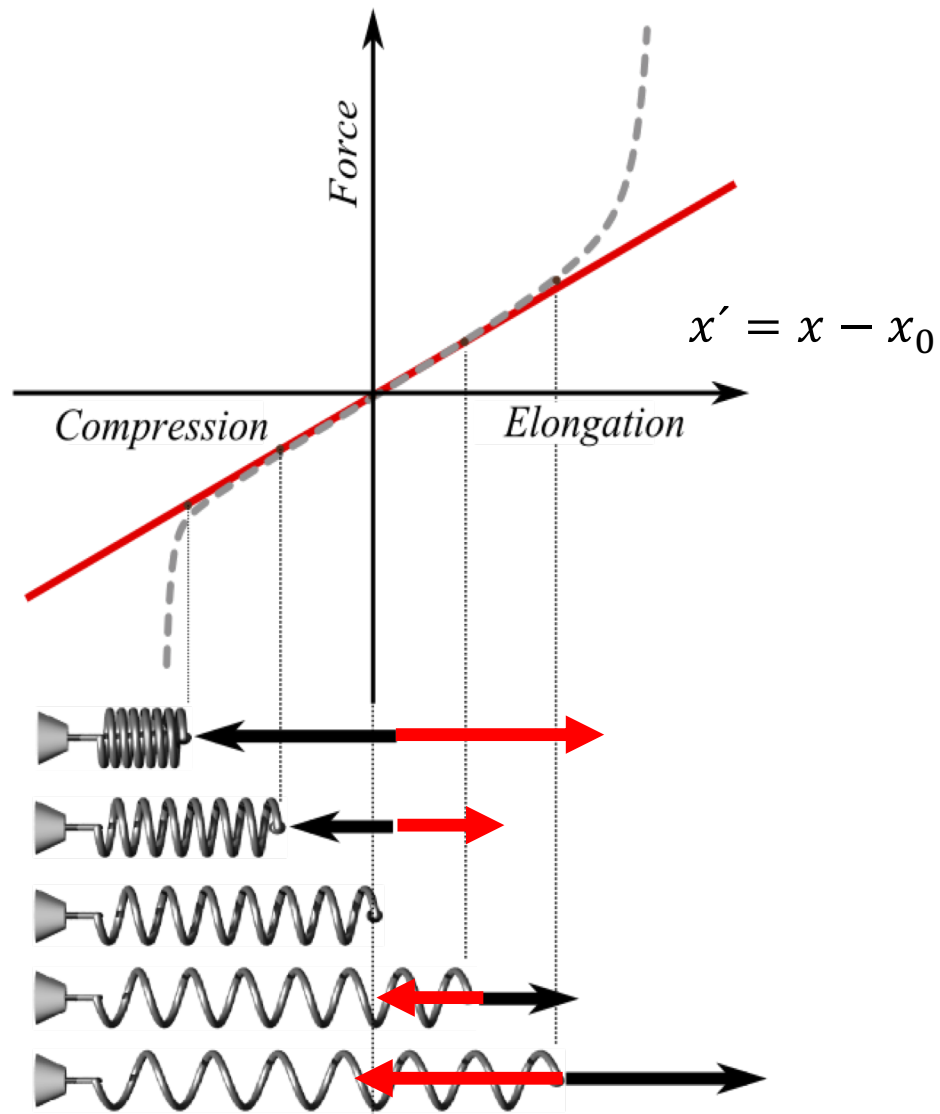


Ley de Hooke

Roce viscoso

Roce en cuerdas flexibles

Ley de Hooke,



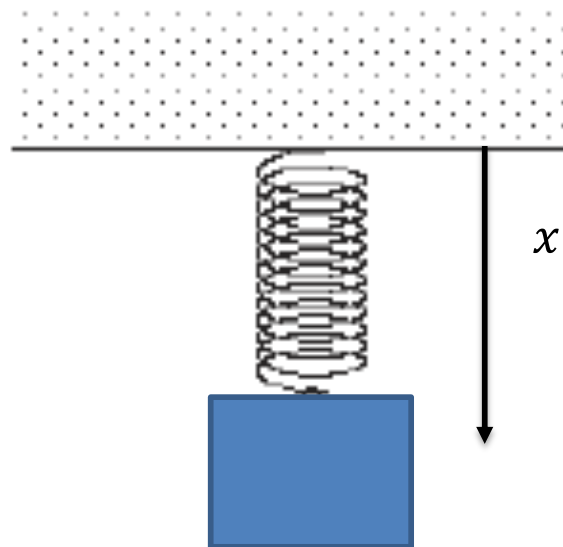
$$F_r = -k(x - x_0),$$



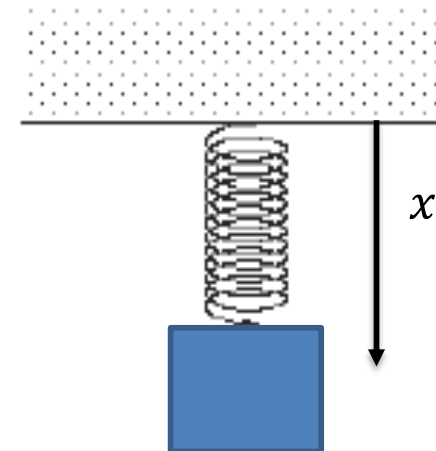
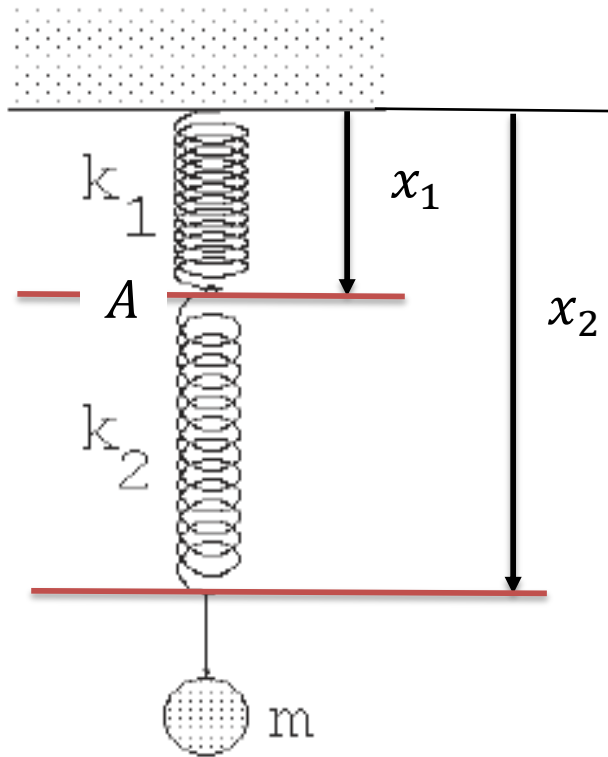
Robert Hooke

1635 - 1703

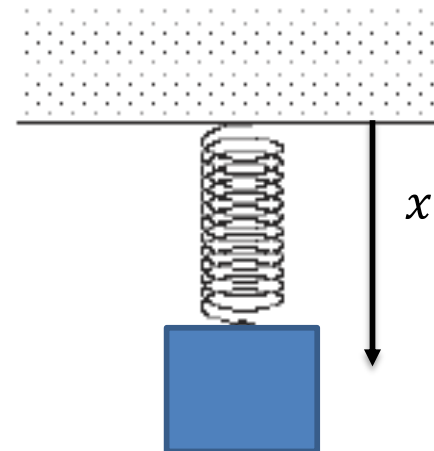
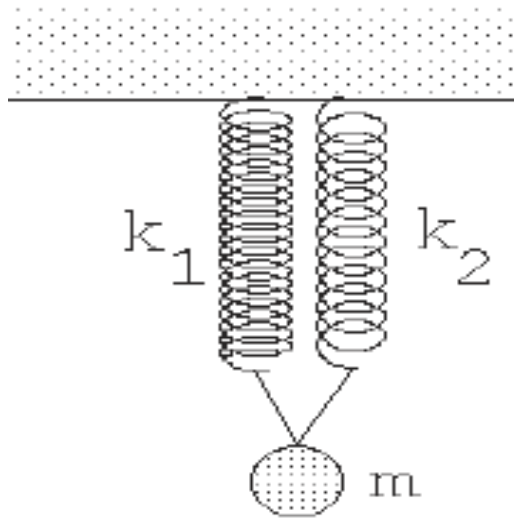
Encontrar el largo del resorte,



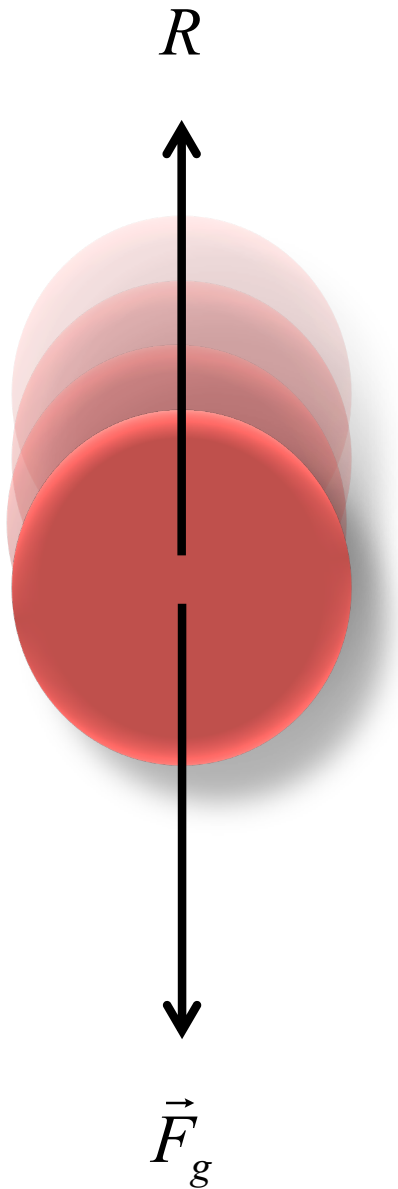
## Combinación de resortes



## Combinación de resortes

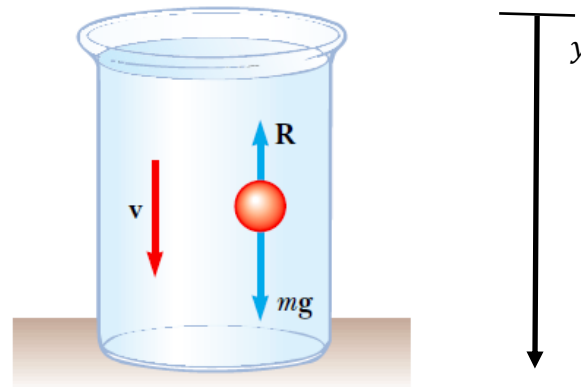


# Resistencia del aire



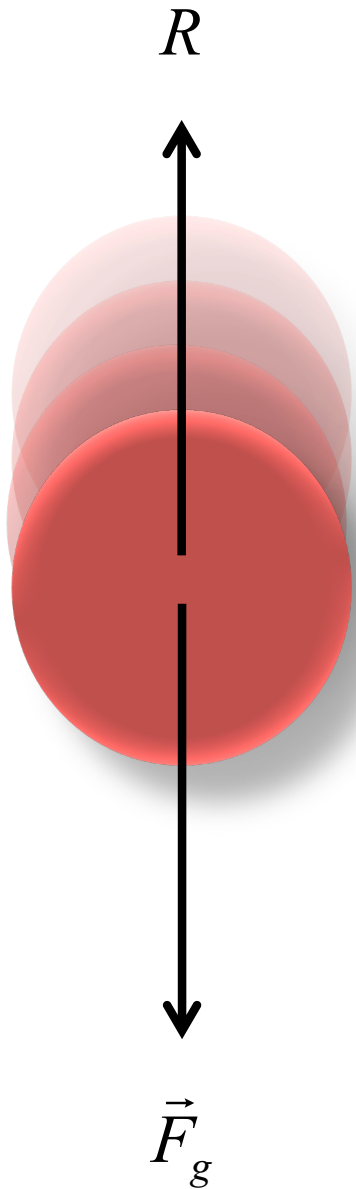
## Segunda Ley de Newton

$$F_g - R = ma$$



$$R = bv$$

# Resistencia del aire



Segunda Ley de Newton

$$F_g - R = ma$$



$$R = \frac{1}{2} D \rho A v^2$$



Para un humano en caída libre, en posición horizontal, con las extremidades extendidas la Velocidad Terminal es de aproximadamente 55 m/s (200 km/h) y para una gota 8,88 m/s (32 km/h), dependiendo de su tamaño.



## Resistencia del aire y ahorro de combustible



Para mantenerse a una misma velocidad el motor debe compensar la energía perdida.

$$Potencia = \frac{Trabajo}{tiempo} = \frac{Fuerza \cdot desplazamiento}{tiempo} = F v$$

$$F = \frac{1}{2} \rho A D v^2 \quad Potencia = \frac{1}{2} \rho A D v^3$$



Ejemplo

Audi A3: (segunda generación)

Área frontal:  $S=2.13 \text{ m}^2$

Densidad de aire:  $\rho=1.225 \text{ kg/m}^3$

Velocidad  $120 \text{ km/h} = 33 \text{ m/s}$

$$P = \frac{1}{2} \rho A D v^3 = 15457,58 \text{ W}$$

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$$

$$P = \frac{1}{2} \rho A D v^3 = 20.7 \text{ hp}$$



$$F = \frac{1}{2} \rho A D v^2 = 468 \text{ N}$$

A altas velocidades más del 50 % de la gasolina es utilizada para vencer la resistencia del aire.

| Cuerpo  | Superficie frontal (m <sup>2</sup> ) | D     | (SD) |
|---|--------------------------------------|-------|------|
| <a href="#">Volkswagen XL1</a> (2013)                                       |                                      | 0,189 |      |
| Venturi VBB-3 (2013)  |                                      | 0,13  |      |
| <a href="#">Tesla Model S</a> (2012)  |                                      | 0,24  |      |
| Renault Vel Satis (2002)  | 2,37                                 | 0,33  | 0,79 |
| Renault Espace (2002)   | 2,8                                  | 0,35  | 0,98 |
| <a href="#">Renault Espace</a> (1997)                                       | 2,54                                 | 0,36  | 0,92 |
| Peugeot 807 (2002)  | 2,85                                 | 0,33  | 0,94 |
| Perfil alar simétrico <sup>1</sup>  |                                      | 0,05  |      |
| <a href="#">Paracaídas</a> <sup>1</sup>                                     |                                      | 1,33  |      |
| Opel Kadett (1989)  |                                      | 0,38  |      |
| Opel Insignia (2009)  |                                      | 0,27  |      |
| Opel Astra (2004)   | 2,11                                 | 0,32  | 0,68 |
| <a href="#">Motocicleta</a> <sup>1</sup>                                    |                                      | 0,70  |      |
| Irizar PB (2002) <sup>1</sup>   | 9,2                                  | 0,55  | 5,06 |
| <a href="#">Hispano Divo</a> (2003) <sup>1</sup>                            | 9,2                                  | 0,349 | 3,21 |
| <a href="#">Fórmula 1</a> en <a href="#">Monza</a> (el menor) <sup>2</sup>  |                                      | 0,7   |      |
| <a href="#">Fórmula 1</a> en <a href="#">Mónaco</a> (el mayor) <sup>2</sup> |                                      | 1,084 |      |
| <a href="#">Esfera</a> <sup>1</sup>   |                                      | 0,1   |      |
| <a href="#">Cubo</a> valor de referencia <sup>1</sup>                       |                                      | 1     |      |
| Citroën CX (1974)   | 1,93                                 | 0,36  | 0,71 |
| <a href="#">Citroën C4 coupe</a>  |                                      | 0,28  |      |
| <a href="#">Camión</a> con deflectores <sup>1</sup>                         | 9                                    | 0,70  |      |
| <a href="#">BMW Serie 1</a> (2004)  | 2,09                                 | 0,31  | 0,65 |
| <a href="#">Autobús</a> <sup>1</sup>  | 9                                    | 0,49  |      |
| Audi A6 (1997)  |                                      | 0,28  |      |
| Audi A3 (2003)  | 2,13                                 | 0,32  | 0,68 |



# Irizar PB

$$P = \frac{1}{2} \rho A D v^2 = 44629,2 \text{ W}$$

$$P = \frac{1}{2} \rho A D v^2 = 60 \text{ hp}$$

**OJO: ¡Verificar! ¿Hay un error en las 2 ecuaciones arriba?  
En caso que si: ¿CUAL es el error?**

$\approx 420 \text{ hp}$



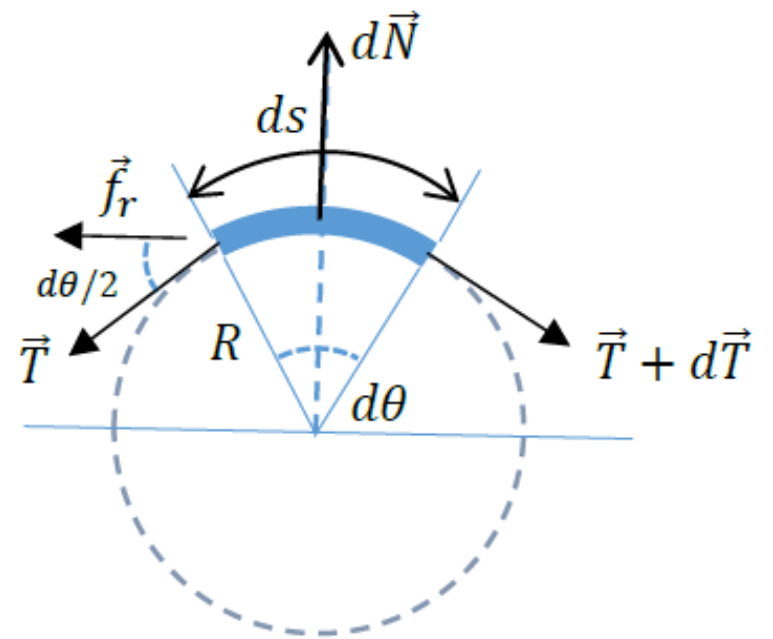
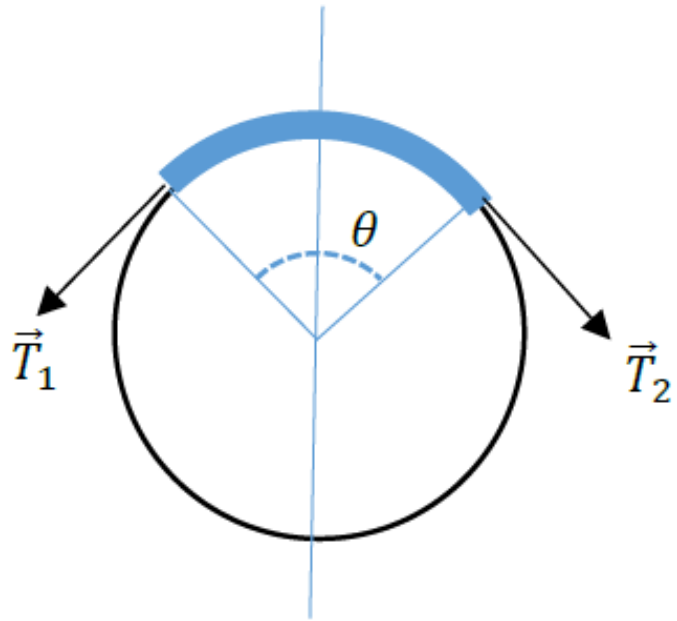


## Roce en cuerdas flexibles











De la condición de equilibrio,  $\vec{a} = \vec{0}$  obtenemos,

$$\sum \vec{F}_x = \vec{0} \quad (T + dT) \cos\left(\frac{d\theta}{2}\right) - T \cos\left(\frac{d\theta}{2}\right) - \mu dN = 0 \quad (3.1)$$

$$\sum \vec{F}_y = \vec{0} \quad dN - (T + dT) \sin\left(\frac{d\theta}{2}\right) - T \sin\left(\frac{d\theta}{2}\right) = 0 \quad (3.2)$$

Con  $d\theta \ll 1$ ,  $dT \ll T$ , haciendo  $\cos\frac{d\theta}{2} \approx 1$ ,  $\sin\frac{d\theta}{2} \approx \frac{d\theta}{2}$  y despreciando términos infinitesimales de segunda orden como  $d\theta dT$ , etc... obtenemos,

$$dT = \mu dN \quad (3.3)$$

$$dN = T d\theta \quad (3.4)$$

De estas ecuaciones obtenemos entonces la relación entre la tensión y el ángulo  $\theta$

$$\frac{dT}{T} = \mu d\theta. \quad (3.5)$$

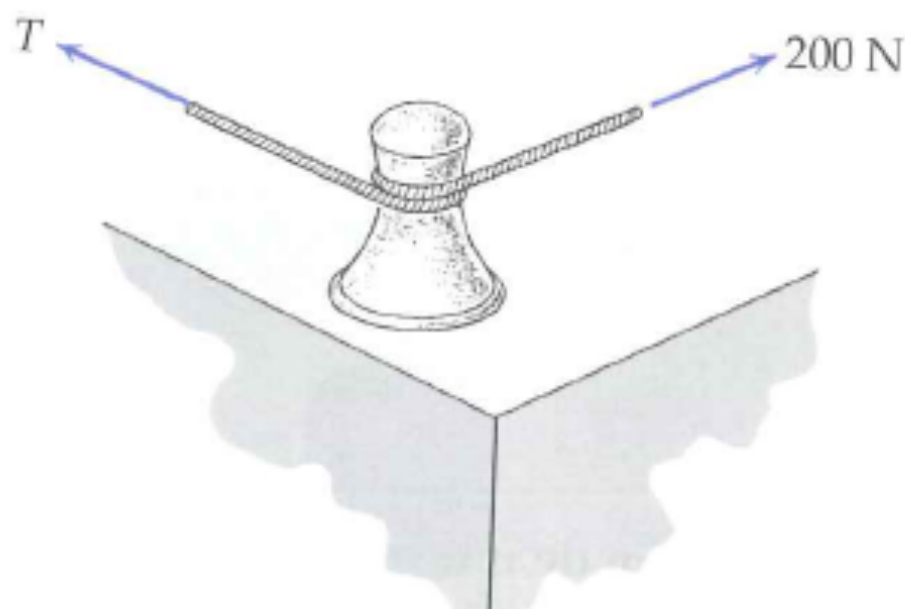
Integrando de  $T_1$  a  $T_2$  en  $T$  y de 0 a  $\beta$ ,

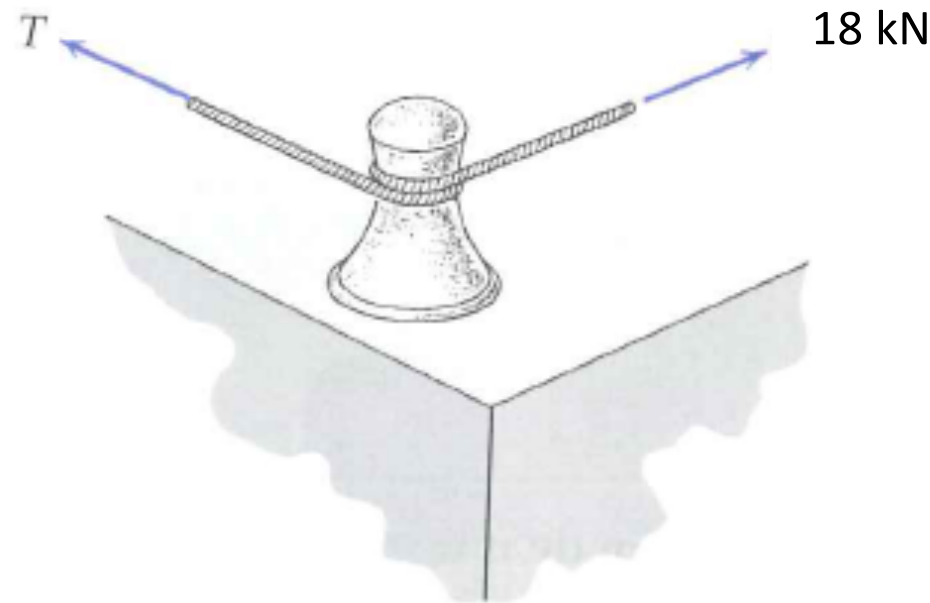
$$\int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = \mu \int_0^\beta d\theta. \quad (3.6)$$

obtenemos,

$$T_2 = T_1 e^{\mu\beta}. \quad (3.7)$$

**6.89** Para que una embarcación no corra a lo largo del muelle, un amarrador tensa el cabo de spring. Si ejerce una tracción de 200 N en el cabo, que da una vuelta y cuarto al noray, ¿qué fuerza  $T$  podrá aguantar el amarrador? El coeficiente de rozamiento entre la estacha y el noray de fundición vale 0,30.  
*Resp.*  $T = 2,11 \text{ kN}$





**6.90** El operario del problema 6.89 debe aguantar la tracción de  $18 \text{ kN}$  de la porción de estacha que va al barco. ¿Cuántas vueltas tendrá que darle al cabo en el noray si él ejerce una fuerza de  $240 \text{ N}$  en el extremo libre? El coeficiente de rozamiento entre la sogá y el noray es  $0,30$ .

**6.91** En las películas del Oeste vemos muchas veces que los cowboys atan el caballo como se muestra en la ilustración, dando descuidadamente dos o tres vueltas a las riendas en torno a un palo horizontal y dejan que cuelguen sin anudarlas. Si el trozo de rienda que cuelga suelto tiene una masa de  $0,060\text{ kg}$  y el número de vueltas es el que se muestra ¿qué tracción  $T$  tiene que ejercer el caballo en la dirección indicada para liberarse? El coeficiente de rozamiento entre las riendas y el palo de madera vale  $0,70$ .

