



ESTABILIDAD Y ESTIBA

LABORATORIO N° 2 - ARQUÍMEDES & CENTROS DE FLOTACIÓN

Instrucciones:

1. Este laboratorio se lleva a cabo en la Sala de Ingeniería ubicada en el patio de maniobras entre la Sala de dibujo y la Sala de Náutica.
2. Antes de llegar, lea el procedimiento de laboratorio para familiarizarse con los pasos necesarios para completar el laboratorio.
3. Traiga este cuestionario y una calculadora al laboratorio.
4. El laboratorio se realizará como un solo grupo. Cada uno de los alumnos deberá entregar el laboratorio completo en forma individual.
5. Siga las etapas del laboratorio en orden consecutivo. El laboratorio sigue un patrón de pensamiento lógico y avanzar sin completar las preguntas de la teoría de intervención limitará su comprensión de los conceptos cubiertos.
6. Para obtener una calificación completa, todo el trabajo debe ser mostrado durante el laboratorio. Escriba las ecuaciones generales utilizadas, la sustitución de números, despeje de unidades y respuestas finales.
7. Mantenga su estación de trabajo (incluido el piso) limpio y seco. Asegúrese de que todos los equipos y modelos vuelvan a su ubicación original cuando complete el laboratorio.

Información del Cadete

Nombre: DIEGO GONZÁLEZ RIVERO

Curso: 3^{er} LT

Fecha: 01/09/2025



ESTABILIDAD Y ESTIBA

Equipamiento del laboratorio

Para la realización de este laboratorio, se usará un estanque metálico con un modelo de madera que representa el casco de un buque como cuerpo flotante.

El estanque en el que se experimentará con el modelo ha sido equipado con un drenaje superior a través del cual rebalsará el agua desplazada y que deberá ser recogida para ser medida (masada). El drenaje permite mantener un nivel de agua constante dentro del estanque.

Se proporciona un recipiente adecuado para recoger el agua, una balanza para pesar el casco y el agua desplazada, una regla para mediciones, un peso de 1 kg y pesos de compensación y regla para medir.

Primera Parte: Principio de Arquímedes y determinación del desplazamiento

1. Determine la masa del modelo en la báscula y regístrelo a continuación.

Masa del modelo a escala (kg)	10,44 kg
-------------------------------	----------

Esta masa corresponde al desplazamiento (Δ) del modelo. El resto de la Primera Parte del laboratorio verificará este valor obtenido mediante dos técnicas diferentes a la báscula.

NOTA: La fuerza de boyantez es igual y contraria a la fuerza que ejerce la masa del modelo, Las unidades de medidas debiesen ser Newton, pero como a ambos lados de la ecuación se puede simplificar la aceleración de gravedad, nos referiremos a la fuerza de boyantez y a la del desplazamiento en términos de masa.

Medición del desplazamiento mediante el peso del agua desplazada

Llene el estanque hasta un nivel justo por encima de la altura del drenaje y permita que el exceso de agua fluya por el drenaje. Espere unos 5 minutos para que el agua deje de gotear. Mientras tanto determine la densidad del agua en que está flotando el modelo. Para ello se le pasará una botella de plástico transparente y un densímetro de flotación para que pueda determinarla.

Asegúrese de que el recipiente de plástico esté vacío, péselo y registre su peso en la tabla que se adjunta a continuación.

Instale el trozo de manguera en el drenaje y coloque el bidón de plástico sobre la báscula, de manera tal que toda el agua que se vierta por el drenaje sea recibido en el bidón azul y la masa del agua que sale del estanque pueda ser registrada sin desplazar el bidón del lugar. Coloque lentamente el modelo dentro del estanque utilizando las dos guías para mantener la posición de proa y de popa del modelo alineadas. Asegurándose de mantener el modelo en posición vertical.

Espere al menos 5 minutos para que el agua termine de gotear sobre la presa. Mientras espera, complete los pasos (4) a (7).



ESTABILIDAD Y ESTIBA

2. Vierta el agua del balde plástico en la bandeja y complete la tabla que se adjunta a continuación. Esta tabla solo requiere datos recopilados hasta este punto y la aplicación de los principios del curso (Arquímedes y equilibrio estático)

Masa del bidón azul (kg)	1,318 kg
Masa del agua y del bidón azul (kg)	11,568 kg
Masa del agua recolectada en el bidón (kg)	10,250 kg

Basándose en los datos recolectados, ¿cuáles serán los valores esperados para:

Magnitud de la Fuerza de Boyantez, F_B (kg)	100,5 [N]
Desplazamiento del modelo, Δ (kg)	10,25 kg

3. Explique cómo llegó al valor del desplazamiento del modelo.

Dado que según Arquímedes el desplazamiento es igual al volumen de agua que el dispositivo desplaza, lo que se realizó al recolectar el agua y medirla

→ la pérdida por goteo, salpicaduras y otros fueron motivo de la diferencia de 0,19 kg

Lea cuidadosamente el calado de proa y el de popa a la altura de las respectivas perpendiculares a ambas bandas. Retire el modelo del agua y con el modelo adrizado, mida la distancia desde la quilla a las marcas de proa y de popa. (Verifique que las marcas de calado coinciden con la quilla del modelo)

4. El calado medio (C_M) es el promedio entre el calado de proa y el calado de popa medidos en las respectivas perpendiculares. Use esta relación y sus observaciones del modelo flotando para completar los calados de la tabla continuación:

C_{Popa} (cm)	7,8
C_{Proa} (cm)	7,4
C_{Medio} (cm)	7,6
Asiento (cm)	0,4 → sentados

$$7,8 - 7,4 = 0,4$$



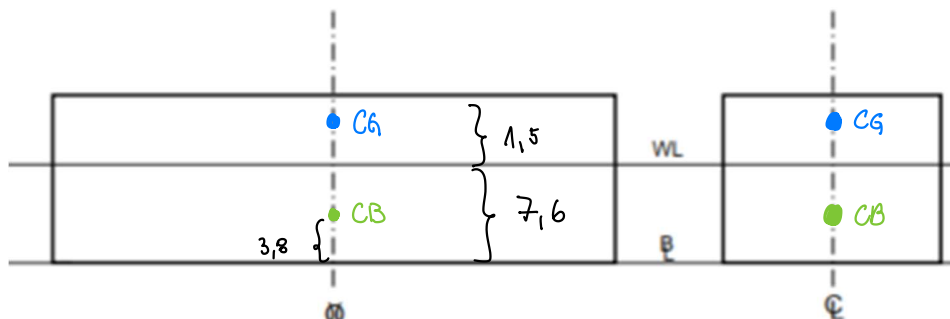
ESTABILIDAD Y ESTIBA

5. Utilizando el calado medio calculado, y asumiendo que el modelo es de densidad uniforme, estime los valores que indican la ubicación de los centros de flotabilidad (B) y gravedad (G) para el modelo flotante.

Puntal del modelo (cm): 18,2

Centroide	Parámetro	Valor en cm
Centro de Boyantes (B)	KB (VCB)	$7,6 : 2 \rightarrow 3,8$
	TCB	$0 \rightarrow en \phi$
	LCB	0
Centro de Gravedad	KG	$18,2 : 2 \rightarrow 9,1$
	TCG	0
	LCG	0

6. Confirme que entiende lo que significan estas cantidades mostrando la ubicación del centro de boyantez (B) y el centro de gravedad (G) en el corte y vistas del cuerpo del modelo simétrico a continuación. Asegúrese de localizar con precisión estos centroides respecto de la línea de flotación.





ESTABILIDAD Y ESTIBA

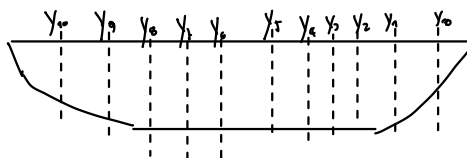
Medición del desplazamiento a partir del cálculo del volumen sumergido

7. En el siguiente espacio, calcule el área del plano de agua del modelo en el calado de flotación, usando la primera regla de Simpson. Para obtener el puntaje completo, asegúrese de incluir los siguientes pasos:
- Dibuje un bosquejo del área que usted está determinando.
 - Escriba la ecuación generalizada para la primera regla de Simpson o escriba la ecuación utilizada para determinar el volumen sumergido.
 - Calcule el área del plano de agua y marque su respuesta.

Media manga	Dimensión (cm)
Y_0	7
Y_1	20
Y_2	22,6
Y_3	24,5
Y_4	24,5
Y_5	24,5
Y_6	24,5
Y_7	24,5
Y_8	23,2
Y_9	21,3
Y_{10}	16,5

a)

Popa



b)

$$A = 2 \cdot \frac{h}{3} \left[Y_0 + 4(Y_1 + Y_3 + Y_5 + Y_7 + Y_9) + 2(Y_2 + Y_4 + Y_6 + Y_8) + Y_{10} \right]$$

$$h = \frac{L}{n} = \frac{92}{(11-1)} = 9,2$$

$$c) 2 \cdot \frac{h}{3} \left[7 + 4(22,6 + 24,5 + 24,5 + 23,2) + 2(20 + 24,5 + 24,5 + 24,5 + 21,3) + 16,5 \right]$$

$$= 2 \left[7 + 4(114,8) + 2(94,8) + 16,5 \right]$$

$$= 6,14 \cdot 672,3$$

$$= 4 \cdot 123,44 \text{ cm}^2$$

$$= 0,4123 \text{ m}^2$$



ESTABILIDAD Y ESTIBA

8. Ahora determine el volumen sumergido (∇) del modelo.

Nota: Asuma que el modelo tiene los lados verticales y que se puede calcular el volumen en forma similar a como lo haría con un rectángulo ($\text{área} \times \text{altura}$)

$$M = 0,076 \text{ m}$$

$$V = A' \cdot h$$

$$0,4123 \times 0,076 \approx 0,031 \text{ m}^3$$

9. ¿Por qué no se puede utilizar esta técnica para calcular el volumen sumergido de un casco de buque normal?

Debido a que un buque real no tiene lados verticales ni forma plana, resultando irregular.

10. Calcule la Fuerza de Boyantez del volumen sumergido y registre la densidad del agua del estanque.

$$F_B = \rho \cdot g \nabla \quad \text{y} \quad \Delta_{kg} = \rho \nabla$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta = 1000 \cdot 0,031338 = 31,338 \text{ kg}$$

$$F_B = 31,338 \cdot 9,81$$

$$\approx 307,43 \text{ N}$$

11. Ahora calcule el desplazamiento del modelo (Δ).

$$\begin{aligned} \Delta &= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,031338 \text{ m}^3 \\ &= 31,34 \text{ kg} \end{aligned}$$



ESTABILIDAD Y ESTIBA

Análisis de los resultados

12. A partir de las observaciones y cálculos que ha realizado, complete la siguiente tabla. Calcule el porcentaje de error en esa celda de la tabla comparado con el peso de escala real del modelo.

Técnica	Desplazamiento (Δ) Kg	Porcentaje de error	Explicación del error
Masa del modelo obtenido con la pesa	10,44	N/A	N/A
Masa del agua desplazada por el modelo	10,25	1,8%	-mov. del agua - goteo
Regla de Simpson	31,34	200%	permite los verticales

13. Explique ¿Cómo estos valores obtenidos permiten validar el Principio de Arquímedes y el principio de equilibrio estático?

Equilibrio est: Al flotar en reposo, la fuerza en A y B se encuentran en la misma vertical por lo cual deben equilibrarse para lograr esa condición evidenciada con la borsula.

ARQUÍMEDES: el resultado por rebalzo es así el mismo tanto que el el desplazamiento del buque es igual a la masa de agua que mueve.



ESTABILIDAD Y ESTIBA

Segunda Parte: Posición longitudinal del Centro de Flotación

14. Ahora coloque el modelo en el estanque y completa la siguiente tabla:

Condición SIN carga	
C Popa (cm)	7,0
C Proa (cm)	7,4
C Medio (cm)	7,6
Asiento (cm)	0,4

15. Estime cualitativamente la posición del Centro de Flotación (F) del modelo a escala. Encierre con un círculo la respuesta seleccionada.

A proa de la cuaderna ☐ en la cuaderna ☐ a popa de la cuaderna ☒

Agregue cuidadosamente un peso de 100 gr al modelo en línea de crujía, si no aprecia un cambio de calado, agregue un segundo peso de 100 gr.

16. Registre los nuevos calados en la tabla a continuación

Condición CON carga	
C Popa (cm)	
C Proa (cm)	
C Medio (cm)	
Asiento (cm)	

17. Comparando los datos obtenidos del modelo antes y después de colocar el peso, ¿Cuál fue el cambio experimentado en el asiento?

δ asiento = _____

¿Por qué ha pasado esto? (explíquelo en términos de fuerza y distancia)

18. ¿Cómo se llama el punto donde después de agregar el peso en el modelo, no hubiese experimentado un cambio de asiento? (δ asiento = 0 cm)



ESTABILIDAD Y ESTIBA

19. Mediante “prueba y error”, mueva el peso hasta lograr un “hundimiento paralelo”, sin asiento. Cuando lo haya logrado, complete la siguiente tabla

CON carga y sin asiento		
C _{Popa} (cm)	7,8	8
C _{Proa} (cm)		
C _{Medio} (cm)	6,3	9
Asiento (cm)	7,4	7,8

20. Mida la posición del peso respecto de la cuaderna maestra $\perp$ para determinar la posición longitudinal del Centro de Flotación en el modelo.

$$LCF = \underline{\hspace{2cm}}$$

21. Con los datos obtenidos de calado y peso, calcule los Kg por cm de inmersión (KPC) en el modelo.

$$KPC = \underline{\hspace{2cm}}$$

22. Utilizando los datos obtenidos, calcule el momento del modelo para cambiar el asiento en un centímetro (MCA 1 cm). Recuerde que el cambio de asiento

$$(\delta_{Asiento}) = \frac{w \times l}{MCA \ 1 \ cm}$$

Donde: w = peso que se agregó al modelo para lograr el cambio de asiento en la condición de carga con asiento y l = distancia longitudinal medida desde la posición del peso al centro de flotación.

23. Obtenga el momento para el cambio de asiento en 1 pulgada de las Curvas de Forma del Modelo, reemplace sus unidades por Kg o gramos y cm y compárela con el valor calculado. Si existen diferencias, explique a qué puede deberse según Ud.

24. Si el modelo hubiese sido construido en metal, pero manteniendo la misma forma del casco, ¿podrían utilizarse las curvas de forma que se entregan a continuación para determinar el centro de flotación (F)? Justifique su respuesta.



ESTABILIDAD Y ESTIBA
Anexo – Modelo del Laboratorio de Estabilidad



Componentes:

Casco

Cubierta de escotilla superior extraíble

Péndulo con peso

2 pesos de 100 gr

3 pesos de 50 gr



ESTABILIDAD Y ESTIBA

Curvas de Forma del Modelo

