

1.

a) Volumen tanque: $30,5 \cdot 36,6 \cdot 18,3 = 20428,29 \text{ m}^3 \cdot 0,5 = 10.112 \text{ m}^3$
 densidad Agua Salada: 1025 T/m^3
 $10.112 \text{ m}^3 \cdot 1,025 \text{ T/m}^3 = \underline{10364,8 \text{ T}}$
 Volumen util lastre

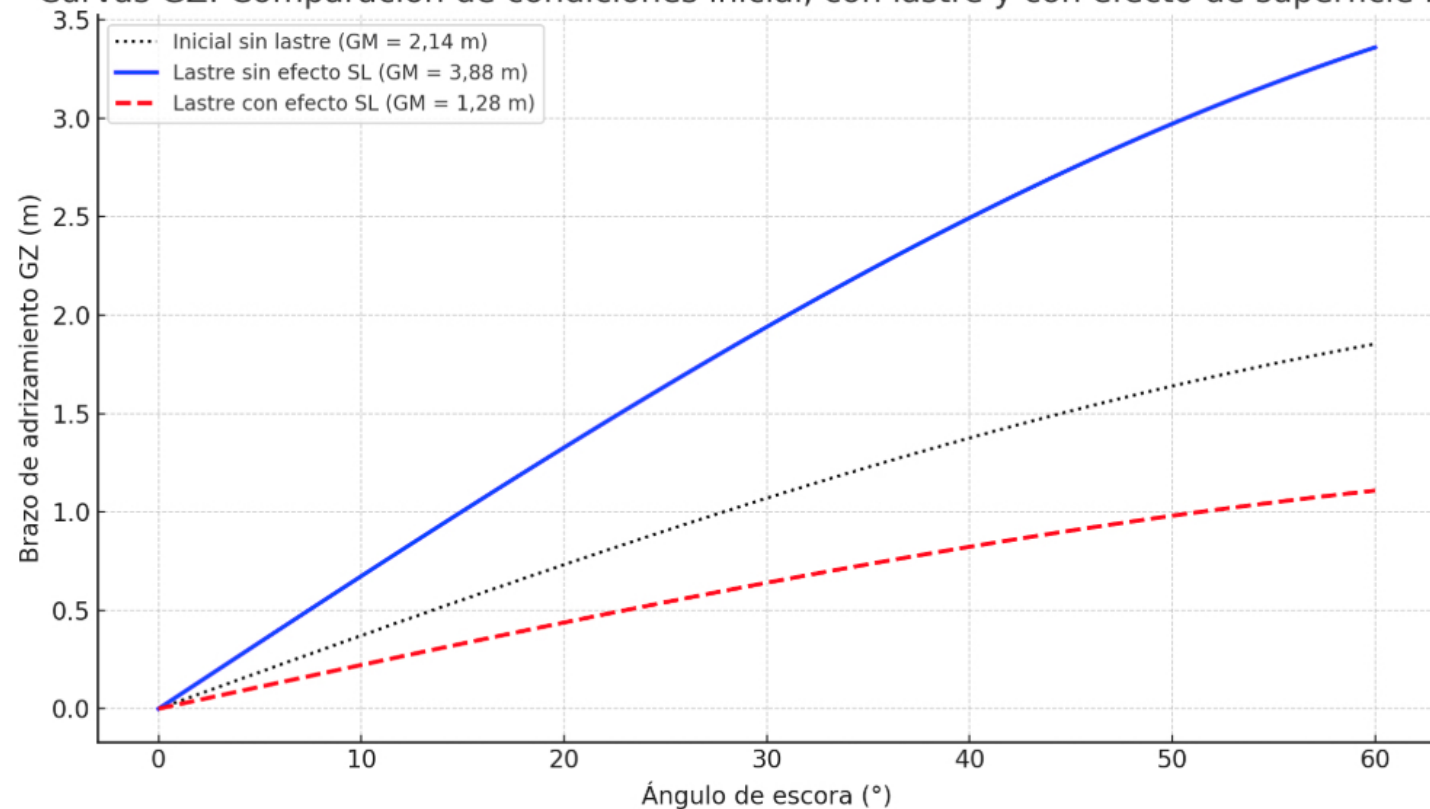
b) Δ del buque: 39120 T
 $KG = 10,06$
 $KG_{nuevo} = \frac{(39120 \times 10,06 + 10364,8 \times 4,6)}{39120 + 10364,8}$
 $KG_{nuevo} = \frac{441105}{49484,4} = \underline{8,92 \text{ m}}$
 * lastre { Peso: $10364,8 \text{ T}$
 rig lastre: $4,6 \text{ metros}$

c) Peso lastre: $10364,8 \text{ T}$
 $MT1 \text{ cm} = 472,56 \text{ Tm/cm}$
 $\Delta T = \frac{10364,8}{82,56} \approx 125,5 \text{ cm}$
 $T_{final} = 4,88 \text{ m} + 1,255 \text{ m} = \underline{6,14 \text{ m}}$
 Calado inicial = $4,88 \text{ m}$

d) $GM = KM - KG$
 $12,8 - 8,92 = \underline{3,88 \text{ m}}$
 $I = \frac{30,5 \cdot 36,6^3}{12} = \frac{1,025 \cdot 124295,79}{49511,86} = 2,58$
 $G_{mejetivo} = 12,8 - 8,92 - 2,58 = \underline{1,3 \text{ m}}$

e) Cuando un estanque está parcialmente lleno con un líquido (como el agua salada usada como lastre), ese líquido se desplaza libremente dentro del compartimento a medida que el buque escora. Este fenómeno se conoce como efecto de superficie libre (ESL), y sus consecuencias son: Aumenta la inercia transversal del líquido, lo que equivale a una subida virtual del centro de gravedad (GG"). Reduce la altura metacéntrica efectiva (GM):
 Disminuye el brazo de adrizamiento (GZ). Reduce el rango de estabilidad (el ángulo hasta el cual el buque puede escorar antes de perder su capacidad de adrizarse). Disminuye la estabilidad dinámica (área bajo la curva GZ).
 No es recomendable ya que si bien el lastre con agua salada: Disminuye KG: el centro de gravedad baja porque el agua se carga a $4,6 \text{ m}$ sobre la quilla, muy por debajo del KG inicial del buque ($10,06 \text{ m}$). Aumenta GM: pasa de $\sim 2,1 \text{ m}$ a $3,88 \text{ m}$, lo que significa que el buque resiste mejor escoras iniciales. Mejora el rango de estabilidad: el máximo GZ se alcanza a mayor ángulo, y se amplía el ángulo de volcamiento. Aumenta la estabilidad dinámica: el área bajo la curva GZ ($\int GZ d\phi$) crece, es decir, se necesita más trabajo para volcar el buque.
 Si no se toman precauciones con respecto a las superficie libre y en el ejercicio no se dice que se haga esto, o ejemplo compartimentado el espacio donde se encuentra el agua, se genera una corrección GG" significativa, que reduce el GM efectivo y neutraliza el beneficio del lastrado.

Curvas GZ: Comparación de condiciones inicial, con lastre y con efecto de superficie libre



El efecto de superficie libre **anula el beneficio del lastre** e incluso puede **empeorar la estabilidad** del buque respecto a su condición original.
 La única forma de asegurar que el lastre sea efectivo es **evitar el movimiento libre del líquido** mediante:

- "Mamparos longitudinales (embolsillamiento),"
- "Compartimentación múltiple,"
- "O llenado completo del estanque."

El efecto de GG" es restado de la curva GZ teórica. Esto se ve en la fórmula modificada:

$$GZ_{\text{corregido}} = GZ_{\text{teórico}} - GG'' \cdot \cos(\theta)$$

f)

Para mejorar la estabilidad del buque en condición vacía sin comprometer la seguridad, el oficial de estiba debería optar por llenar completamente los estanques (100%) o vaciarlos totalmente (0%), evitando así el efecto de superficie libre. Si se requiere mantener lastre parcial, es fundamental dividir el estanque con mamparos longitudinales o usar varios estanques pequeños para minimizar la corrección GG". También puede considerarse el uso de pesos sólidos ubicados en fondos bajos. Estas medidas permitirán bajar el centro de gravedad y aumentar la estabilidad sin generar riesgos adicionales.