UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA Y DISEÑO INDUSTRIAL

Apellidos .....
Nombre ..... Nº de Matrícula .....
Asignatura .....
Curso ..... Grupo ..... Plan ..... Fecha .....

**EXÁMEN FINAL ORDINARIO CURSO 2015-16**
**DEPARTAMENTO**: Ingeniería Mecánica, Química y Diseño Industrial
**ASIGNATURA**: **Diseño Mecánico – Grado Universitario en Ingeniería Mecánica**
**FECHA : 14 de enero de 2016, 10:00**

## CUESTIONES

a) (1,0 punto) Pretensado de una correa de transmisión trapecial.
Punto 2 "Tensión en los ramales", hasta la expresión 23.7, del documento de Moodle "Correas", (Tema 6.- Correas de transmisión), (página 482 hasta mitad de la página 483).

b) (1,0 punto) Curva característica de un resorte. Tipos.
Punto 2 "Curvas características", del documento de Moodle "apuntes orientativos sobre resortes" (Tema 3: Resortes), (parte final de la pág. 294 y principio de la página 295).

## PROBLEMA 1 (4,0 puntos )

Dado un cojinete completo atmosférico lubricado, con los siguientes datos:
Diámetro del eje, d = 59 mm., velocidad de giro, n = 1475 r.p.m., carga total radial sobre el cojinete, W = 11600 N, relación de aspecto, L/D = 1 y la temperatura ambiente, To, oscila entre -7ºC y 15ºC.
Datos del lubricante: densidad, $\gamma = 860$ Kg/m$^3$, capacidad calorífica, $C_H = 0{,}42$ Kcal/KgºC.
Calcular:
(0,5 puntos) Presión media por unidad de área proyectada.
(1 puntos) Número de Sommerfeld, para máxima capacidad de carga.
(0,5 puntos) Diámetro interior del cojinete, para el espesor mínimo de película según la fórmula de Niemann$h_o = 7{,}24*d^{0,14}$, (d es el diámetro del eje en milímetros).
(1 puntos) Temperatura media de funcionamiento del lubricante.
(1 puntos) Tipo del lubricante necesario, según la denominación SAE.

## SOLUCIÓN DEL PROBLEMA 1

**1) (0,5 puntos) Presión media por unidad de área proyectada.**
$p = W/2rL = 11600 / (59*59) = 3{,}33$ MPa
$D = 2r = 59$ mm, y $L = 1*D = 59$ mm

**2) (1 puntos) Número de Sommerfeld, para máxima capacidad de carga.**
En la figura de la página 3 del formulario 1-2 de examen, en intersección de la línea límite "Max W" de la zona sombreada con la línea para L/D = 1, tomamos:
**S = 0,21** , con $h_o/c =$ 0,53 ; $\varepsilon = e/c = 0{,}47$

**3) (0,5 puntos) Diámetro del cojinete, para el espesor mínimo de película según la fórmula de Niemannho= $7{,}24*d^{0,14}$, (d es el diámetro del eje en milímetros).**
Según Niemann$h_o = 7{,}24*d^{0,14} = 7{,}24*59^{0,14} = 12{,}81$ μm
Tomamos:
ho = 13 μm
c = ho / 0,53 = 24,53 μm

Notas aclaratorias:
1. El examen comenzará necesariamente en esta hoja.
2. El alumno firmará obligatoriamente la última página al final del examen.
3. La calificación de cada pregunta es la que aparece junto a cada una.
4. La duración total será de 90 minutos.

Adoptamos :
c = 25 micras
ho = 13,25 micras
**Dcojinete = D + 2*c = 59,050 mm**

**4) (1 puntos) Temperatura media de funcionamiento del lubricante.**
Para cojinete atmosférico completo:

$$T_{med} = T_0 + \frac{4\pi p}{C_H \gamma J} \frac{f\left(\frac{r}{c}\right)}{\left(\frac{Q}{nrLc}\right)\left(\frac{Q_S}{Q}\right)} = To + \frac{4\pi 3{,}33 * 10^6}{0{,}42 * 860 * 4{,}18 * 10^3} \frac{4{,}75}{4{,}1 * 0{,}56} = To + 57{,}4^{\circ} C$$

En las figuras de las páginas 4 y 5 del formulario, para S = 0,21 y L/D = 1, se ha tomado:
f r / c = 4,75
Q / nrLc = 4,1
Qs / Q = 0,56

**Para $T_o$ = -7 ºC, resulta $T_{med}$ = 50,4 ºC**
**Para $T_o$ = 15 ºC, resulta $T_{med}$ = 72,4 ºC**

**5) (1,0 puntos) Tipo del lubricante necesario, según la denominación SAE.**
A partir del número de Sommerfeld, calculamos la viscosidad del lubricante:

$$S = \left(\frac{r}{c}\right)^2 \left(\frac{\mu \cdot n}{p}\right)$$

n = 1475 / 60 = 24,58 r.p.s.
r = 29,5 mm.
c = 0,025 mm.
p = 3,33*$10^6$ Pa.

**μ = 0,0204 Pa.s**

En la gráfica de la página 7 del formulario 1-2 de examen:
Para $T_o$ = -7 ºC, $T_{med}$ = 50,4 ºC y μ = 20,4 mPa.s, El lubricante necesario es un SAE-10
Para $T_o$ = 15 ºC, $T_{med}$ = 72,4 ºC y μ = 20,4 mPa.s, El lubricante necesario es un SAE-40

**Por tanto, se necesita un lubricante mezcla SAE-10W40**

**PROBLEMA 2 (4,0 puntos )**

En la Figura 1 se muestra la suspensión trasera de un automóvil, que está formada por dos ballestas transversales. Cada una de ellas consta de una lámina principal más 6 láminas adicionales, todas ellas de 9 x 70 mm de sección. La longitud de cada ballesta es de 1250 mm. y la carga estática total del vehículo en el eje trasero es de 11 kN. Determinar:

1. (1 punto) Fuerza dinámica (alternante) máxima total que puede soportar la suspensión, si el límite de rotura del material es de 900 MPa y el de fatiga es de 360 MPa? (Aplíquese el criterio de Goodmann, con un coeficiente de seguridad de 1,25).
2. (1 punto) Rigidez de la suspensión y contraflecha necesaria en cada ballesta.
3. (0,5 puntos) Si las láminas de una de las ballestas se sustituyen por láminas de 7x70 mm de sección, ¿Cuál es la rigidez resultante en la suspensión?
4. (1,5 puntos) Si las condiciones de carga siguen siendo las calculadas en el apartado 1.), en el caso del apartado 3.), cuál es el coeficiente de seguridad en la ballesta más cargada.

Datos: E = 207 GPa.

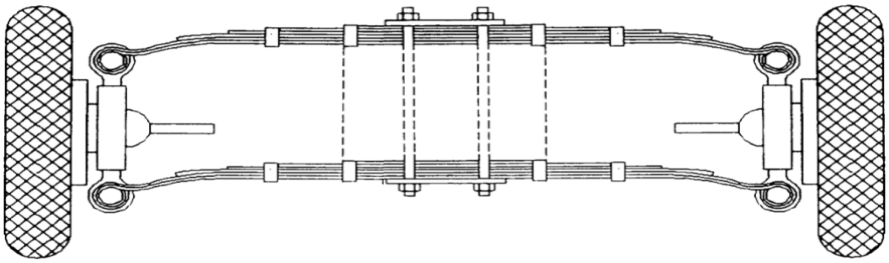

**Figura 1.- Suspensión trasera de un vehículo**

**SOLUCIÓN DEL PROBLEMA 2**

**1. (1 punto) Fuerza dinámica (alternante) máxima total que puede soportar la suspensión, si el límite de rotura del material es de 900 MPa y el de fatiga es de 360 MPa? (Aplíquese el criterio de Goodmann, con un coeficiente de seguridad de 1,25).**

Al tratarse de dos ballestas iguales, se considera que las cargas totales sobre la suspensión se reparten de forma simétrica, por igual, entre ambas ballestas.

La expresión para la tensión máxima de trabajo en una ballesta es:

$$\sigma_t = \frac{3(P_m + P_a)L}{2bh^2 n_0} = \frac{3P_m L}{2bh^2 n_0} + \frac{3P_a L}{2bh^2 n_0} = \sigma_m + \sigma_a$$

Aplicaremos el criterio de Goodmann, a una de las ballestas:

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_R} + \frac{\sigma_a}{\sigma_f} \leq \frac{1}{Cs}$$

Siendo $P_m$ = 11000 / 2 = 5500 N.

Sustituyendo y despejando:

$$P_{a,max} = \sigma_f \left( \frac{2bh^2 n_0}{3LCs} - \frac{P_m}{\sigma_R} \right) = 3896\ N$$

Esta $P_{a,max}$ obtenida, es la carga alternante máxima en una de las ballestas, por tanto la **carga dinámica (alternante) máxima total que puede soportar la suspensión es**:

**$P_{a,max,susp}$ = 7792 N**

**2. (1 punto) Rigidez de la suspensión y contraflecha necesaria en cada ballesta.**

Siguiendo el razonamiento del apartado anterior, la fuerza máxima total en cada ballesta es:

$$P_{max} = P_m + P_{a,max} = 5500 + 3896 = 9396\ N$$

$$\boldsymbol{Contraflecha = f = \frac{P_{max} L^3}{32 E I n_0} = 93\ mm}$$

$I = bh^3/12 = 4252{,}5\ mm^4$

La rigidez de cada ballesta queda:

$$K = \frac{P_{max}}{f} = \frac{32 E I n_0}{L^3} = 100{,}956\ N/mm$$

**La rigidez de la suspensión, dado que consta de dos ballestas en paralelo es:**

$$\boldsymbol{K_{susp} = 2K = 201{,}912\ N/mm}$$

**3. (0,5 puntos) Si las láminas de una de las ballestas se sustituyen por láminas de 7x70 mm de sección, ¿Cuál es la rigidez resultante en la suspensión?**

La rigidez de una de las ballestas ya la conocemos, $K_1$ = 100,956 N/mm.
Calcularemos la rigidez de la nueva ballesta:

$$K = \frac{P_{max}}{f} = \frac{32 E I n_0}{L^3} = 47{,}501\ N/mm$$

$I = bh^3/12 = 70*7^3/12 = 2000\ mm^4$

**La rigidez de la suspensión, en este caso queda:**

$$\boldsymbol{K'_{susp} = K_1 + K_2 = 148{,}457\ N/mm}$$

**4. (1,5 puntos) Si las condiciones de carga siguen siendo las calculadas en el apartado 1.), en el caso del apartado 3.), cuál es el coeficiente de seguridad en la ballesta más cargada.**

La ballesta más cargada será la más rígida. Dado que se trata de resortes en paralelo, se cumple que la deformación de la suspensión será la misma en cada ballesta:

$$\boldsymbol{f_{total} = f_1 = f_2}$$

$$\boldsymbol{\frac{P_{total}}{K_{total}} = \frac{P_1}{K_1} = \frac{P_2}{K_2}}$$

Por tanto, considerando que la ballesta más rígida es la 1, la carga que absorbe se puede calcular:

$$\boldsymbol{P_1 = K_1 \frac{P_{total}}{K_{total}} = 100{,}956 \frac{P_{total}}{148{,}457}}$$

El estado de carga total en la suspensión es la calculada en el apartado 1.), por tanto:

$$\boldsymbol{P_{1,m} = 100{,}956 \frac{11000}{148{,}457} = 7480\ N}$$

$$\boldsymbol{P_{1,a} = 100{,}956 \frac{7792}{148{,}457} = 5299\ N}$$

Entrando en el criterio de Goodmann para esta ballesta:

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_R} + \frac{\sigma_a}{\sigma_f} \leq \frac{1}{Cs}$$

$$\sigma_m = \frac{3 P_m L}{2 b h^2 n_0} = 353\ MPa$$

$$\sigma_a = \frac{3 P_a L}{2 b h^2 n_0} = 250\ MPa$$

**El coeficiente de seguridad en tal caso queda: Cs = 0,92**