

## ME56A – Diseño de Elementos de Máquinas

Prof. Roberto Corvalán P.

Semestre Otoño 2005

Ayudantes: Darren Ledermann M.

Felipe Figueroa G.

Fecha: 11 de Mayo, 2005

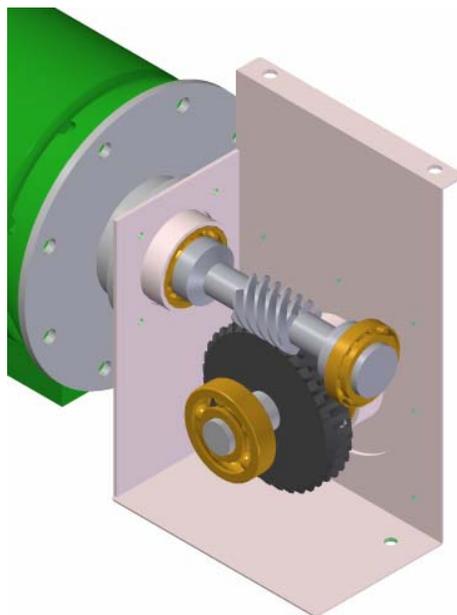


Departamento de Ingeniería Civil Mecánica  
Universidad de Chile

### EJERCICIO N°4

**P1)** El sistema de la figura corresponde a los ejes cruzados que se encuentran en el interior de un moto-reductor con ángulo de salida de  $90^\circ$  con respecto al eje de entrada. El sistema está diseñado para entregar a la salida una potencia lo más cercana a 5 [HP] y 120 [RPM] posible. Para esto se selecciona un motor de 4 [kW] que gira a 705 [RPM] y se elige un sistema reductor de tipo sinfín-corona. La eficiencia de este tipo de transmisión es de 89.5% y la velocidad de rotación a la salida es de 120.9 [RPM]. Por efectos de la transmisión, en el eje de entrada actúa una fuerza axial de 3234.2 [N] y una fuerza radial de 1215.3 [N], mientras que sobre el eje de salida actúa una fuerza radial de igual magnitud y una fuerza axial de 2167 [N]. Suponga que las cargas radiales actúan en los centros de los ejes y considere una separación entre apoyos de 250 [mm] y de 150 [mm] para el eje de salida.

- Determine la potencia disponible a la salida del reductor, en [HP]. Obtenga los DCL, diagramas de momento y explicita el momento flector máximo y la torsión máxima que actúan sobre ambos ejes. Diseñe y dimensione los diámetros mínimos de los ejes de entrada y salida, donde estarán instalados los engranajes de la transmisión (Nota: no considere efectos de fatiga). (2 pts)
- Seleccione los rodamientos apropiados para el montaje del sistema. Considere que el equipo será utilizado de manera continua durante el día en operaciones de trabajo pesado, con un gran interés por la confiabilidad del sistema. ¿Por qué cree que el rodamiento seleccionado por usted es el mejor disponible para la aplicación? (4 pts)



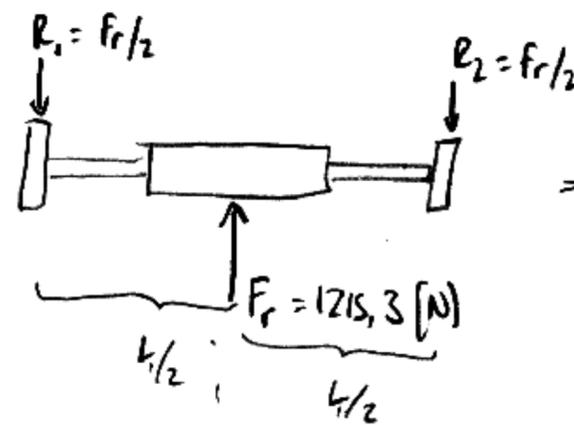
2) Se tiene que  $1 \text{ [HP]} = 746 \text{ [W]} \Rightarrow 4 \text{ [kW]} = 5,362 \text{ [HP]}$

Dado que la eficiencia de la transmisión es de  $89,5\% \Rightarrow P_{out} = \eta P_{in}$

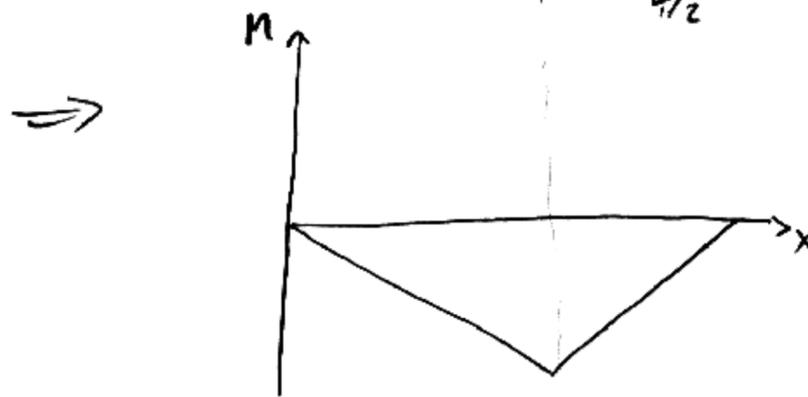
$\Rightarrow P_{out} = 0,895 \cdot 5,362 \text{ [HP]} \Rightarrow P_{out} = 4,799 \text{ [HP]}$

Para obtener las DCL, sólo se considerarán las fuerzas radiales que actúan sobre los ejes y no se tomarán en cuenta los axiales (esto es una simplificación del problema para poder avanzar en el ejercicio con mayor rapidez). Las DCL son idénticas para ambos ejes, SALVO por la dirección de las fuerzas, pues son reacciones internas.

$\Rightarrow$  DCL Tornillo sin fin



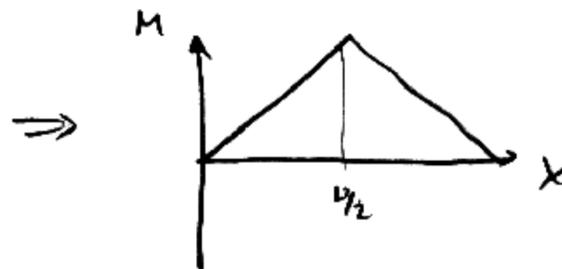
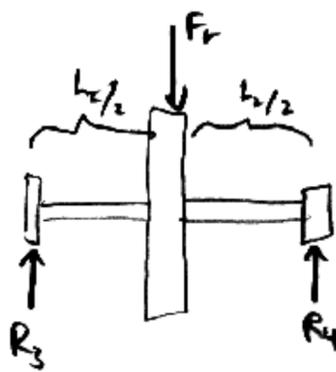
$\Rightarrow$  Suponiendo por simplicidad apoyos simples



$M_{max1} = \frac{Fr \cdot \frac{L}{2}}{2} = \frac{Fr \cdot L}{4}$

$\Rightarrow M_{max1} = 75,956 \text{ [Nm]}$

DCL Corras



$\Rightarrow M_{max2} = 45,579 \text{ [Nm]}$

Torsión máxima:

$P = \tau \omega$  Eje 1:  $P_1 = 4 \text{ (kW)}$   
 $\omega_1 = 705 \text{ (RPM)} = 73,827 \text{ (rad/s)}$

$\Rightarrow \tau_1 = 54,181 \text{ (Nm)}$

$P_2 = 3,58 \text{ (kW)}$   
 $\omega_2 = 120,9 \text{ (RPM)} = 12,662 \text{ (rad/s)}$

$\Rightarrow \tau_2 = 282,758 \text{ (Nm)}$

$\Rightarrow$  Suponiendo el uso de un acero SAE 1018 ( $S_y = 220 \text{ MPa}$ ) y  $n = 2$

$\Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{32n}{\pi S_y} \sqrt{M^2 + T^2}} \Rightarrow \begin{cases} d_1 = 20,52 \text{ (mm)} \\ d_2 = 29,82 \text{ (mm)} \end{cases}$

b) Selección de rodamientos: debido a la especificación de uso, se asume una vida en horas de al menos 100000 (hrs).

De acuerdo con la ecuación principal,

$$L_h = \frac{100000}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

$$p = 3 \quad \text{pl rodamientos de bolas}$$

$$10/3 \quad \text{pl rodamientos de rodillos}$$

Se observa del enunciado que las fuerzas axiales son muy superiores a las radiales. Si se asume la simplificación de cálculo que las fuerzas axial estarán soportadas por igual por ambos rodamientos en cada eje, se tiene que cada rodamiento deberá soportar las siguientes sollicitaciones:

Eje 1  $F_{r1} = 1215,3 \text{ (N)} / 2 \Rightarrow F_{r2} = 607,65 \text{ (N)}$   
 $F_{ax1} = 3234,2 \text{ (N)} / 2 \Rightarrow F_{ax2} = 1617,1 \text{ (N)}$

Eje 2  $F_{r2} = F_{r1} = 607,65 \text{ (N)} = F_{r2}$   
 $F_{ax2} = \frac{2167 \text{ (N)}}{2} = 1083,5 \text{ (N)} = F_{ax2}$

$F_{ax1} > F_{r1}$

$\Rightarrow$  conviene usar rodamientos axiales, ie. DE RODILLOS CÓNICOS

Del catálogo, es posible observar que no existen rodamientos de las medidas antes obtenidas  $\Rightarrow$  se agranda el eje para colocar los rodamientos de medidas dimensionalmente superior.

$\Rightarrow$   $d_{in} = 25 \text{ (mm)}$ . Recordemos que en el catálogo, las fuerzas están expresadas en (kg)

$\Rightarrow F \text{ (kg)} = F \text{ (N)} / 9,8 \text{ (N/kg)} \Rightarrow$

$F_{r1} = F_{r2} = 62,001 \text{ (kg)}$   
 $F_{ax1} = 165,01 \text{ (kg)}$   
 $F_{ax2} = 110,56 \text{ (kg)}$

Por el eje 1 1º opción: 32005 x

$\frac{F_2}{F_1} = 2,66141 > e = 0,43 \Rightarrow X = 0,4 \Rightarrow P = 0,4 \cdot 62,001 + 1,4 \cdot 165,01$   
 $Y = 1,4$   
 $\Rightarrow P_1 = 255,8144 \text{ (kg)}$

$\Rightarrow C = 2360 \text{ (kg)} \Rightarrow \frac{C}{P} = 9,22544 \Rightarrow$  rodamiento de rodillos  $\Rightarrow p = 10/3$

Se debe verificar que

$$100000 \leq \frac{1000000}{60 \cdot 705} (9,22544)^{10/3} \Rightarrow 100000 \leq 38929 \Rightarrow \text{NO SE CUMPLE}$$

⇒ Se repite el proceso suponiendo rodamientos más grandes CON EL MISMO DIÁMETRO INTERIOR.

Por ejemplo, si se toma el mayor de la serie, el SKF 32305, tiene un  $L_h = 182099 \Rightarrow$  cumple  $\checkmark$ .

El procedimiento es similar a este pero el segundo eje, salvo por el valor de  $F_{ax2} < F_{ax1}$ .

SI NINGÚN RODAMIENTO DE LA SERIE CUMPLE con  $L_h \geq 100000$ , entonces se debe agrandar el eje en la zona de montaje de los rodamientos (p.ej. al doble de  $\phi$ ) y considerar rodamientos compatibles con ese tamaño.

Es el rodamiento seleccionado el óptimo?

Si  $L_h > 100000$  horas, valor cercano a 100000 ⇒ SI  
 $L_h \gg 100000$  horas, es adecuado, pero posiblemente haya alguno más pequeño (⇒ más barato) que cumpla los requerimientos

Si considero rodamientos de bolas, la respuesta es NO puesto que los cálculos están pensados para este tipo de aplicaciones en que  $F_{ax} > F_r$  //