



ESTABILIDAD Y ESTIBA

PRE LABORATORIO N° 2 - ACTIVIDADES PRE-LABORATORIO

ARQUÍMEDES & CENTROS DE FLOTACIÓN

Instrucciones:

1. Este prelaboratorio abarca la teoría que será utilizada experimentalmente en la ejecución práctica de laboratorio "Arquímedes & Centros de Flotación".
2. El pre-laboratorio debe ser completado y entregado antes de iniciar la ejecución del laboratorio.
3. Si puede, responda las preguntas sin consultar sus apuntes y sólo utilícelos cuando tenga dudas o no entienda un concepto. Esto le permitirá mejorar su comprensión de los conceptos que el laboratorio intentará reforzar.
4. Una vez que complete minuciosamente este pre-laboratorio, le será más fácil entender lo que el laboratorio intenta mostrarle y maximizará su rendimiento en su ejecución.
5. Para la evaluación de este trabajo debe entregar todas las hojas del mismo, incluyendo las ecuaciones utilizadas, la sustitución por números que realice en las ecuaciones, las unidades y sus respuestas finales.
 - a. La Ingeniería es comunicación.
 - b. Un trabajo limpio que muestra una progresión lógica es mucho más fácil de evaluar.

Información del Cadete

Nombre:

Ralf Follert

Curso:

3º

Fecha:

24/04/21



ESTABILIDAD Y ESTIBA

Equipamiento del laboratorio

Para la realización de este laboratorio, se usará un estanque metálico con un casco de buque como cuerpo flotante.

El estanque en el que flota el casco del modelo, ha sido equipado con un drenaje superior a través del cual rebalsará el agua desplazada, la que deberá ser recogida para ser medida. El drenaje permite mantener un nivel de agua constante en el estanque.

Se proporciona un recipiente adecuado para recoger el agua, una pesa para pesar el casco y el agua desplazada, una regla para mediciones y dos pesos de 1 kg cada uno.

Teoría

Principio de Arquímedes y equilibrio estático

En la primera parte del laboratorio, el desplazamiento (peso) del casco se determinará por tres medios diferentes:

- 1) • Pesar el casco en la pesa.
- 2) • Pesar el volumen de agua desplazada en la pesa.
- 3) • Calcular el volumen sumergido y utilizarlo para calcular la fuerza de empuje y el desplazamiento.

1. ¿Cuál de las técnicas indicadas será más exacta para determinar el peso?

Pesar el casco en la pesa. Por qué? Porque la medición es directa,
en cambio en las otras técnicas que necesitan de cálculos y esto con una gran cantidad
de error y de aproximación.

2. ¿Cuál de las técnicas descritas es aplicable a un buque de tamaño real?

La técnica 3 ¿Por qué? Porque para las otras técnicas,
se necesitaría de una pesa y un estanque gigante, las cuales no existen.

El principio de Arquímedes establece que:

Un objeto parcialmente o totalmente sumergido en un fluido, experimentará una fuerza vertical resultante igual en magnitud al peso del volumen de fluido desplazado por el objeto.

Esta fuerza vertical se denomina "fuerza de boyantes" (fuerza de flotación) y recibe el símbolo F_B .

3. Escribir la relación matemática descrita por el Principio de Arquímedes que vincula F_B con el volumen sumergido (V) de un cuerpo flotante.

d = densidad fluido
 g = gravedad
 V = volumen

$$F_B = d \cdot g \cdot V$$

• Suponiendo que el modelo está equilibrado, entonces, si está en equilibrio estático ya que no tendrá una fuerza externa que lo pueda desequilibrar (está en un estanque, unidas).



ESTABILIDAD Y ESTIBA

- Si el modelo en el tanque de agua flota positivamente, ¿está en equilibrio estático?
- ¿Cuáles son las dos condiciones necesarias para que un objeto esté en equilibrio estático?

Condición 1: La suma de las fuerzas sean cero.

Condición 2: La suma de los momentos sean cero.

- Utilizando las condiciones para el equilibrio estático, escriba la relación matemática que vincula la fuerza de flotación (F_B) experimentada por un cuerpo flotante y su peso o desplazamiento (Δ).

$$F_B - \Delta = 0$$

$$\Delta = \text{Peso total del buque}$$

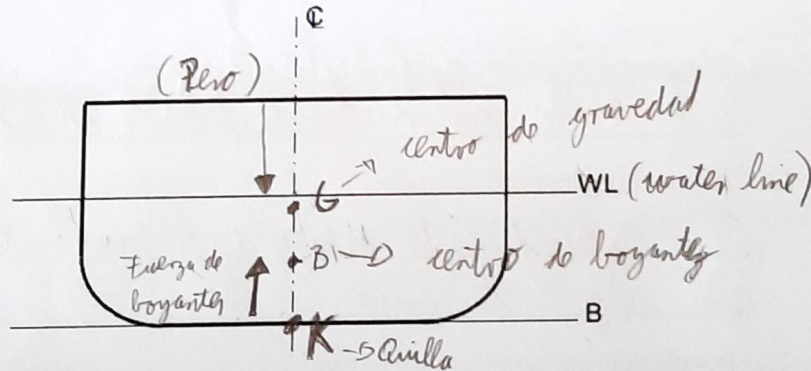
- Combine las expresiones dadas en (3) y (6) para dar la relación matemática que relacione el volumen sumergido de un objeto flotante (∇) con su desplazamiento (Δ).

$$F_B = d \cdot g \cdot \nabla$$

Formula $\rightarrow \Delta = d \cdot g \cdot \nabla$

- En la sección de casco flotante a mostrada a continuación, dibuje los dos vectores de fuerza descritos anteriormente, y muestre y nombre claramente los centroides a través de los cuales actúan.

Línea de cruzía



- Describa cómo se ubican las posiciones de los dos centroides de la figura superior en un buque, completando la tabla siguiente.

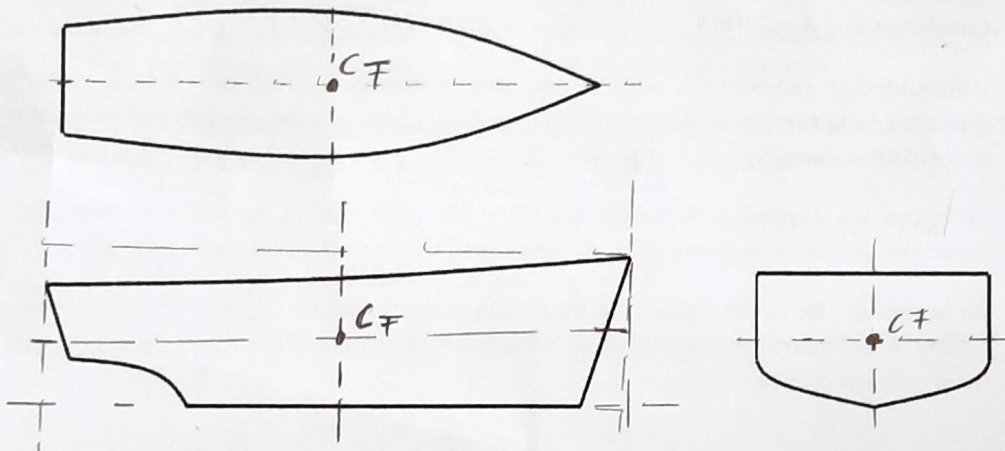
	Referenciado desde	Acrónimo	Nombre
Verticalmente	Quilla	KB	Posición vertical del centro de boyantez
		KG	Posición vertical del centro de gravedad
Transversalmente	Línea de cruzía	TCB	Centro transversal de flotabilidad
		TCG	Centro transversal de gravedad
Longitudinalmente	Línea de quilla	LCB	Centro longitudinal de boyantez
		LCG	Centro longitudinal de gravedad



ESTABILIDAD Y ESTIBA

Teoría de Centros de Flotación

10. En las tres vistas ortogonales de una forma de casco a continuación, dibuje en la línea de flotación, la línea central, el centro del barco, y muestre el centro de flotación en CADA vista.



11. ¿Cuál es el significado del centro de flotación con respecto a la línea de agua?

Es el punto sobre el cual el barco se eleva y cambia de acento.

12. Describa hundimiento paralelo:

Es un hundimiento uniforme y equilibrado del buque, sin ángulos de escora.

13. ¿Dónde debiera agregarse un peso a un buque para logra un hundimiento paralelo?

En el centro de flotación

14. Completa la siguiente tabla para describir como se referencia la posición del Centro de Flotación en un buque.

	Referenciado desde	Acrónimo	Nombre
Transversalmente	<i>Línea de cruz</i>	<i>TCF</i>	<i>centro transversal de flotación</i>
Longitudinalmente	<i>traversema maestra</i>	<i>LCF</i>	<i>centro longitudinal de flotación</i>



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 a un costado de la Sala de dibujo.
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 en grupos pequeños de 2 o 3. Su instructor especificará si el grupo o cada persona debe presentar el laboratorio completo.
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 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:

Ralf Follert

Curso:

3º

Fecha:

28/04/2021



ESTABILIDAD Y ESTIBA

PRIMERA PARTE: PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES Y DETERMINACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO

1. Pese el modelo en la báscula y a continuación registre su peso.

Peso del modelo a escala (kg)	12,284 Kg
-------------------------------	-----------

Este peso corresponde al desplazamiento (Δ) del modelo. El resto de la Primera Parte del laboratorio verifica este peso usando dos técnicas diferentes.

Medición del desplazamiento mediante el peso del agua desplazada

Llene el tanque a un nivel justo por encima de la altura del drenaje y permita que el exceso de agua fluya al balde. Espere unos 5 minutos para que el agua deje de gotear. Vacíe el balde y asegúrese también de que la fuente metálica rectangular (bandeja) se encuentre vacía.

2. Pese la bandeja metálica y registre su peso en la tabla que se adjunta en el punto 3. a continuación.

Instale el trozo de manguera en el drenaje y coloque la bandeja sobre la pesa, de manera tal que toda el agua que se vierta por el drenaje sea recibido en la bandeja y pueda registrarse su peso sin desplazarla de lugar. Coloque lentamente el modelo dentro del tanque, utilizando las dos guías del estanque para mantener la posición de la proa y de la popa de modelo. Asegurándose de mantener el modelo en posición vertical.

En el caso de no poder colocar la pesa bajo la bandeja, considere que después del flujo inicial de agua, el agua remanente que gotee puede ser recibida en el balde plástico, mientras se coloca la bandeja metálica en la pesa.

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

3. 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)

Peso de la bandeja metálica (kg)	1,232 Kg
Peso del agua y de la bandeja metálica (kg)	13,382 Kg
Peso del agua recolectada en la bandeja (kg)	12,150 Kg

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

Magnitud de la Fuerza de Boyantes, F_b (kg)	12,150 Kg
Desplazamiento del modelo, Δ (kg)	12,150 Kg



ESTABILIDAD Y ESTIBA

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

Porque el desplazamiento es igual al peso del modelo, y este a su vez es igual al peso del agua desplazada, por principio de Arquímedes.

5. 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 asegurándose que el modelo está bien adrizado, mida la distancia desde la quilla a las marcas de proa y de popa. (Verifique con una regla que las marcas de calado coinciden con la quilla del modelo)

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)	8	8
C Proa (cm)	9	9
C Medio (cm)	8,5	8,5
Asiento (cm)	1	1

8,5

6. Retire el modelo del agua y utilizando el valor de C_M y asumiendo que el modelo es de una densidad uniforme, estime el valor y la posición de los siguientes centroides: Centro de Boyantéz (B) y Centro de Gravedad (G) para el modelo.

Nota: El centro de gravedad de un cuerpo homogéneo, como el del modelo utilizado, es el centro del volumen de ese objeto.

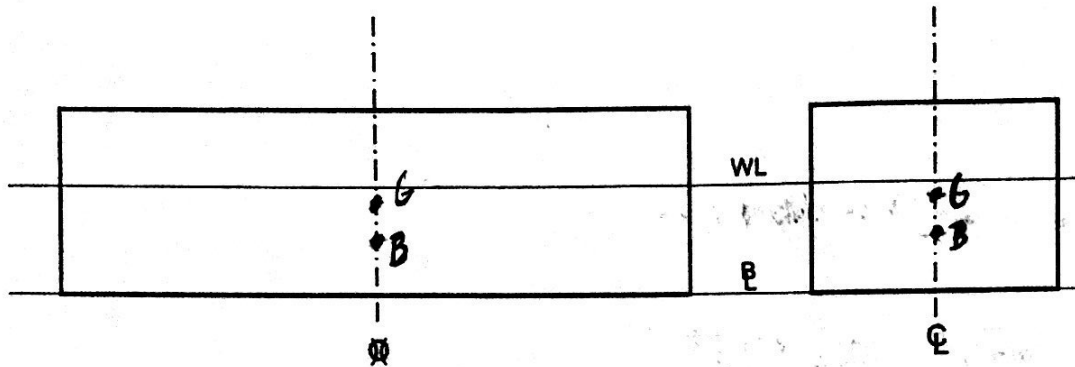
	Parámetro	Valor en Kg (Lb)
Desplazamiento	W (Δ)	12,150 Kg
Centroide	Parámetro	Valor en cm
Ubicación de la cuaderna maestra	∞	45,9 cm
Centro de Boyantes	KB (VCB)	4,25 cm
	TCB	0 cm
	LCB	0 cm
Centro de Gravedad	KG	8,5 cm
	TCG	0 cm
	LCG	0 cm

$$\Delta = \rho_{\text{agua}} \cdot g \cdot V_{\text{sumergida}}$$



ESTABILIDAD Y ESTIBA

7. Para confirmar que comprende estas cantidades, marque el Centro de Boyantes (B) y el Centro de Gravedad (G) en las vistas del plano lateral y en el de secciones del cuerpo homogéneo que se muestra a continuación. Asegúrese de ubicar con precisión estos centros respecto de la línea de flotación. (Asúmallo adrizado y sin asiento)



Determinación del desplazamiento mediante el cálculo del volumen sumergido

8. Pese a que aún no es materia pasada, en el espacio a continuación calcule el área del plano de flotación del modelo utilizando la primera regla de Simpson (Capítulo 2 – 2.8.1 Teoría de la Primera regla de Simpson- 2.8.2 Aplicación de la 1ra Regla de Simpson- y 2.9.1 Área de Plano de Flotación). Para obtener el puntaje completo, asegúrese de incluir los siguientes pasos: (Asumiendo que la manga es rectangular)

- El dibujo (croquis a mano alzada) del área que está calculando.
- Escriba la ecuación general de la primera regla de Simpson.
- Calcule el área del plano de flotación y destaque su respuesta en un cuadrado.

Manga total = 24,5

Semi-manga

A) 12,25



semi manga	multiplo	producto
12,25	1	12,25
12,25	4	49
12,25	2	24,5
12,25	4	49
12,25	2	24,5
12,25	4	49
12,25	1	12,25

manga completa

altura = 91,8 cm

$R = \frac{\text{altura}}{\text{nº intervalos}} = \frac{91,8}{6}$

$R = 15,3 \text{ cm}$

B) $\text{Área flotación} = \frac{1}{3} \cdot 15,3 \cdot 441$

C) $\text{Área flotación} = 2249,1 \text{ cm}^2$

$91,8 = 15,3$

$\text{Área flotación} = \frac{1}{3} \cdot h \cdot \text{manga completa}$

calado medio = 0,5 cm



ESTABILIDAD Y ESTIBA

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

Nota: En el modelo asuma ambos costados verticales y calcule su volumen como si fuese un cilindro (Área x Altura)

Área lateral = 2249,1 cm²



$$\nabla = 2249,1 \text{ cm}^2 \cdot 8,5$$

$$\nabla = 19.117,35 \text{ cm}^3$$

$$\nabla = 0,0191 \text{ m}^3$$

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

Porque el casco no tiene forma de cilindro, por lo que su Área es irregular

11. Calcule la Fuerza de Boyantes del volumen sumergido y la densidad del agua en el estanque.

$$F_B = \rho_{\text{agua}} \cdot g \cdot \nabla$$

$$F_B = \Delta$$

$$F_B = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,0191 \text{ m}^3$$

$$= 187,35 \frac{\text{Kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_B = 187,35 \text{ (N)}$$

$$\rho_{\text{agua}} = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\nabla = 0,0191 \text{ m}^3$$

$$F_B = \rho_{\text{fluido}} \cdot \nabla$$

$$F_B = 1000 \text{ Kg} \cdot 0,0191 \text{ m}^3$$

12. Ahora calcule el desplazamiento del cajón rectangular (Δ).

$$\Delta = \rho_{\text{fluido}} \cdot g \cdot \nabla$$

$$F_B - \Delta = 0$$

$$F_B = \Delta$$

$$\Delta = 19,1 \text{ Kg}$$

$$F_B = 19,1 \text{ Kg}$$

Si hubiese ocupado la manga 25 cm, daría 45 Kg



ESTABILIDAD Y ESTIBA

Análisis de los resultados

13. A partir de las observaciones y cálculos que ha realizado, complete la siguiente tabla.
Calcule el porcentaje de error en cada una de las alternativas de cálculo de desplazamiento.

Técnica	Desplazamiento (Δ) Kg	Porcentaje de error	Explicación del error
1) Peso del modelo obtenido con la pesa.	12,284 Kg	N/A	N/A
2) Peso del agua desplazada por el modelo.	12,150 Kg	1,09%	Se pudo haber perdido agua por resaca por vibración al momento de golpear el agua con la pesa.
3) Desplazamiento obtenido por regla de Simpson.	19,1 Kg	55,48%	Porque ocupamos valores de un cilindro, y esto no es la forma del casco de un buque.
4) Desplazamiento del modelo obtenido por C_m y Curvas de Forma.	10,5212 Kg (calculado en hoja del gráfico)	14,35%	El gráfico debe estar calculado para agua salada (mayor densidad), y como nosotros trabajamos en agua dulce el desplazamiento en el experimento fue mayor.

$$\% \text{ error} = \frac{\text{valor real} - \text{valor calculado}}{\text{valor real}} \cdot 100$$

$$2) \frac{12,284 - 12,150}{12,284} \cdot 100 = 1,09\%$$

$$3) \frac{12,284 - 19,1}{12,284} \cdot 100 = 55,48\%$$

$$4) \frac{12,284 - 10,5212}{12,284} \cdot 100 = 14,35\%$$



ESTABILIDAD Y ESTIBA

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

Estos valores permiten validar el principio de Arquímedes, porque el peso del cuerpo fue igual (o casi igual, con un pequeño margen de error) al peso del agua desplazada. Validando que para que un objeto flote, se requiere que el peso del objeto sea igual al peso del agua desplazada.

Además, ya que el valor del peso de objeto es igual al peso del fluido desplazado, la suma de estas fuerzas y momentos es igual a cero, lo que valida también el principio de equilibrio estático.



ESTABILIDAD Y ESTIBA

SEGUNDA PARTE: POSICIÓN LONGITUDINAL DEL CENTRO DE FLOTACIÓN

15. Repita los datos obtenidos en la parte 1, párrafo 6.

Condición SIN carga		
C Popa (cm)	8	8
C Proa (cm)	9	9
C Medio (cm)	8,5	8,5
Asiento (cm)	1	1

$8 - 9 = -1$
Inclinado

16. Estime cualitativamente la posición del Centro de Flotación (F) del modelo a escala.

Encierre en un círculo una de las respuestas a continuación.

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

Asegurándose de que tiene el balde listo para recibir el agua desplazada que salga del drenaje, agregue cuidadosamente un peso de 1 Kg al modelo en línea de crujía representada por el tornillo central de más a popa. Si el modelo se coloca inestable, utilice pesos más livianos que le serán proporcionados durante el laboratorio y registre como dato este nuevo peso.

17. Registre los nuevos calados en la tabla a continuación

Condición CON carga			
C Popa (cm)	9	9	9
C Proa (cm)	8	8,75	8,5
C Medio (cm)	9	8,75	8,75
Asiento (cm)	0	0,25	0,5

peso = 507 g

17 cm del medio al peso

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

$\Delta \text{asiento} = (1 - 0,25) = 0,75$

¿Por qué ha pasado esto? Explíquelo en términos de fuerza y momento

Se debe a la fuerza no se aplica y punto al punto pivote, ya que de esta manera podemos ver los cambios de estacionamiento.

19. ¿Cómo se llama el punto donde después de agregar el peso en el modelo, no hubiese experimentado un cambio de asiento? ($\Delta \text{asiento} = 0 \text{ cm}$)

Centro de flotación, porque se hubiese hundido paralelamente

$$\text{Cambio de asiento} = \text{Calado proa} - \text{Calado popa}$$



ESTABILIDAD Y ESTIBA

20. Mediante "prueba y error", mueva el peso hasta lograr un "hundimiento paralelo", sin asiento.

Cuando lo haya logrado, complete la siguiente tabla

pero al medio

$$\begin{aligned} 1 \text{ lb} &= 0,4535 \text{ kg} \\ 1 \text{ kg} &= 2,20462 \text{ lb} \\ 1 \text{ cm} &= 0,393701 \text{ in} \end{aligned}$$

CON carga y sin asiento	
C Popa (cm)	9
C Proa (cm)	9
C Medio (cm)	9
Asiento (cm)	0

21. Mida la posición del peso respecto de la cuaderna maestra $\mathcal{O}$ para determinar la posición longitudinal del Centro de Flotación en el modelo.

$$* \text{ LCF} = 0 \text{ cm} \rightarrow \text{el peso se puso sobre la cuaderna maestra (línea de flotación)}$$

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

$$0,507 \text{ kg} \rightarrow 9 \text{ cm}$$

$$\text{sin peso} \rightarrow 8,5 \text{ cm}$$

$$\text{KPC} = 1,014 \text{ kg/cm}$$

$$\frac{0,507 \text{ kg}}{0,5 \text{ cm}} = \frac{x}{1 \text{ cm}}$$

$$x = 1,014 \text{ kg}$$

23. Obtenga el valor de Libras por pulgada de inmersión (PPI) de las curvas de forma del modelo, reemplace sus unidades por Kg y cm y compárela con el valor calculado.

Si existen diferencias, explique a qué puede deberse según Ud.

$$\text{calado medio} = 8,5 \text{ cm} = 3,34 \text{ in}$$

$$\text{grafías} = 8,5 \text{ lb} \cdot \frac{1 \text{ in}}{2,54 \text{ cm}} \cdot \frac{0,4535 \text{ kg}}{1 \text{ lb}} = 1,51 \text{ kg/cm}$$

24. Utilizando los datos obtenidos, determine el momento para cambiar el asiento del modelo en 1 cm (MCA 1cm)

$$1 \text{ cm} \rightarrow 0,3937 \text{ in}$$

$$2,54 \text{ cm} \rightarrow 1 \text{ in}$$

25. Obtenga el momento para el cambio de asiento en 1 pulgada de las Curvas de Forma del Modelo, reemplace sus unidades por Kg y cm y compárela con el valor calculado.

Si existen diferencias, explique a qué puede deberse según Ud.

$$b_{\text{asiento}} = \frac{w \cdot l}{MCA \cdot H + 1}$$

$$b_{\text{asiento}} = 1'' = 2,54 \text{ cm}$$

$$MCA_1 = (\text{no está en la gráfica})$$

$$\text{calado medio} = 8,5 \text{ cm} = 3,34 \text{ in}$$

$$2,54 \text{ cm} = 1 \text{ in}$$

$$MCA_1 = 18,3 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

b_{asiento} = cambio asiento
 w = peso agregado
 l = distancia peso
 $MCA + 1$ = momento para cambiar el asiento

regla de 3:

$$\frac{3,34 \text{ in}}{18,3 \frac{\text{lb}}{\text{in}}} = \frac{1 \text{ in}}{x}$$

$$x = 5,47 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

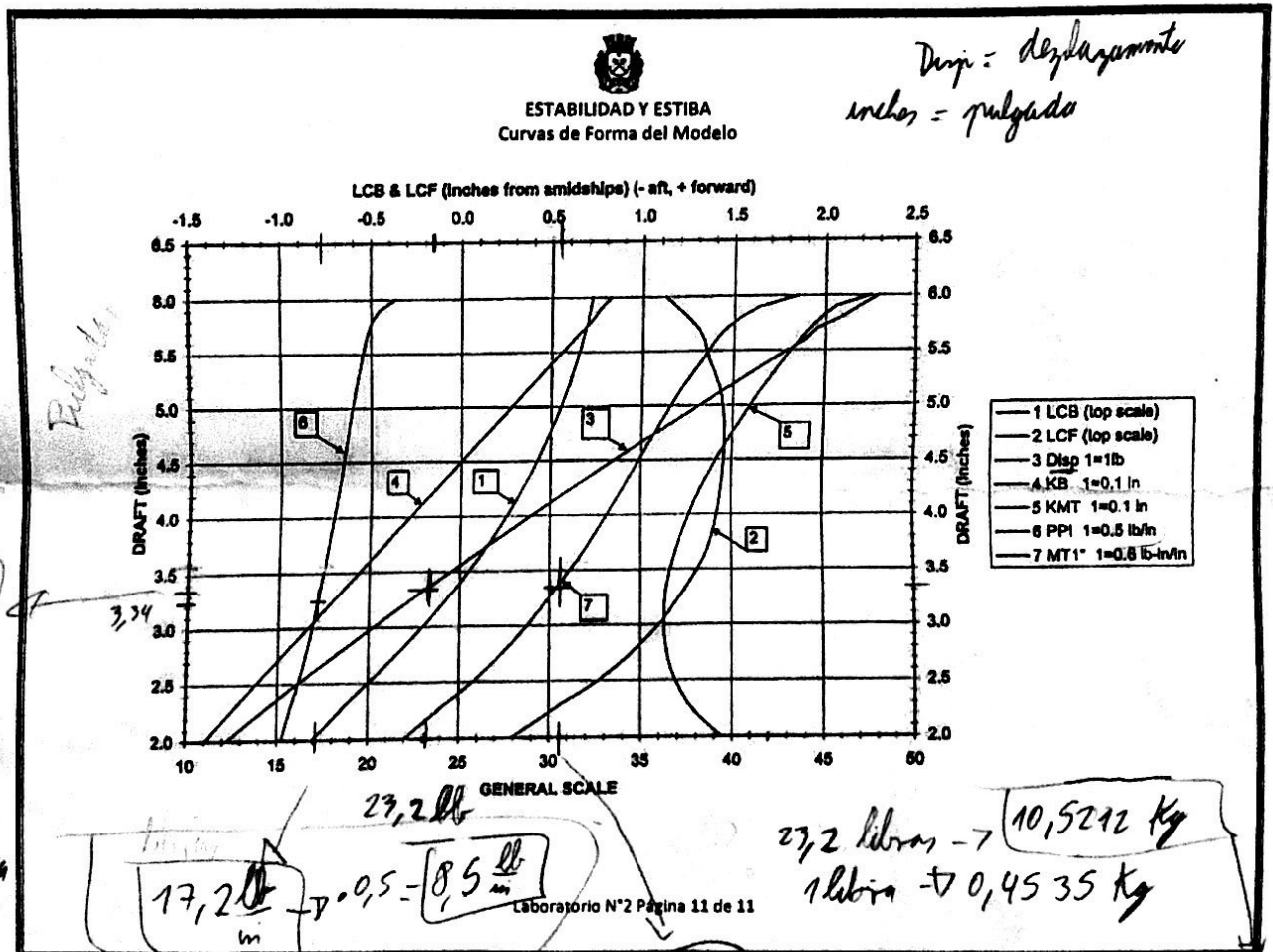
R: 0,97 kg Porque la gráfica del modelo no es una recta, pero nosotros lo calculamos como si fuera, ya que la gráfica no contiene 1 pulgada. Por lo tanto es una estimación y no es exacto

Calado medio

$$1 \text{ pulgada} = 2,54 \text{ cm}$$

$$3,34 \text{ pulgadas} = 8,5 \text{ cm}$$

$$\text{Calado medio} = 8,5 \text{ cm}$$



Calado medio

Pregunta 23:

$$17,2 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

$$\cdot 0,5 = 8,5 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

$$23,2 \text{ lb}$$

Laboratorio N°2 Pagina 11 de 11

$$23,2 \text{ libras} \rightarrow 10,5212 \text{ Kg}$$

$$1 \text{ libra} \rightarrow 0,4535 \text{ Kg}$$

$$4,25 \cdot 2,54$$

$$30,5 \text{ lb}$$

por grafica

$$25) 30,5 \text{ lb} \cdot 0,6 = 18,3 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

$$(24)$$