



SOLUCIÓN PROBLEMA

Si se supone que cada camión va lleno en peso (16t), eso implica que llevará un volumen de 25,8m³ de café, lo cual es menos de la capacidad en volumen de cada camión:

$$V_{camion} = 16 \frac{t}{camion} \cdot \frac{m^3}{0,62t} = 25,8 \frac{m^3}{camion} < 45m^3$$

Así, el criterio de base para establecer el caudal es la capacidad, en carga, de cada camión. Si deben salir dos camiones llenos (con 16t de café de cada uno) a la hora, eso implica que:

$$Q = 2 \frac{camiones}{hora} \cdot 16 \frac{toneladas}{camion} = 32 \frac{t}{h}$$

Entonces la banda transportadora debe ser capaz de transportar, como mínimo 32t/h de café.

La expresión de la cantidad de material transportado por una banda (para material a granel) es

$$Q = 3600 \cdot v \cdot A \cdot \gamma \cdot k$$

Donde:

$$Caudal \quad Q = 32 \frac{t}{h}$$

$$Densidad \quad \gamma = 0,62 \frac{t}{m^3}$$

k depende de la inclinación de la instalación según la tabla siguiente:

Inclinación (grados)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
k	1,0	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,85	0,81

Y la velocidad y el área de la sección deben determinarse.

Para un material como el café, el mínimo ancho de banda recomendado se obtiene de la siguiente tabla:

Material	B (mm)	V (m/s)
Granos y otros materiales que fluyen bien y no son abrasivos	500	2,62
	650 y 800	3,35
	1000 y 1200	4,19
	1400 y 2400	5,24
Carbón, arcilla compactada, minerales blandos y tierras, piedras trituradas de pequeño tamaño	500	2,09
	650 a 1000	3,35
	1200 a 1200	4,19
	1400 a 2400	5,24
Materiales no abrasivos	Cualquier ancho	1,05 – 1,68

Según esto, el mínimo ancho de la banda será 500mm. Dado que el material a transportar es homogéneo, no es necesario aplicar ninguna otra restricción debida al tamaño máximo del material.

Así, sólo habrá que calcular que para ese ancho (500mm) y la velocidad recomendada (2,62 m/s) es posible satisfacer las condiciones del enunciado:



De acuerdo con la siguiente tabla (válida para ángulos de talud de 15°, como el del enunciado):

B\λ	0°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
500	38 0,0105	74 0,0205	80 0,0222	87 0,0241	91 0,0252	95 0,0263	98 0,0272
650	69 0,0191	133 0,0369	144 0,0400	156 0,0433	164 0,0455	172 0,0477	176 0,0488
800	108 0,0300	208 0,0577	227 0,0630	244 0,0677	258 0,0716	269 0,0747	276 0,0766
1000	173 0,0480	336 0,0933	365 0,1013	394 0,1094	415 0,1152	434 0,1205	445 0,1236
1200	255 0,0710	494 0,1370	537 0,1491	580 0,1612	610 0,1705	638 0,1777	654 0,1828
1400	351 0,0980	680 0,1903	738 0,2071	798 0,2240	840 0,2368	878 0,2467	900 0,2536
1600	464 0,1294	898 0,2519	976 0,2710	1055 0,2965	1110 0,3134	1160 0,3264	1190 0,3355

El área de la sección será 0,0241m². Alternativamente, puede decirse que la banda, a 1m/s y sin inclinación, puede transportar 87m³/h.

Haciendo el cálculo a 2,62m/s y con la inclinación adecuada:

$$Q = 3600 \cdot v \cdot A \cdot \gamma \cdot k = 3600 \cdot 2,62 \cdot 0,0241 \cdot 0,62 \cdot 0,91 = 128,25 \frac{t}{h} > 32 \frac{t}{h}$$

Luego el ancho de banda de 500mm es suficiente para la instalación.

1. Determinar, una vez fijado ese ancho de banda, la velocidad mínima, de entre las normalizadas, a la que debe funcionar la banda.

Aplicando de nuevo la fórmula del caudal, se trata de ajustar la velocidad:

$$32 = Q = 3600 \cdot v \cdot A \cdot \gamma \cdot k = 3600 \cdot v \cdot 0,0241 \cdot 0,62 \cdot 0,91 = 48,95v$$

$$\Rightarrow v = \frac{32}{48,95} = 0,65 \frac{m}{s}$$

Consultando la tabla de velocidades normalizadas:

0,66	0,84	1,05	1,31	1,68	2,09	2,62	3,35	4,19	5,24
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Se ve que la más cercana a la velocidad obtenida es 0,66m/s

2. Suponiendo que la distancia desde la zona de descarga de la cinta hasta la zona de carga de los camiones sea un recorrido recto de 250m (500m ida y vuelta) ¿es posible que una sola carretilla realice el trabajo? Supóngase que la carretilla circula a velocidad constante y sin tener en cuenta los tiempos de carga y descarga y que en cada viaje transporta tantas cajas de 2m³ como pueda. Las cajas han de ir colocadas como se ha visto anteriormente y la horquilla se situará en la posición más baja posible (altura libre en el catálogo)



Para poder realizar ese trabajo, la carretilla debería transportar 32t/h.

$$\text{Cada caja lleva } 2\text{m}^3 \cdot 0,620 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 1,24\text{t}$$

Lo primero es comprobar en el catálogo que $1,24 < \text{capacidad de la carretilla} = 1,6\text{t}$

La carretilla puede transportar una sola caja en cada viaje, así será necesario transportar:

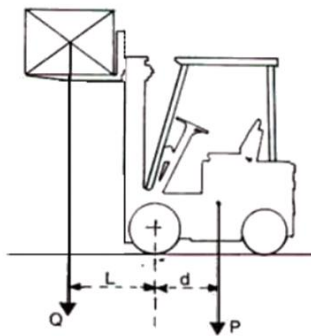
$$\frac{32\text{t}}{1,24 \frac{\text{t}}{\text{caja}}} = 25,8 \approx 26 \text{ cajas} \Rightarrow 26 \text{ viajes}$$

La carretilla deberá viajar a una velocidad:

$$\frac{26 \text{ viajes de ida y vuelta}}{\text{h}} \Rightarrow 26 \cdot 500 = 13000 \frac{\text{m}}{\text{h}} = 13 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Según el catálogo, la carretilla puede alcanzar los 15km/h. Luego sería posible si la carga de la caja no genera problemas de estabilidad.

En principio, a velocidad constante, las únicas cargas que aparecen son los pesos de la carretilla y de la carga:



Haciendo equilibrio de momentos:

$$9,8QL \leq 9,8Pd$$

$$1240 \cdot \left(\text{voladizo delantero} + \frac{\text{longitud carga}}{2} \right) \leq \text{tara} \cdot \frac{\text{distancia entre ejes}}{2}$$

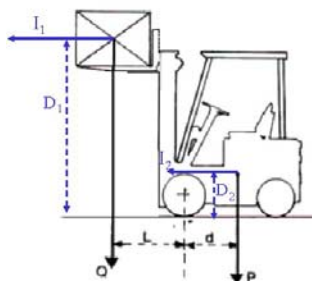
$$1240 \left(0,395 + \frac{1}{2} \right) \leq 3050 \cdot \frac{1,380}{2}$$

$$1109,8 \leq 2104,5 \Rightarrow \text{estabilidad}$$

Sí es posible que todo el trabajo lo realice una sola carretilla

- ¿Cuánto tiempo deberá emplear la carretilla en cada frenada si circula hacia delante para no tener problemas de estabilidad?

Durante la frenada, aparecen fuerzas de inercia que comprometen la estabilidad:



Haciendo equilibrio de momentos:

$$9,8QL + I_1 D_1 + I_2 D_2 \leq 9,8Pd$$

$$9,8QL + 9,8QaD_1 + 9,8PaD_2 \leq 9,8Pd$$

$$1240 \left(0,395 + \frac{1}{2} \right) + Qa \left(\text{altura horquillas} + \frac{\text{alto carga}}{2} \right) + 0,7Pa \leq 3050 \cdot \frac{1,380}{2}$$

$$1109,8 + 1240a \left(0,15 + \frac{2}{2} \right) + 0,7 \cdot 3050a \leq 2104,5$$

$$1426a + 2135a \leq 2104,5 - 1109,8 = 994,7 \Rightarrow a = 0,28 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Para una aceleración de 0,28 m/s² la carretilla volcaría. Luego es necesario que la aceleración de frenada sea menor que ese valor.

Dado que la carretilla circula a velocidad media de 13km/h, aplicando la fórmula de un movimiento uniformemente acelerado:



$$v = v_0 + at \Rightarrow 0 = 13 \frac{1000}{3600} + 0,28t \Rightarrow t = 12,9s$$

La carretilla deberá emplear al menos 12,9s en la frenada para no comprometer la estabilidad longitudinal.

4. ¿Podría una sola carretilla realizar el trabajo si en su recorrido debe circular por una curva no peraltada de radio 1,9m? Supóngase de nuevo que la carretilla circula a velocidad constante.

Habría que comprobar la estabilidad lateral en la curva.

Puede hacerse por equilibrio de momentos o usando la fórmula de la velocidad de vuelco.

Con la fórmula de la velocidad de vuelco:

$$V_{\text{vuelco}} = \sqrt{gR \frac{B/2h + tg\zeta}{1 - B/2h \cdot tg\zeta}} \underset{\zeta=0}{=} \sqrt{gRB/2h}$$

Para poder aplicarla es necesario conocer la altura del centro de gravedad del conjunto (sólo se conoce la de la carga y la carretilla por separado):

$$\left. \begin{array}{l} h_{c.d.g.carretilla} = 0,7m \\ h_{c.d.g.carga} = 0,15 + 1 = 1,15m \end{array} \right\} \Rightarrow h_{c.d.g.cto} = \frac{0,7P + 1,15Q}{P + Q} = \frac{2135 + 1426}{4290} = 0,83m$$

Sustituyendo:

$$V_{\text{vuelco}} = \sqrt{gRB/2h} = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 1,9 \cdot 1,1}{1,66}} = 3,5 \frac{m}{s} = 12,6 \frac{km}{h}$$

Para poder realizar el trabajo, la carretilla debe circular a una velocidad media de 13km/h, superior a la velocidad de vuelco, por lo que no es posible que una sola carretilla realice todo el trabajo a tiempo.