

Ejercicio propuesto del tema 14: Rodamientos

ENUNCIADO:

En la figura 1 se representan esquemáticamente la sección transversal de un vagón y la carga correspondiente a uno de sus ejes. Por un lado se tiene una carga vertical de 905kg correspondiente al peso; por otro lado, se tiene una carga horizontal de 270kg debido a la fuerza centrífuga, ya que el vagón está tomando una curva. De los dos raíles de la vía, se asume que la carga lateral de 270kg la absorbe totalmente el raíl exterior a la curva.

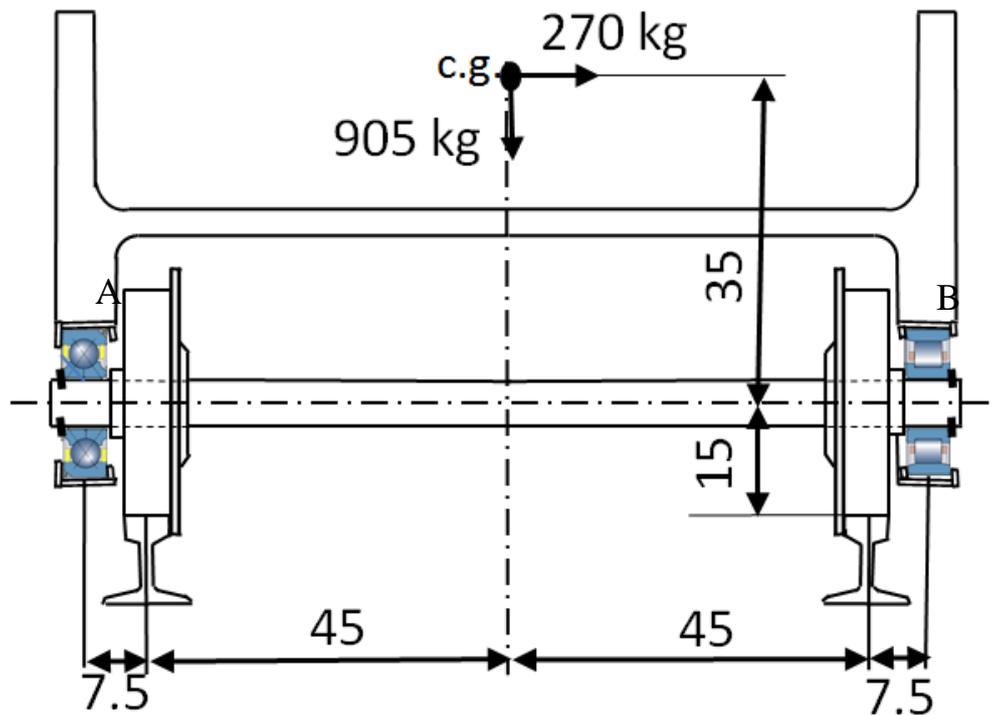


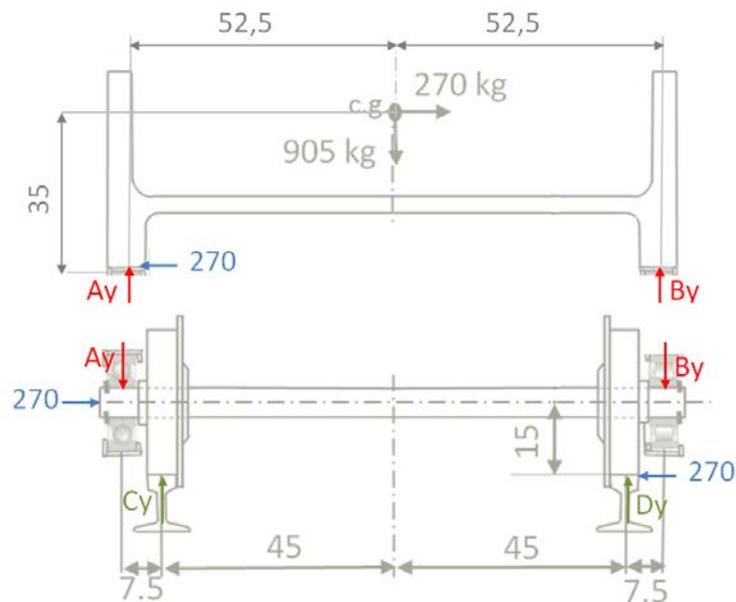
Figura 1. Esquema de la sección transversal de un vagón.

Se pide seleccionar los rodamientos A (de bolas de ranura profunda) y B (de rodillos cilíndricos), teniendo en cuenta que el eje tiene un diámetro constante en toda su longitud.

DATOS:

- Las dimensiones de la figura están en cm.
- Factor de aplicación para los rodamientos = 1,5 (sistema sometido a impactos moderados).
- $\omega_{\text{eje}} = 300 \text{ rpm}$
- Duración requerida de los rodamientos = 5000 horas.
- Fiabilidad de cada rodamiento = 95%
- Módulo de elasticidad del eje $E = 210 \text{ GPa}$.

SOLUCIÓN:



$$A_y + B_y = 905$$

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow 905 \cdot 52,5 + 270 \cdot 35 = B_y \cdot 105$$

$$A_y = 362,5 \text{ kg}$$

$$B_y = 542,5 \text{ kg}$$

$$C_y + B_y = 905$$

$$\Sigma M_C = 0 \rightarrow A_y \cdot 7,5 + D_y \cdot 90 = B_y \cdot 97,5 + 270 \cdot 15$$

$$C_y = 302,5 \text{ kg}$$

$$B_y = 602,5 \text{ kg}$$

Una vez conocidos los esfuerzos a soportar por los rodamientos, se procede a su cálculo:

RODAMIENTO A (bolas de ranura profunda)

Para el caso del Rodamiento A, se han hallado previamente las fuerzas que actúan en este punto:

$$F_{rA} = A_y = 362,5 \text{ kg}$$

$$F_{aA} = 270 \text{ kg}$$

En caso de que el rodamiento soporte una carga axial F_a y una carga radial F_r , se define una carga radial equivalente F_e . Esta carga radial equivalente F_e es totalmente equivalente

respecto a fatiga a la combinación F_r - F_a a la que está sometido el rodamiento, y se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$F = F_e = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a$, donde:

- $V=1$ (aro interior en rotación)
- $X = 0,56$
- $Y = 1,63$

Los valores de X y Y se obtienen de la Tabla 3 y para una primera estimación se eligen unos valores “medios” de la tabla.

$$F = F_e = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a = 0,56 \cdot 1 \cdot 362,5 + 1,63 \cdot 270 = 641,3 \text{ kg}$$

La fuerza equivalente se utiliza posteriormente para el cálculo de la capacidad dinámica C del rodamiento:

$C = FA \cdot F_e \cdot (L_{10})^{1/a}$, donde:

- FA =factor de aplicación obtenido de la Tabla 2. En este caso 1,5 debido a los impactos moderados a los que se somete.
- L_{10} es la vida del rodamiento para una fiabilidad del 90%.
- $a=3$, porque se trata de un rodamiento a bolas.

$$L = 5000 \text{ horas} \cdot \frac{60 \text{ min.}}{1 \text{ hora}} \cdot \frac{300 \text{ rev}}{1 \text{ min}} = 60 \cdot 10^6 \text{ rev} \quad (R = 0,95)$$

La duración L correspondiente a la fiabilidad $R=0,95$, se puede relacionar con la duración L_{10} correspondiente a la fiabilidad $R=0.9$ mediante la siguiente expresión para rodamientos de bolas:

$$L_{10} = \frac{L}{0.02 + 4.439 \cdot \left[\ln \left(\frac{1}{0.95} \right) \right]^{1.483}} = 145,38 \cdot 10^6 \text{ rev}$$

$$C = FA \cdot F_e \cdot (L_{10})^{1/a} = 1,5 \cdot 641,3 \cdot (145,38)^{1/3} = 49,71 \text{ kN.}$$

Una vez conocida la capacidad dinámica requerida para el rodamiento, se selecciona uno de mayor capacidad del catálogo.

El rodamiento seleccionado tiene las siguientes características:

- $C = 55,9 \text{ kN}$ (debe ser superior a los 49,71 kN calculados).
- $\varnothing_{\text{int}} = 65 \text{ mm}$.
- $C_0 = 34 \text{ kN}$ (capacidad de carga estática).

Con estos datos se rehacen los cálculos para verificar la elección:

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{270 \cdot 9,8 \text{ N}}{34000 \text{ N}} = 0,078$$

$$\frac{F_a}{V \cdot F_r} = \frac{270 \text{ kg}}{1 \cdot 362,5 \text{ kg}} = 0,745, \text{ de la tabla 3 se obtiene que } e \approx 0,275. \text{ Por lo tanto:}$$

- $X = 0,56$
- $Y = 1,59$

Se vuelve a calcular la fuerza equivalente F_e para los nuevos valores de X e Y:

$$F_e = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a = 0,56 \cdot 1 \cdot 362,5 + 1,59 \cdot 270 = 632,3 \text{ kg}, \text{ y la carga dinámica:}$$

$$C = F_a \cdot F_e \cdot (L_{10})^{1/a} = 1,5 \cdot 632,3 \cdot (145,38)^{1/3} = 4987,11 \text{ kg} = 48,87 \text{ kN}.$$

Se confirma que el rodamiento seleccionado es el correcto ya que la carga dinámica del mismo es superior a 48,87 kN.

a) RODAMIENTO B (de rodillos cilíndricos)

Este rodamiento únicamente soportará esfuerzos radiales, siendo $B_y = 542,5 \text{ kg} = F_c$ (ya que es la única fuerza).

$$C = F_a \cdot F_c \cdot (L_{10})^{1/a} = 1,5 \cdot 542,5 \cdot (145,38)^{3/10} = 3624,45 \text{ kg} = 35,51 \text{ kN}.$$

Donde $a = 10/3$ por tratarse de un rodamiento de rodillos cilíndricos.

El rodamiento seleccionado tiene las siguientes características:

- $C = 41,8 \text{ kN}$ (debe ser superior a los 35,51 kN calculados).
- $\varnothing_{\text{int}} = 40 \text{ mm}$.