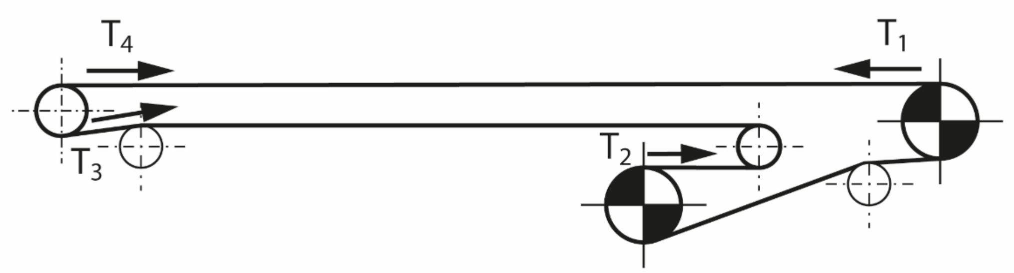
EJERCICIO SOBRE CINTAS TRANSPORTADORAS

1. Determina las tensiones principales que se producen en los tambores de cabeza y cola de una cinta transportadora con accionamiento por dos tambores motrices en cabeza (ver esquema adjunto). Sabiendo que la longitud de la cinta debe ser de 600 metros, sin desnivel, una anchura de banda de 1200 mm, un arco de abrazado (α_1) de 180º y un coeficiente de fricción (μ_1) igual a 0.25 (tambor 1), un arco de abrazado (α_2) de 210º y un coeficiente de fricción (μ_2) igual a 0.25 (tambor 2). La capacidad de la cinta será de 1750 t/h y su velocidad de 5.20 m/s. Además, se facilitan los datos siguientes:

Valores de los pesos por unidad de longitud de banda:

- Peso de la banda por unidad de longitud de banda, m'_G = 30 kg/m.
- Peso de los rodamientos por unidad de longitud de banda del ramal superior m'_{RO} = 26.7 kg/m (separación entre rodillos 1 m).
- Peso de los rodamientos por unidad de longitud de banda del ramal inferior m'_{RU} = 10.3 kg/m (separación entre rodillos 2 m).
- Factor de fricción, f = 0.020 (condiciones de trabajo normales)

Caso 2. Esquema de accionamiento por dos tambores motrices en cabeza



Solución:

1. Determinación del peso de la carga por unidad de longitud de cinta, m'_L.

El valor del peso de la carga de mineral por unidad de longitud de cinta, m'_L, se obtiene a través de la siguiente expresión:

$$m'_L = \frac{Q_m\ (t/h)}{3.6 \times v\ (m/s)} = \frac{1750\ (t/h)}{3.6 \times 5.20\ (m/s)} = 93.48\ kg/m \qquad (1)$$

2. Determinación de la resistencia al movimiento del ramal superior, F_S.

Para obtener el valor de esta resistencia se emplea la siguiente expresión:

$$F_S = C \times f \times L \times g \times \left[m'_L + m'_G + m'_{Ro} \right] \quad (2)$$

Para el valor del coeficiente C, se obtiene un valor de 1.17, según la tabla siguiente:

Valor del coeficiente C

L (m)	3	4	5	6	8	10	13	16	20
C	9.0	7.6	6.6	5.9	5.1	4.5	4.0	3.6	3.0
L (m)	25	32	40	50	63	80	90	100	120
C	2.9	2.6	2.4	2.2	2.0	1.92	1.86	1.78	1.70
L (m)	140	160	180	200	250	300	350	400	450
C	1.63	1.56	1.50	1.45	1.38	1.31	1.27	1.25	1.20
L (m)	500	550	600	700	800	900	1000	1500	2000
C	1.20	1.18	1.17	1.14	1.12	1.10	1.09	1.06	1.00

(Tomado de DUNLOP (1994), pág. 54)

Por lo que sustituyendo las variables de la ecuación anterior por sus valores correspondientes se tiene un valor de la resistencia F_S de:

$$F_S = 1.17 \times 0.020 \times 600 \times 9.81 \times [93.48 + 30 + 26.7] = 20684.65 \text{ N} \quad (3)$$

3. <u>Determinación de la resistencia al movimiento del ramal inferior</u>, F_I.

Para obtener el valor de esta resistencia se emplea la siguiente expresión:

$$F_I = C \times f \times L \times g \times \left[m'_G + m'_{Ru} \right] \quad (4)$$

Por lo que sustituyendo las variables de la ecuación anterior por sus valores correspondientes se tiene un valor de la resistencia F_I de:

$$F_I = 1.17 \times 0.020 \times 600 \times 9.81 \times [30 + 10.3] = 5550.62 \text{ N} \quad (5)$$

4. <u>Determinación del valor de la resistencia total al movimiento,</u> F_U.

Este valor se obtendrá a través de la siguiente expresión:

$$F_U = C \times f \times L_{cinta} \times g \times \left[m'_{Ro} + m'_{Ru} + 2 \times m'_G + m'_L \right] \quad (N) \tag{6}$$

Por lo que el valor de F_U, en N, sustituyendo variables por los valores ya obtenidos, valdrá:

$$F_U = 1.17 \times 0.020 \times 600 \times 9.81 \times [26.7 + 10.3 + 2 \times 30 + 93.48] = 26235.27 \quad (N) \tag{7}$$

5. Determinación de la fuerza periférica en el tambor 2, F_{U2}

Para calcular esta fuerza periférica del tambor 2, se ha de obtener el valor del factor x, para las condiciones de ángulos de abrazado (180º y 210º) y de coeficientes de fricción (0.25). Según la tabla siguiente el valor de este factor x será de 2.0:

Factor "x" para diferentes sistemas motrices

Tambor motriz 2		Ángulo abrazado α_1	Tambor motriz 1				
μ = 0.25		**160°**	**170°**	**180°**	**190°**	**200°**	**210°**
	160°	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80	3.00
	170°	1.90	2.10	2.30	2.48	2.67	2.86
α_2	180°	1.83	2.02	2.20	2.38	2.57	2.75
	190°	1.77	1.95	2.12	2.30	2.48	2.65
	200°	1.71	1.89	2.06	2.23	2.40	2.57
	210°	1.67	1.83	2.00	2.17	2.33	2.50
μ = 0.3		**160°**	**170°**	**180°**	**190°**	**200°**	**210°**
	160°	2.31	2.53	2.76	3.00	3.26	3.53
	170°	2.22	2.43	2.66	2.89	3.14	3.40
α_2	180°	2.15	2.35	2.57	2.79	3.03	3.28
	190°	2.08	2.28	2.48	2.70	2.93	3.18
	200°	2.02	2.21	2.41	2.62	2.85	3.08
	210°	1.97	2.15	2.35	2.55	2.77	3.00
μ = 0.35		**160°**	**170°**	**180°**	**190°**	**200°**	**210°**
	160°	2.66	2.92	3.20	3.51	3.84	4.18
	170°	2.56	2.82	3.10	3.39	3.70	4.03
α_2	180°	2.48	2.74	3.00	3.29	3.59	3.91
	190°	2.41	2.66	2.92	3.19	3.48	3.80
	200°	2.35	2.58	2.84	3.11	3.39	3.70
	210°	2.29	2.52	2.77	3.03	3.31	3.61

Tomado de DUNLOP (1994), pág. 62

Cumpliéndose para el valor de F_{U2}:

$$F_{U2} = \frac{F_U}{x+1} \quad (N) \tag{8}$$

Luego, sustituyendo valores tenemos que:

$$F_{U2} = \frac{26235.27}{2.0+1} = 8745.09 \quad (N) \tag{9}$$

6. Determinación de la fuerza periférica en el tambor 1, F_{U1}

Se emplea la siguiente expresión para obtener el valor de F_{U1}:

$$F_{U1} = F_U - F_{U2} = 26235.27 - 8745.09 = 17490.18 \quad (N) \tag{10}$$

7. Determinación de las potencias para los tambores 1 y 2, P_1 y P_2

La potencia total, P_T vendrá dada como:

$$P_T = \frac{Q_m \text{ (t/h)}}{3.6 \times v \text{ (m/s)}} = \frac{1750 \text{ t/h}}{3.6 \times 5.20 \text{ m/s}} = 93.48 \text{ kW} \tag{11}$$

Por otro lado, cuando se tienen dos tambores motrices se cumple el siguiente sistema ecuaciones formado por las potencias individuales de esos dos motores y la potencia teórica total:

$$\begin{aligned} P_T &= P_1 + P_2 \quad \text{kW} \\ P_2 &= \frac{P_T}{x+1} \quad \text{kW} \end{aligned} \tag{12}$$

$$\begin{aligned} 93.48 &= P_1 + P_2 \quad \text{kW} \\ P_2 &= \frac{93.48}{2.0+1} = \frac{93.48}{3} = 31.16 \quad \text{kW} \\ P_1 &= 93.48 - P_2 \\ P_1 &= 93.48 - 31.16 = 62.32 \quad \text{kW} \end{aligned} \tag{13}$$

8. Determinación de las tensiones principales T_1, T_2, T_3 y T_4.

Como se cumple la siguiente condición:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{62.32 \text{ kW}}{31.16 \text{ kW}} = 1.99 \leq x = 2.0 \tag{14}$$

Entonces se puede establecer la siguiente relación entre T_1 y T_2:

$$\begin{aligned} T_2 &= F_{U2} \times \frac{1}{e^{\mu \cdot \alpha_2} - 1} \\ T_1 &= T_2 + F_U \end{aligned} \tag{15}$$

Para el valor de $(\frac{1}{e^{\mu \cdot \alpha_2} - 1})$, conociendo que el ángulo de abrazado (α_2) es 210º y el coeficiente de fricción (μ) es de 0.25, según la siguiente tabla, este valor es de 0.67 (1.67-1):

Valores para = $C1 = 1 + \frac{1}{e^{\mu \cdot \alpha} - 1}$

Ángulo de abrazado (°)	Coeficiente de fricción = μ								
α	0.1	0.15	0.2	$\boxed{0.25}$	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
170	3.90	2.78	2.23	1.91	1.69	1.54	1.44	1.35	1.29
175	3.80	2.72	2.19	1.87	1.67	1.52	1.42	1.34	1.28
180	3.70	2.66	2.15	1.83	1.64	1.50	1.40	1.32	1.26
185	3.62	2.60	2.10	1.80	1.61	1.48	1.38	1.30	1.25
190	3.55	2.55	2.06	1.77	1.59	1.46	1.36	1.29	1.23
195	3.47	2.50	2.02	1.74	1.56	1.44	1.34	1.28	1.22
200	3.41	2.45	1.99	1.71	1.54	1.42	1.33	1.26	1.21
205	3.32	2.41	1.96	1.69	1.52	1.40	1.31	1.25	1.20
$\boxed{210}$	3.28	2.36	1.93	$\boxed{1.67}$	1.50	1.38	1.30	1.24	1.19

(Tomado de ContiTech (1994), pág. 49

Luego, los valores de T_1 y T_2, valdrán:

$$\begin{aligned} T_2 &= 8745.09 \times 0.67 = 5859.21 \text{ N} \\ T_1 &= 5859.21 + 26235.27 = 32094.48 \text{ N} \end{aligned} \tag{16}$$

Para los valores de T_3 y T_4, se tienen las siguientes expresiones:

$$T_3 = T_2 + F_{U1} - H \times m_G^{'} \quad (N) \tag{17}$$

$$T_4 = T_3 \quad (N) \tag{18}$$

Por lo que el valor de estas tensiones, en N, sustituyendo variables por los valores ya conocidos, valdrá:

$$T_3 = 5859.21 + 17490.18 - 0 \times 30 = 23349.39 \quad (N) \tag{19}$$

$$T_4 = T_3 = 23349.39 \quad (N) \tag{20}$$