2 = \frac{Fy2}{4 \cdot C\alpha}$$

$$\delta - \frac{Fya}{2 \cdot C\alpha} + \frac{Fy1 \cdot a}{KG} + \frac{Fy1}{4 \cdot C\alpha} = \frac{L1}{R}$$

$$\delta - \frac{Fya}{2 \cdot C\alpha} + \frac{Fy2 \cdot a}{KG} + \frac{Fy2}{4 \cdot C\alpha} = \frac{L2}{R}$$

Equilibrio lateral $\quad Fya + Fy1 + Fy2 = M\cdot\frac{V^2}{R}$

Equilibrio de momentos: $\quad Fya\cdot Lg - Fy1\cdot(L1 - Lg) - Fy2\cdot(L2 - Lg) = 0$

Restando las ecuac. geom.: $\quad \frac{(Fy2 - Fy1)\cdot a}{KG} + \frac{Fy2 - Fy1}{4\cdot C\alpha} = \frac{L2 - L1}{R}$

Las tres últimas ecuaciones forman un sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas:

$$Fya(V,R) := \frac{L2 + L1 - 2\cdot Lg}{L2 + L1}\cdot M\cdot\frac{V^2}{R} + \frac{4\cdot KG\cdot C\alpha}{4\cdot C\alpha\cdot a + KG}\cdot\frac{(L2 - L1)^2}{R\cdot(L1 + L2)} \qquad Fya(V,R) = 1.482\cdot 10^4$$

$$Fy1(V,R) := \frac{Lg}{(L2 + L1)}\cdot M\cdot\frac{V^2}{R} - \frac{4\cdot L2\cdot KG\cdot C\alpha}{4\cdot C\alpha\cdot a + KG}\,\frac{L2 - L1}{R\cdot(L1 + L2)} \qquad Fy1(V,R) = 1.463\cdot 10^4$$

$$Fy2(V,R) := \frac{Lg}{(L2 + L1)}\cdot M\cdot\frac{V^2}{R} + \frac{4\cdot KG\cdot C\alpha\cdot L1}{4\cdot C\alpha\cdot a + KG}\cdot\frac{L2 - L1}{R\cdot(L1 + L2)} \qquad Fy2(V,R) = 2.054\cdot 10^4$$

Utilizando la primera ecuación geométrica:

$$\delta = \frac{L1}{R} + \frac{Fya}{2\cdot C\alpha} - \frac{Fy1\cdot a}{KG} - \frac{Fy1}{4\cdot C\alpha} \qquad \delta(V,R) := \frac{L1}{R} + \frac{Fya(V,R)}{2\cdot C\alpha} - \frac{Fy1(V,R)\cdot a}{KG} - \frac{Fy1(V,R)}{4\cdot C\alpha} \qquad \delta(V,R) = 0.054$$

$$\delta(0,R) = 0.078$$

$$\delta(V,R) := \frac{L1}{R} + \frac{1}{2\cdot C\alpha}\cdot\left[\frac{L2 + L1 - 2\cdot Lg}{L2 + L1}\cdot M\cdot\frac{V^2}{R} + \frac{4\cdot KG\cdot C\alpha}{4\cdot C\alpha\cdot a + KG}\cdot\frac{(L2 - L1)^2}{R\cdot(L1 + L2)}\right] - \left(\frac{a}{KG} + \frac{1}{4\cdot C\alpha}\right)\cdot\left[\frac{Lg}{(L2 + L1)}\cdot M\cdot\frac{V^2}{R} - \frac{4\cdot L2\cdot KG\cdot C\alpha}{4\cdot C\alpha\cdot a + KG}\,\frac{L2 - L1}{R\cdot(L1 + L2)}\right] \qquad \delta(V,R) = 0.054$$

Operando:

$$\delta(V,R) := \frac{1}{R\cdot(L2+L1)}\cdot\left[L1^2 + L2^2 + 2\cdot\frac{KG\cdot(L2-L1)^2}{(4\cdot C\alpha\cdot a + KG)}\right] + \left[\frac{1}{2\cdot C\alpha} - \frac{1}{(4\cdot C\alpha)}\cdot\frac{5\cdot Lg}{(L2+L1)} - \frac{a}{KG}\cdot\frac{Lg}{(L2+L1)}\right]\cdot\frac{M\cdot V^2}{R}$$

Coeficiente subvirador:

$$Ksu := \left[\frac{1}{2\cdot C\alpha} - \frac{1}{(4\cdot C\alpha)}\cdot\frac{5\cdot Lg}{(L2+L1)} - \frac{a}{KG}\cdot\frac{Lg}{(L2+L1)}\right]\cdot M\cdot 9.81 \qquad Ksu = -0.086$$

Velocidad crítica:

$$\frac{1}{R\cdot(L2+L1)}\cdot\left[L1^2 + L2^2 + 2\cdot\frac{KG\cdot(L2-L1)^2}{(4\cdot C\alpha\cdot a + KG)}\right] + \left[\frac{1}{2\cdot C\alpha} - \frac{1}{(4\cdot C\alpha)}\cdot\frac{5\cdot Lg}{(L2+L1)} - \frac{a}{KG}\cdot\frac{Lg}{(L2+L1)}\right]\cdot\frac{M\cdot V^2}{R} = 0$$

$$Vcr := \sqrt{\frac{-9.81}{(L2+L1)\cdot Ksu}\cdot\left[L1^2 + L2^2 + 2\cdot\frac{KG\cdot(L2-L1)^2}{(4\cdot C\alpha\cdot a + KG)}\right]} \qquad Vcr = 29.804$$