Ejercicio propuesto del tema 13: Frenos

ENUNCIADO:

Un Toyota Corolla de 116 CV circula a 80 km/h con 4 ocupantes, con un peso total (automóvil + ocupantes) de 1450 kg. Los frenos del automóvil son de tambor, de tipo dúplex en las ruedas delanteras y de tipo simplex en las traseras. Según el fabricante de los frenos, el diámetro del tambor es 305 mm, el coeficiente de fricción zapata-tambor es 0,3, el ancho de la zapata es 40 mm y la presión máxima que puede soportar el forro de fricción es de 1 MPa. Las dimensiones de las zapatas son las mostradas en la figura 1a. Se sabe que al pisar a fondo el pedal de freno, a cada zapata le llega una fuerza de actuación F=2200 N (ver figura 1a). Las ruedas son 195/55R 16, cuyas dimensiones se muestran en la figura 1b.
Ante un obstáculo inesperado en la carretera, instintivamente el conductor pisa a fondo el pedal de freno. Para esta situación, se pide calcular:

a) El par de frenado desarrollado por los frenos del automóvil.

b) La distancia que recorre el automóvil hasta detenerse completamente. Para el cálculo, se asumirá que:

- el tiempo de reacción del conductor (tiempo que transcurre entre el instante en que el conductor ve el obstáculo y el instante en el que pisa el pedal de freno) es de 1 segundo.
- las ruedas no derrapan en ningún momento.
- la única acción que detiene el vehículo es la acción de los frenos (se desprecian la resistencia aerodinámica, la resistencia a la rodadura, la resistencia debida a cualquier posible pendiente en la carretera, etc.).

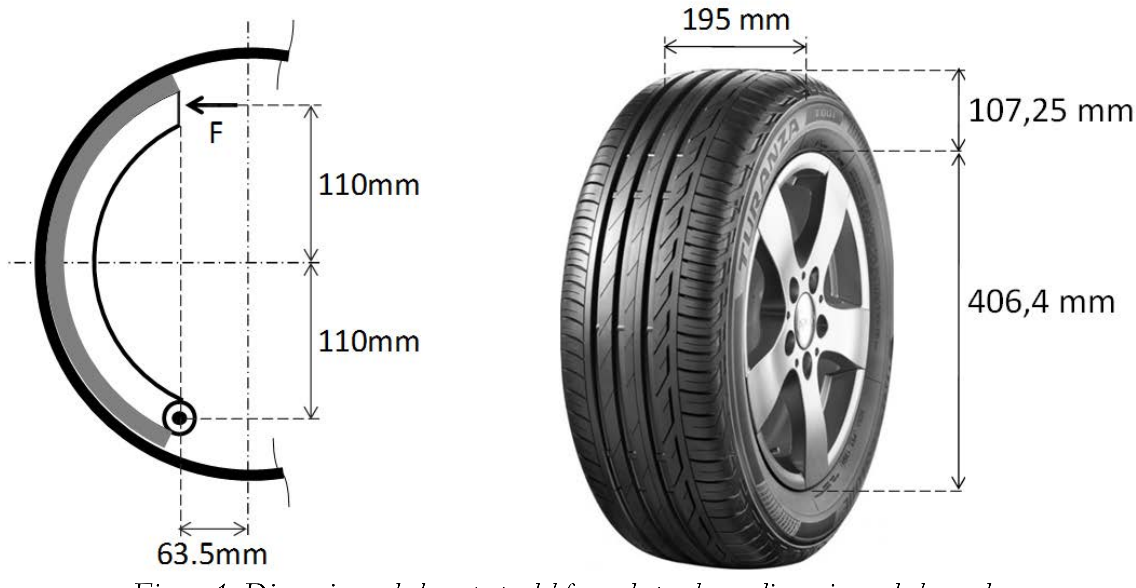
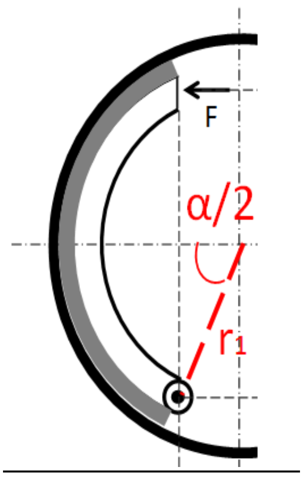


Figura 1. Dimensiones de la zapata del freno de tambor y dimensiones de la rueda.

SOLUCIÓN:

El par de frenado desarrollado por los frenos del automóvil:



V=80 km/h

m= 1450 kg

ø tambor = 305 mm

μ = 0,3

Pmax = 1 MPa

F = 2200 N ; b = 40 mm

ø rueda = 406,4 + (2x107,25)=620,9 mm= 0,621 m

R rueda= 0,621 / 2 = 0,31 m

$$r_1 = \sqrt{110^2 + 63{,}5^2} = 127{,}01 \text{ mm}$$

$$\tan\frac{\alpha}{2} = \frac{110\ mm}{63{,}5\ mm} \rightarrow \alpha = 120° = \frac{2\pi}{3}\ rad$$

Al plantear el equilibrio respecto a la articulación de la palanca, además del momento generado por la fuerza Fa, se observa que la fuerza normal (la resultante de todas las fuerzas diferenciales dN) crea un momento Mn y la fuerza de fricción (la resultante de todas las fuerzas diferenciales μdN) crea un momento Mf. Así, el equilibrio de momentos resultante es:

$$F_a \cdot a = M_n \pm M_f \rightarrow 2200 \cdot (110 + 110) = M_n \pm M_f \rightarrow$$
$$484000\ Nmm = M_n \pm M_f$$

Los momentos generados por la fuerza normal y de rozamiento, se pueden calcular mediante:

$$M_n = \frac{b \cdot r \cdot r_1 \cdot p_{max}}{4 \cdot (sin\varphi)_{max}} \cdot (2\alpha - sin2\varphi_2 + sin2\varphi_1)$$

$$M_f = \frac{\mu \cdot b \cdot r \cdot p_{max}}{4 \cdot (sin\varphi)_{max}} \cdot [r_1 \cdot (cos2\varphi_2 - cos2\varphi_1) - 4 \cdot r \cdot (cos\varphi_2 - cos\varphi_1)]$$

Los parámetros a introducir en la ecuación son conocidos:

b = 40 mm	R = 305/2 = 152,5 mm	r_1=127,01 mm
φ_1=0º	φ_2=120º	(sin φ)max = 1
μ = 0,3		

La única incógnita es P_{max}. El enunciado indica el límite superior " la presión máxima que puede soportar el forro de fricción es de 1 MPa". Este valor de Pmax variará si el freno es autoactuante o no, por lo que se procederá a realizar el cálculo de M_n y M_f en función de Pmax.

$M_n = 978991{,}4\ Pmax\ y\ M_f = 331458{,}78\ Pmax$

En el caso del autoactuante:

$$484000\ Nmm = M_n - M_f = 647532{,}6 \cdot Pmax \rightarrow Pmax = 0{,}7475\ MPa$$

Cuando se trata del no-autoactuante:

$$484000\ Nmm = M_n + M_f = 1.310.450{,}15 \cdot Pmax \rightarrow Pmax = 0{,}3693\ MPa$$

El valor del par de rozamiento Troz generado por cada zapata se calcula mediante:

$$T_{roz} = \frac{\mu \cdot b \cdot r^2 \cdot p_{max}}{(sin\varphi)_{max}} \cdot (cos\varphi_1 - cos\varphi_2)$$

Como se cuenta con zapatas autoactuantes y no autoactuantes, se procede a calcular el par de cada tipo de zapata en base a los distintos valores de P_{max} obtenidos previamente:

$$T_{roz\ (autoactuante)} = \frac{\mu \cdot b \cdot r^2 \cdot p_{\max(autoactuante)}}{(sin\varphi)_{max}} \cdot (cos\varphi_1 - cos\varphi_2) = 312.912{,}85\ Nmm$$

$$T_{roz\ (no-autoact.)} = \frac{\mu \cdot b \cdot r^2 \cdot p_{\max(no-autoact.)}}{(sin\varphi)_{max}} \cdot (cos\varphi_1 - cos\varphi_2) = 154.593{,}59\ Nmm$$

Troz TOTAL = (6 x Troz AUTOACTUANTE) + (2 x NO-AUTOACTUANTE) = 2186,6 Nm