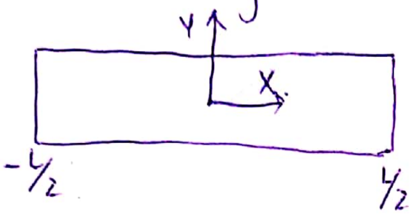
Pauta C2 - P2.

a) CM antes de disparar la 1ª bala.

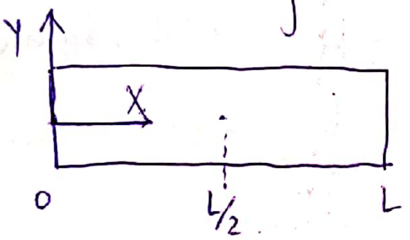
① Tomando origen en el centro:



$$X_{CM} = \frac{\cancel{M_v \cdot 0} + M_c\left(-\frac{L}{2}\right) + N m_b\left(-\frac{L}{2}\right)}{M_v + M_c + N m_b}$$

$$= \boxed{\frac{-(M_c + N m_b)L}{2(M_v + M_c + N m_b)}}$$

② Tomando origen a la izquierda:



$$X_{CM} = \frac{(M_c + N m_b)\cdot 0 + M_v \frac{L}{2}}{M_v + M_c + N m_b}$$

$$= \boxed{\frac{M_v L}{2(M_v + M_c + N m_b)}}$$

b) No hay fuerza externa $\Rightarrow$ CM se mantiene fijo.

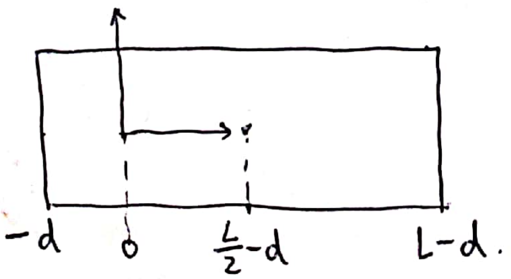
$\Rightarrow a_{CM} = 0$

$\Rightarrow V_{CM} = \text{constante}$.

Como al inicio está estático, entonces $V_{CM} = 0$.

c) Tomando origen a la izquierda, por simplicidad.

Consideremos que el vagón se movió d hacia la izquierda para mantener el CM fijo.



$$X_{CM}^{nuevo} = \frac{M_v\left(\frac{L}{2} - d\right) + m_b(L-d) + (M_c + (N-1)m_b)(-d)}{M_v + M_c + N m_b}$$

$$\stackrel{!}{=} \frac{M_v \frac{L}{2}}{M_v + M_c + N m_b}$$

$$\Rightarrow \cancel{M_v \frac{L}{2}} = \cancel{M_v \frac{L}{2}} + m_b L - (M_v + m_b + M_c + (N-1)m_b)\, d$$

$$\Rightarrow \boxed{d = \frac{m_b}{M_v + M_c + N m_b} L}$$

d) Con N balas disparadas, es análogo:

$$X_{CM}^{nuevo} = \frac{M_v(\frac{L}{2}-d) + M_c(-d) + N m_b (L-d)}{M_v + M_c + N m_b} = \frac{M_v \frac{L}{2}}{M_v+M_c+N m_b}.$$

$$\Rightarrow \cancel{M_v \frac{L}{2}} + N m_b L + (M_v + M_c + N m_b)(-d) = \cancel{M_v \frac{L}{2}}.$$

$$\Rightarrow \boxed{d = \frac{N m_b}{M_v+M_c+N m_b} L}.$$

Para que $d > L$, es decir, que el vagón se desplace más de L, debería haber otras masas que se muevan más de L hacia la derecha para mantener el CM fijo. Esto significaría que las balas se saldrían del vagón, lo cual no ocurre.

Otra forma de verlo es que, si el vagón se mueve más de L, el CM quedaría fuera del vagón, lo cual no tiene sentido.

Aunque sean muchas balas, $\lim_{N\to\infty} d = L$.

e) Después de dispararse las N balas, ya nada se mueve dentro, entonces el vagón no necesita moverse para mantener CM fijo.

$\Rightarrow v_f = 0$.