

SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE FLETAMENTO POR VIAJE

Apartado a) Sabiendo que las operaciones de carga comenzaron el día 22 de noviembre de 2015. ¿Cuántos viajes serán necesarios para transportar la totalidad de los bloques de mármol?

En esta cuestión, en primer lugar, hay que identificar la línea de carga que aplica en la fecha en que comienza la carga y, posteriormente, determinar la capacidad de carga (máxima) del buque. El 22 de noviembre, en el primer tramo de navegación de Zeebrugge a Pisagua aplica la línea de carga de invierno. De las características del buque se extrae que:

$$TPM_{invierno} = 15340 \text{ t.}$$

1. Cálculo de la capacidad de carga del buque a la línea de carga de Invierno y según las condiciones del enunciado:

Del enunciado se sabe que:

$TPM_{invierno}$: 15.340 t.

Fungibles:

- IFO 380 Cst. 50% capacidad de tanques.
- MGO 40% capacidad de tanques.
- Agua dulce 60% capacidad de tanques.

Pertrechos: 350 t.

Para conocer la capacidad de carga del buque es necesario restar al peso muerto los fungibles y pertrechos del buque.

A. Cálculo de la cantidad de fungibles a bordo

$$\text{IFO} = 0,50 \cdot 1300 \cdot 0,90 = 585 \text{ t.}$$

$$\text{MGO} = 0,40 \cdot 314 \cdot 0,85 = 106,76 \text{ t.}$$

$$\text{Agua dulce} = 0,60 \cdot 330 \cdot 1,0 = 198 \text{ t.}$$

$$\text{Total fungibles} = \text{IFO} + \text{MDO} + \text{Agua dulce} = 585 + 106,76 + 198 = \mathbf{889,76 \text{ t.}}$$

B. Comprobación de la capacidad de carga por peso

$$\text{Capacidad de carga máxima por viaje} = TPM_{invierno} - \text{Fungibles} - \text{Pertrechos}$$

Tema 5: Formas de explotación del buque

Profesor: Jerónimo Esteve Pérez (jeronimo.esteve@upct.es). Unidad Pred. de Tecnología Naval. Universidad Politécnica de Cartagena.

Capacidad de carga máxima por viaje = $15340 - 889,76 - 350 = 14100,24 \text{ t}$.

Por tanto, el número de viajes necesarios para transportar el cargamento se calcula según (1):

$$N^{\circ} \text{ viajes} = \frac{\text{Total mercancía a transportar (t)}}{\text{Capacidad de carga máxima por viaje (t)}} \quad (1)$$

$$N^{\circ} \text{ viajes} = \frac{13911}{14100,24} = 0,99 \approx 1 \text{ viaje.}$$

Por peso el buque cumple ya que capacidad de carga (t) > carga transportar (t).

C. Comprobación de la capacidad de carga por volumen

En este punto hay que comprobar que el volumen total de bloques de mármol es inferior al volumen de bodegas del buque. El primer paso de cálculo consiste en calcular el volumen de un bloque (2).

$$\text{Volumen}_{\text{bloque mármol}} = l_{\text{bloque}} \cdot b_{\text{bloque}} \cdot h_{\text{bloque}} \quad (2)$$

Substituyendo se obtiene:

$$\text{Volumen}_{\text{bloque mármol}} = 2,7 \cdot 1,5 \cdot 1,7 = 6,88 \text{ m}^3.$$

Peso de un bloque (3):

$$\text{Peso}_{\text{bloque mármol}} = \text{Volumen}_{\text{bloque}} \cdot \rho_{\text{mármol}} \quad (3)$$

Substituyendo se obtiene:

$$\text{Peso}_{\text{bloque mármol}} = 6,88 \cdot 2,68 = 18,45 \text{ t/bloque.}$$

A continuación, es necesario calcular el número de bloques (4) para, posteriormente, distribuirlos en las bodegas según las instrucciones del enunciado.

$$N^{\circ} \text{ bloques} = \frac{\text{Total mercancía a transportar por viaje (t)}}{\text{Peso de un bloque (t)}} \quad (4)$$

$$N^{\circ} \text{ bloques} = \frac{13911}{18,45} = 753,98 \approx 754 \text{ bloques.}$$

c.1 Comprobación de volumen de carga en bodega 3

Cantidad de bloques en bodega 3: 25%.

$$N^{\circ} \text{ bloques}_{bodega\ 3} = 754 \cdot 0,25 = 188,5 \approx \mathbf{189 \text{ bloques.}}$$

A continuación, se calcula el volumen representado por estos bloques incluyendo la madera de estiba. Concretamente, hay que aumentar 0,2 metros la cota correspondiente al puntal del bloque, ya que es el incremento de volumen asociado a la madera de estiba.

$$\text{Volumen}_{\text{bloques bodegas } 3} = 189 \cdot (2,7 \cdot 1,5 \cdot (1,7 + 0,2)) = \mathbf{1454,36 \text{ m}^3}.$$

Seguidamente se calcula el volumen de la bodega 3, ésta es de forma paralelepípedica, por tanto el volumen será (5):

$$\text{Volumen}_{bodega\ 3} = \text{eslora}_{bodega\ 3} \cdot \text{manga}_{bodega\ 3} \cdot \text{puntal}_{bodega\ 3} \quad (5)$$

$$\text{Volumen}_{bodega\ 3} = 27,3 \cdot 15,9 \cdot 13,9 = \mathbf{6033,57 \text{ m}^3}.$$

Cumple por volumen, $V_{bodega\ 3} > V_{\text{bloques bodega } 3}$.

c.2 Comprobación de volumen de carga en bodega 2

Cantidad de bloques en bodega 2: 65%.

$$N^{\circ} \text{ bloques}_{bodega\ 2} = 754 \cdot 0,65 = 490,1 \approx \mathbf{490 \text{ bloques.}}$$

A continuación, se calcula el volumen representado por estos bloques incluyendo la madera de estiba. Concretamente, hay que aumentar 0,2 metros la cota correspondiente al puntal del bloque, ya que es el incremento de volumen asociado a la madera de estiba.

$$\text{Volumen}_{\text{bloques bodegas } 2} = 490 \cdot (2,7 \cdot 1,5 \cdot (1,7 + 0,2)) = \mathbf{3770,55 \text{ m}^3}.$$

Seguidamente se calcula el volumen de la bodega 2, ésta es de forma paralelepípedica, por tanto el volumen será (6):

$$\text{Volumen}_{bodega\ 2} = \text{eslora}_{bodega\ 2} \cdot \text{manga}_{bodega\ 2} \cdot \text{puntal}_{bodega\ 2} \quad (6)$$

$$\text{Volumen}_{bodega\ 2} = 40,6 \cdot 18,6 \cdot 13,9 = \mathbf{10496,72 \text{ m}^3}.$$

Cumple por volumen, $V_{bodega\ 2} > V_{\text{bloques bodega } 2}$.

c.3 Comprobación de volumen de carga en bodega 1

Cantidad de bloques en bodega 1: 10%.

$$N^{\circ} \text{ bloques}_{bodega 1} = 754 \cdot 0,1 = 75,4 \approx \mathbf{75 \text{ bloques.}}$$

A continuación, se calcula el volumen representado por estos bloques incluyendo la madera de estiba. Concretamente, hay que aumentar 0,2 metros la cota correspondiente al puntal del bloque, ya que es el incremento de volumen asociado a la madera de estiba.

$$\text{Volumen}_{\text{bloques bodegas } 1} = 75 \cdot (2,7 \cdot 1,5 \cdot (1,7 + 0,2)) = \mathbf{577,12 \text{ m}^3}.$$

Seguidamente se calcula el volumen de la bodega 1, ésta es de forma paralelepípedica, por tanto el volumen será (7):

$$\text{Volumen}_{bodega 1} = \text{eslora}_{bodega 1} \cdot \text{manga}_{bodega 1} \cdot \text{puntal}_{bodega 1} \quad (7)$$

La bodega 1 está dividida en dos áreas con diferente manga, a efectos de cálculo y adoptando el criterio más restrictivo se va a tomar la menor manga (7,88 metros).

$$\text{Volumen}_{bodega 1} = 21,7 \cdot 7,88 \cdot 11,4 = \mathbf{1949,35 \text{ m}^3}.$$

Cumple por volumen, $V_{bodega 1} > V_{\text{bloques bodega 1}}$.

Por volumen también cumple, por lo que se pueden transportar todos los bloques en un solo viaje.

Apartado b) Flete mínimo requerido a percibir por el naviero.

El flete mínimo requerido, en este caso y debido a los datos contenidos en el enunciado, se compone de:

1. Costes de Capital

2. Costes fijos $\left\{ \begin{array}{l} \text{Tripulación} \\ \text{Otros} \end{array} \right.$

3. Costes variables $\left\{ \begin{array}{l} \text{Combustible} \\ \text{Puerto} \\ \text{Paso por el Canal de Panamá} \end{array} \right.$

1. Costes de capital.

Para la resolución de este coste, en primer lugar, es necesario tener presente que en el sistema Alemán la cantidad de principal que se devuelve cada año es siempre igual, mientras que la cantidad que se abona en concepto de intereses varía al variar la deuda viva cada año. Por tanto, en este sistema las anualidades son diferentes.

A. Cálculo de las anualidades:

Se financia el 100% del coste de construcción. Es necesario calcular únicamente las cuatro primeras anualidades, ya que según el enunciado, el flete del buque se realiza durante el cuarto año de explotación del buque.

$$\text{Anualidad} = \text{Principal} + \text{Intereses} \quad (8)$$

$$\text{Principal} = \frac{\text{Cuantía del crédito}}{\text{Plazo de devolución del crédito}} \quad (9)$$

$$\text{Intereses} = \text{Deuda viva} \cdot \text{Interés anual} \quad (10)$$

Particularizando las expresiones (8) a (10) con los datos del enunciado se obtiene:

Año	Deuda viva (€)	Principal (€)	Intereses (€)	Anualidad (€)
1	$23 \cdot 10^6$	$1,53 \cdot 10^6$	$0,92 \cdot 10^6$	$2,45 \cdot 10^6$
2	$21,47 \cdot 10^6$	$1,53 \cdot 10^6$	$0,86 \cdot 10^6$	$2,39 \cdot 10^6$
3	$19,93 \cdot 10^6$	$1,53 \cdot 10^6$	$0,80 \cdot 10^6$	$2,33 \cdot 10^6$
4	$18,40 \cdot 10^6$	$1,53 \cdot 10^6$	$0,73 \cdot 10^6$	$2,27 \cdot 10^6$

Al financiarse el 100% del coste de construcción, la anualidad calculada para cada año se corresponde con el coste capital atribuible a ese año.

El coste de capital correspondiente al cuarto año es:

$$C_{\text{Capital}}(4^{\text{o}} \text{ año}) = \frac{2,27 \cdot 10^6}{365} = 6217,31 \text{ €/día}$$

2. Costes fijos.

A. Costes de tripulación:

En el coste de tripulación es necesario tener en cuenta el factor de rotación que ésta tendrá anualmente. Este factor quiere decir el número de tripulantes que se necesitará para cubrir un puesto a bordo durante un año completo de explotación. Por tanto, se tendrá una tripulación

“titular” y otra “suplente” para poder cubrir la explotación del buque durante un año completo. El tiempo que la tripulación “suplente” permanece a bordo deriva de vacaciones, cursos de formación y otros permisos requeridos por la tripulación “titular”. Así pues, el coste de tripulación se calcula como sigue.

Coste anual de la tripulación “titular”, según el enunciado, 380.000 €.

El siguiente paso es integrar el factor de rotación, es decir, calcular cuántos meses será necesaria la tripulación “suplente”.

$$\text{Meses tripulación suplente} = 12 - \frac{12}{\text{Factor de rotación}} \quad (11)$$

Substituyendo se obtiene:

$$\text{Meses tripulación suplente} = 12 - \frac{12}{1,3} = 2,8 \text{ meses.}$$

Por tanto, el coste total de tripulación incluyendo el factor de rotación será:

$$\text{Coste total de tripulación} = \left(380000 + \frac{380000}{12} \cdot 2,8 \right) = 468666,67 \text{ €/año.}$$

$$\text{Coste total de tripulación} = 1284,02 \text{ €/día.}$$

B. Otros costes fijos:

El enunciado indica otros costes fijos por valor de **2.100 €/día**.

C. Costes fijos totales:

$$\text{Coste fijos totales} = 1284,02 + 2100 = 3384,01 \text{ €/día.}$$

3. Costes variables.

La partida de costes variables se va a componer de:

- ✓ **Coste de combustible** en las siguientes situaciones:
 - Navegación en lastre Bremerhaven-Zeebrugue.
 - Estancia en el puerto de carga.
 - Navegación en carga Zeebrugue-Pisagua.
 - Estancia en el puerto de descarga.

- ✓ **Coste de escala:**
 - Puerto de Zeebrugue.
 - Puerto de Pisagua.

- ✓ **Coste de paso por el Canal de Panamá:**
 - Paso en condición de cargado.

a. Costes de combustible.

a.1 Navegación en lastre de Bremerhaven a Zeebrugue

La resolución del problema hay que hacerla tomando como referencia la figura del naviero, por tanto, hay que tener en cuenta el coste de posicionamiento del buque desde Bremerhaven al puerto de Zeebrugue.

Cálculo del tiempo de navegación:

$$Tiempo\ Navegación_{Bremerhaven-Zeebrugue} = \frac{Distancia\ (millas)}{V\ (kn) \cdot 24} \quad (12)$$

Substituyendo:

$$Tiempo\ Navegación_{Bremerhaven-Zeebrugue} = \frac{280}{15 \cdot 24} = \mathbf{0,78\ días.}$$

Cálculo del coste:

$$Coste\ de\ combustible = TN_{Bremerhaven-Zeebrugue}(días) \cdot Consumo\ \left(\frac{t}{día}\right) \cdot Precio\ \left(\frac{€}{t}\right) \quad (13)$$

Substituyendo en (13) se obtiene:

$$Coste\ de\ combustible\ [IFO] = 0,78 \cdot 20,5 \cdot 99,5 = \mathbf{1591,00\ €.}$$

a.2 Estancia en puerto

En Zeebrugue:

Cálculo del tiempo de carga

$$Tiempo\ de\ carga = N^{\circ}\ bloques \cdot Tiempo\ de\ operación\ de\ la\ grúa \quad (14)$$

Substituyendo en (14) se obtiene:

$$\text{Tiempo de carga} = 754 \cdot \frac{10}{60} \cdot \frac{1}{24} = \mathbf{5,24 \text{ días.}}$$

$$\text{Coste de combustible [IFO]} = 5,24 \cdot 4 \cdot 99,50 = \mathbf{2085,52 \text{ €.}}$$

En Pisagua:

Cálculo del tiempo de descarga

$$\text{Tiempo de descarga} = \text{N}^\circ \text{ bloques} \cdot \text{Tiempo de operación de la grúa} \quad (15)$$

Substituyendo en (15) se obtiene:

$$\text{Tiempo de descarga} = 754 \cdot \frac{8}{60} \cdot \frac{1}{24} = \mathbf{4,19 \text{ días.}}$$

$$\text{Coste de combustible [IFO]} = 4,19 \cdot 2 \cdot 99,50 = \mathbf{833,81 \text{ €.}}$$

Coste total:

$$\text{Coste total de combustible [MDO]} = 2085,52 + 833,81 = \mathbf{2919,33 \text{ €.}}$$

a.3 Navegación en carga Zeebrugue-Pisagua

Cálculo del tiempo de navegación:

$$\text{Tiempo Navegación}_{\text{Zeebrugue-Pisagua}} = \frac{6775}{14 \cdot 24} = \mathbf{20,16 \text{ días.}}$$

Cálculo del coste:

$$\text{Coste de combustible [IFO]} = 20,16 \cdot 25,5 \cdot 99,5 = \mathbf{51150,96 \text{ €.}}$$

a.4 Coste total de combustible

El coste total de combustible para el fletamento se resume en la siguiente tabla.

Concepto	Total (€)
Navegación en lastre Bremerhaven-Zeebrugue	1.591,00
Estancia en puerto	2.919,33

Tema 5: Formas de explotación del buque

Profesor: Jerónimo Esteve Pérez (jeronimo.esteve@upct.es). Unidad Pred. de Tecnología Naval. Universidad Politécnica de Cartagena.

Concepto	Total (€)
Navegación en carga Zeebrugue-Pisagua	51.150,96
	Σ 55.661,30

b. Costes de escala en puerto.

b.1 Coste de escala en el puerto de Zeebrugue

Para el puerto de Zeebrugue este coste se compone de la tasa de puerto más el coste del servicio de remolque.

Tasa de puerto:

$$Tasa\ puerto = Tarifa \left(\frac{\text{€}}{100GT \cdot 12\text{ horas de estancia}} \right) \cdot Arqueo\ Internacional \cdot N^{\circ}\text{ horas estancia en puerto} \quad (16)$$

Substituyendo en (16) se obtiene:

$$Tasa\ de\ puerto = 1,71 \cdot \frac{12680}{100} \cdot \frac{5,24 \cdot 24}{12} = \mathbf{2272,36\ \text{€}}.$$

Servicio de remolque:

Según el enunciado el buque necesita dos remolcadores para la entrada y dos para la salida, por tanto el coste del servicio de remolque se calcula según (17):

$$Coste_{Remolque} = \left(Tarifa \left(\frac{\text{€}}{GT} \right) \cdot Arqueo\ Internacional \cdot N^{\circ}\text{ remolcadores} \right) \cdot N^{\circ}\text{ maniobras} \quad (17)$$

$$Coste_{Remolque} = \left(0,15 \cdot \frac{12680}{100} \cdot 2 \right) \cdot 2 = \mathbf{7608\ \text{€}}.$$

$$Coste\ total\ de\ escala = 2272,36 + 7608 = \mathbf{9880,36\ \text{€}}.$$

b.2 Coste de escala en el puerto de Pisagua

Para el puerto de Pisagua este coste se compone de la tasa de puerto más el coste del servicio de practicaje.

Tasa de puerto:

$$Tasa\ puerto = Tarifa \left(\frac{\text{€}}{100GT \cdot 10\text{ horas de estancia}} \right) \cdot Arqueo\ Internacional \cdot N^{\circ}\text{ horas estancia en puerto} \quad (18)$$

Substituyendo en (18) se obtiene:

$$Tasa\ de\ puerto = 1,54 \cdot \frac{12680}{100} \cdot \frac{4,19 \cdot 24}{10} = \mathbf{1963,65\ €}.$$

Servicio de practicaaje:

Según el enunciado el coste de practicaaje, por maniobra, se calcula según (19):

$$Coste_{practicaaje} = \left(98,0388 + 23,1494 \cdot \left(\frac{GT}{1000} \right) \right) \cdot N^{\circ}\ maniobras \quad (19)$$

$$Coste_{practicaaje} = \left(98,0388 + 23,1494 \cdot \left(\frac{12680}{1000} \right) \right) \cdot 2 = \mathbf{783,15\ €}.$$

$$Coste\ total\ de\ escala = 1963,65 + 783,15 = \mathbf{2746,80\ €}.$$

b.3 Costes totales de escala

Los costes totales de escala serán el sumatorio de los costes en Zeebrugge más los costes en Pisagua. Por tanto:

$$Costes\ totales\ de\ escala = (9880,36 + 2746,80) = \mathbf{12627,18\ €}.$$

c. Costes de paso por el Canal de Panamá.

Para el cálculo del coste de paso por el Canal de Panamá hay que tener en cuenta en qué condición realiza el buque el tránsito y el arqueo del buque según las reglas del Canal de Panamá. En este último concepto, habrá prestar especial atención a si aplica un solo tramo de tarificación, dos o los tres tramos existentes. Por tanto, el coste de paso por el Canal de Panamá se calcula según (20).

$$Coste\ paso\ Canal\ de\ Panamá = Tarifa \left(\frac{\text{€}}{\text{Panamá NT}} \right) \cdot Arqueo\ del\ buque\ (Canal\ de\ Panamá) \quad (20)$$

En este caso el buque transita el Canal cargado y aplica sólo el primer tramo de tarificación, ya que el buque tiene un arqueo inferior a 10.000 Panamá NT. Substituyendo en (20) se obtiene:

$$Coste\ paso\ Canal\ de\ Panamá = 5,10 \cdot 9971 = \mathbf{50852,1\ €}.$$

d. Costes variables totales.

Los costes variables totales serán el sumatorio de costes de combustible, escala en puerto y paso por el Canal de Panamá.

Tema 5: Formas de explotación del buque

Profesor: Jerónimo Esteve Pérez (jeronimo.esteve@upct.es). Unidad Pred. de Tecnología Naval. Universidad Politécnica de Cartagena.

$$\text{Costes variables totales} = (55661,30 + 12627,18 + 50852,1) = \mathbf{119140,46 \text{ €.}}$$

4. Flete mínimo requerido.

El flete mínimo requerido (FMR) se calcula como el sumatorio de costes totales dividido por la cantidad de mercancía transportada. En este caso el coste total está compuesto del sumatorio de costes de capital, costes fijos y costes variables. El FMR se calcula según (21):

$$FMR = \frac{\text{Costes totales (capital + fijos + variables)}}{\text{Toneladas transportadas}} \quad (21)$$

Los costes de capital y fijos hay que imputarlos proporcionalmente a la duración del fletamento. Derivado de esto, es necesario calcular la duración del fletamento, que es el tiempo durante el cual el buque ha sido empleado para realizar el transporte de la totalidad de la mercancía.

Concepto	Duración (días)
Navegación en lastre de Bremerhaven a Zeebrugue	0,78
Estancia en puerto (carga y descarga)	(5,24+4,19)
Navegación en carga Zeebrugue-Pisagua	20,16
	Σ 30,37

Duración total del fletamento = **30,37 días**.

- Costes de capital a imputar durante el fletamento = $6.217,31 \cdot 30,37 = \mathbf{188819,70 \text{ €}}$.
- Costes fijos a imputar durante el fletamento = $3.384,01 \cdot 30,37 = \mathbf{102772,38 \text{ €}}$.

En este problema el flete mínimo requerido se puede expresar de dos formas, por tonelada transportada o por bloque de mármol. Substituyendo en (21):

$$FMR = \frac{188819,70 + 102772,38 + 119140,46}{13911} = \mathbf{29,53 \text{ €/t.}}$$

$$FMR = \frac{188819,70 + 102772,38 + 119140,46}{754} = \mathbf{544,74 \text{ \$/bloque}}$$