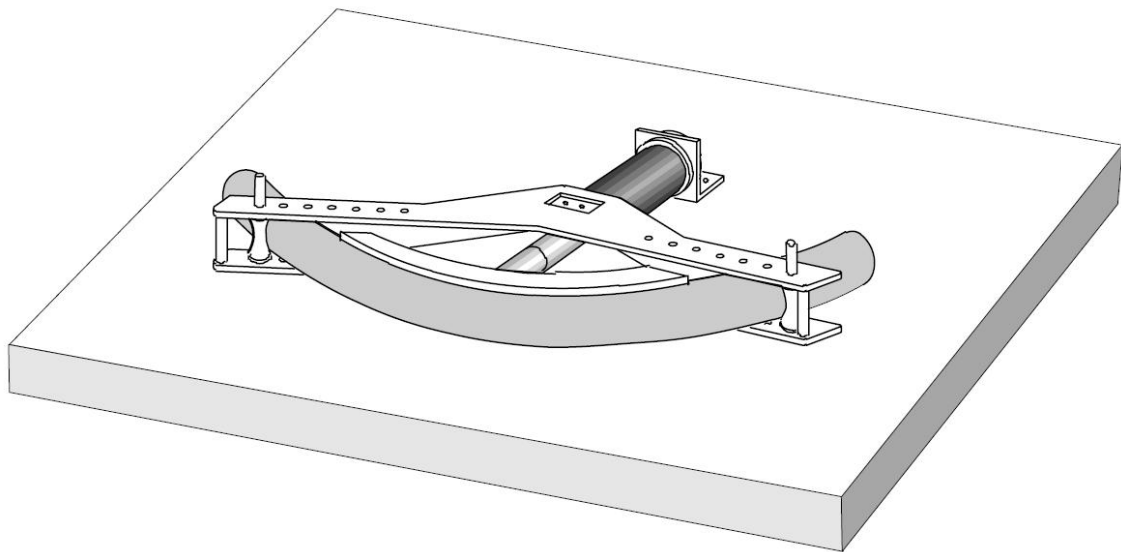


PRÁCTICA 3: SELECCIÓN DE UNA BOMBA HIDRÁULICA

Máquina dobladora de tubos

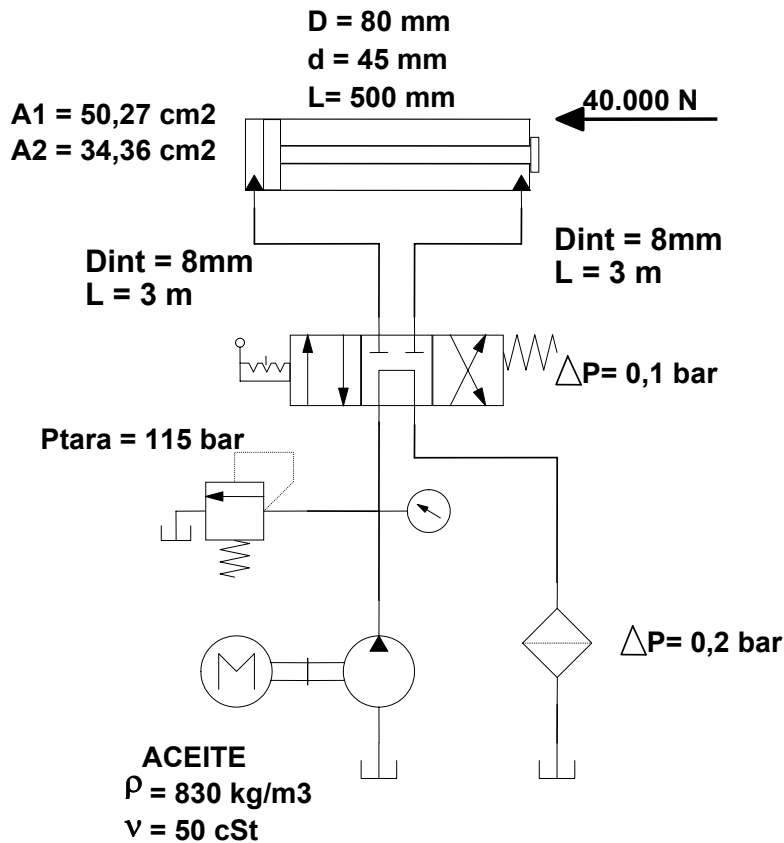
Una máquina dobladora de tubos utiliza un cilindro hidráulico para doblar tubos de acero de grosor considerable. La fuerza necesaria para doblar los tubos es de aproximadamente 40.000 N en los 500 mm en los que el cilindro desplaza la matriz curva.



Se pide **seleccionar la bomba** del grupo hidráulico si se requiere que el movimiento de salida se realice en 10 s. Los datos del cilindro están indicados en el esquema hidráulico. Las pérdidas de carga en el filtro de retorno son de 0,2 bar. Las pérdidas de carga en la válvula distribuidora son de 0,1 bar. **¿De qué potencia debe ser el motor de accionamiento de la bomba?**

Circuito Hidráulico

El esquema del circuito hidráulico de la máquina dobladora de tubos es el siguiente:



Paso 1: Calcular el caudal que tiene que proporcionar la bomba para que el movimiento de salida del vástago se complete en 10 segundos.

Lo primero es calcular la velocidad media en el desplazamiento de salida del vástago que es la que consume mayor caudal porque el área es mayor. Seguidamente se calcula el caudal.

$$v = \frac{L}{t} = \frac{0,5\text{ m}}{10\text{ s}} = 0,05 \text{ m/s} = 5 \text{ cm/s}$$

$$Q_1 = v \cdot A_1 = 0,05 \cdot 50,27 \cdot 10^{-4} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 15 \text{ l/min}$$

Paso 2: Despreciando las pérdidas de carga, calcular la presión a la que trabaja la bomba durante el doblado del tubo.

Sin tener en cuenta las pérdidas de carga la presión en el lado del émbolo sería:

$$p_1 = \frac{F}{A_1} = \frac{40000 \text{ N}}{50,27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 79,6 \text{ bar}$$

La presión con la que trabaja la bomba sería la misma: 79,6 bar..

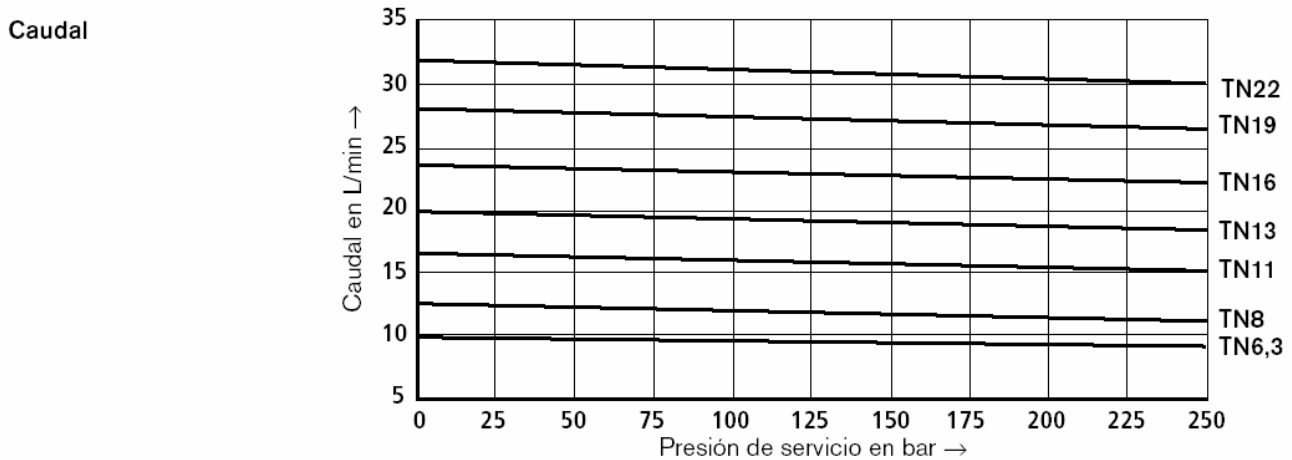
Paso 3: Con los datos recién obtenidos hacer una preselección de la bomba de entre las que incluye el catálogo.

Con esos datos se puede acudir al catálogo de bombas y hacer una primera preselección de la bomba.

Tamaño constructivo			TC2						
Tamaño nominal	TN		6,3	8	11	13	16	19	22
Masa ⁴⁾	<i>m</i>	kg	2,1	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,1
Rango de revoluciones ¹⁾	<i>n_{min}</i>	min ⁻¹	600						600
	<i>n_{max}</i>	min ⁻¹	3600						3000
Cilindrada	<i>V</i>	cm ³	6,5	8,2	11	13,3	16	18,9	22
Caudal ²⁾	<i>q_v</i>	L/min	9,4	11,9	16	19,3	23,2	27,4	31,9
Presión de servicio, absoluta			0,6 hasta 3						
– Entrada	<i>p</i>	bar	0,6 hasta 3						
– Salida, continua	<i>p_{max}</i>	bar	210	210	210	210	210	210	180
– Salida, intermitente ³⁾	<i>p_{max}</i>	bar	250	250	250	250	250	250	210
Potencia de accionamiento mín. requerida para Δ <i>p</i> = 0 bar		kW	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1,1	1,1

La bomba de tamaño nominal 11 produce 16 l/min a 10 bar de presión. Si se consulta la curva característica.

Valores medios de las curvas del TC 2 (medidos para $n = 1450 \text{ min}^{-1}$; $v = 46 \text{ mm}^2/\text{s}$ y $\vartheta = 40 \text{ }^\circ\text{C}$)



El caudal que suministra la bomba a 80 bar es de 15,5 l/min aproximadamente.

Paso 4: Calcular las pérdidas de carga que se producen en el circuito con la bomba elegida. Recalcular la presión con la que trabaja la bomba. Con esta presión ¿qué caudal proporcionaría la bomba?

Se va a hacer ahora el cálculo de las pérdidas de carga en el movimiento de salida del vástago. Lo primero es calcular el caudal Q_2 .

$$Q_1 = v \cdot A_1$$

$$v = \frac{Q_1}{A_1} = \frac{Q_2}{A_2}$$

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{A_2}{A_1}$$

$$Q_2 = 15,5 \text{ l/min} \cdot \frac{34,36}{50,27} = 10,6 \text{ l/min}$$

Sabiendo el caudal podemos saber la velocidad por el interior de las tuberías.

$$v = \frac{Q_2}{A_{\text{tub}}}$$

$$v = \frac{4 \cdot Q_2}{\pi \cdot d_{\text{tub}}^2}$$

$$v = \frac{4 \cdot 10,6 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,008^2 \cdot 60} = 3,5 \text{ m/s}$$

Se puede calcular ahora el nº de Reynolds y el coeficiente de frotamiento en la tubería f .

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{3,5 \cdot 0,008}{50 \cdot 10^{-6}} = 562$$

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{562} = 0,1139$$

Se dispone de todos los datos para el cálculo de la pérdida de carga en la tubería.

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} = 0,1139 \cdot \frac{3}{0,008} \cdot 830 \cdot \frac{3,5^2}{2} = 217080 \text{ Pa} = 2,2 \text{ bar}$$

*Si se suman las pérdidas de carga en el filtro de retorno y en la válvula distribuidora la presión en el lado del vástago del cilindro será de **2,5 bar**.*

Si se hace el equilibrio de fuerzas en el cilindro.

$$p_1 \cdot A_1 = F + p_2 \cdot A_2$$

$$p_1 = \frac{F}{A_1} + p_2 \cdot \frac{A_2}{A_1}$$

$$p_1 = \frac{40000}{50,27 \cdot 10^{-4}} \cdot 10^{-5} + 2,5 \cdot \frac{34,36}{50,27} = 81,28 \text{ bar}$$

Se sigue el mismo procedimiento para el cálculo de las pérdidas de carga en el lado del émbolo.

$$v = \frac{Q_1}{A_{\text{tub}}}$$

$$v = \frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot d_{\text{tub}}^2}$$

$$v = \frac{4 \cdot 15,5 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,008^2 \cdot 60} = 5,14 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{5,1 \cdot 0,008}{50 \cdot 10^{-6}} = 822$$

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{822} = 0,0778$$

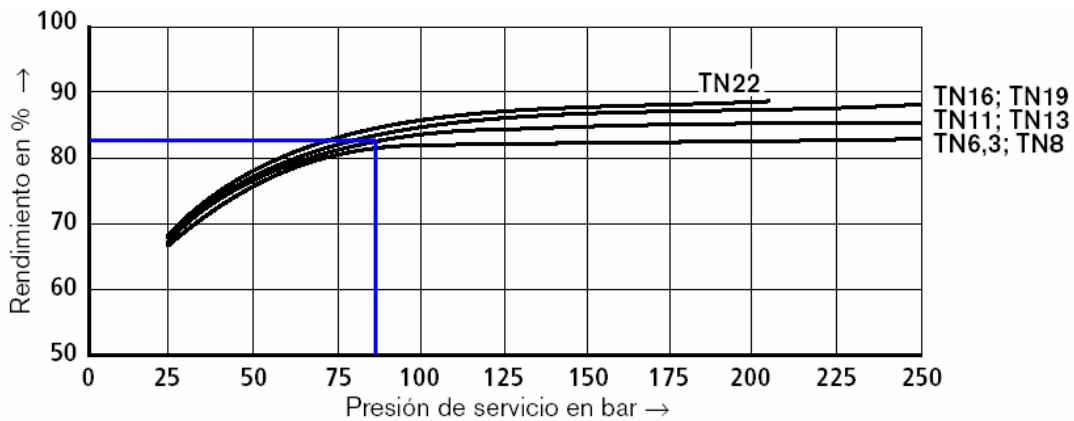
$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} = 0,0778 \cdot \frac{3}{0,008} \cdot 830 \cdot \frac{5,1^2}{2} = 315042 \text{ Pa} = 3,15 \text{ bar}$$

Si se le añaden las pérdidas de carga debidas a la válvula distribuidora y a la tubería la presión en la bomba será de 81,28 bar + 3,15 bar + 0,1 bar = 84,53 bar. Se observa en la curva característica de la bomba que apenas se puede apreciar cambio en el caudal.

Paso 5: Calcular la potencia que debe tener el motor eléctrico que accione la bomba a partir de las curvas que se presentan en el catálogo.

La potencia consumida se puede obtener calculando la potencia proporcionada por la bomba y dividiéndola por el rendimiento que obtenido mediante el catálogo.

$$P = \frac{p \cdot Q}{\eta} = \frac{84,53 \cdot 10^5 \cdot 15,5 \cdot 10^{-3}}{60 \cdot \eta} = \frac{2184}{\eta}$$



En la curva se puede ver que la bomba TN11 tiene, a una presión de trabajo de 85 bar, un rendimiento cercano al 83%. Por tanto,

$$P = \frac{2184}{0,83} = 2631W$$

Otra forma de obtenerla es directamente de la gráfica "Potencia de accionamiento" del catálogo entrando con la presión de trabajo de la bomba. El cálculo es mucho más rápido pero menos preciso.

