

Cálculo del proceso de varada para embarcaciones deportivas



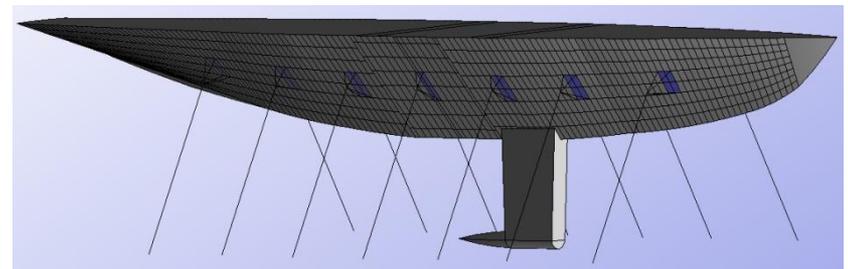
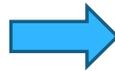
Trabajo realizado por:

Joan Garcia Alonso

Ingeniero en Sistemas y Tecnología Naval

Introducción

- * **Actualmente** el proceso de varada de las embarcaciones deportivas se desarrolla utilizando procedimientos orientados a la marina mercante, además de la experiencia empírica de los operarios.
- * El **objetivo** del trabajo es lograr un procedimiento que permita calcular la varada del buque, y que sirva de respaldo al proceso actual.



Procedimiento

Cálculo de la presión de diseño según la normativa



Cálculo de la carga máxima que puede desarrollar un puntal, para que el esfuerzo que sufra el panel no supere al producido por la presión de diseño.



Cálculo de los puntales necesarios según el peso de la embarcación, la distribución del peso y del esfuerzo máximo del puntal.

Datos del buque

- **Primeros datos disponibles:**

- Eslora

- Manga

- Tipo de embarcación:

- Motora

- Velero

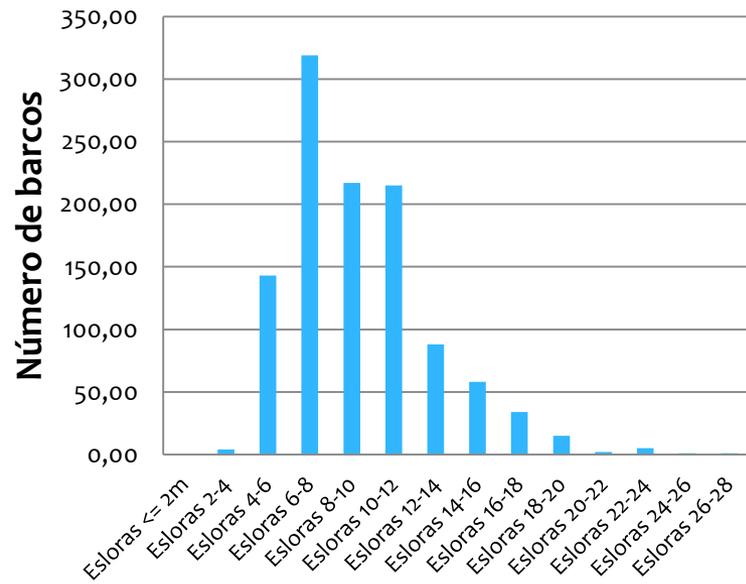
- Lancha

- Neumática

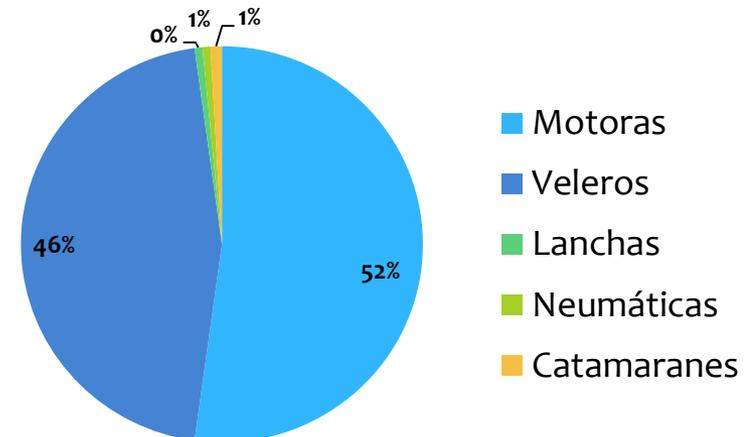
- Catamarán

Análisis de los datos de Port Ginesta

Barcos según su eslora



Tipos de barcos



UNE-EN ISO 12215-5

1. Cálculo de las presiones de diseño

$$P_{BMD} = P_{BMD\ BASE} \times k_{AR} \times k_{DC} \times k_L \text{ kN/m}^2$$

2. Ecuaciones de escantillonado

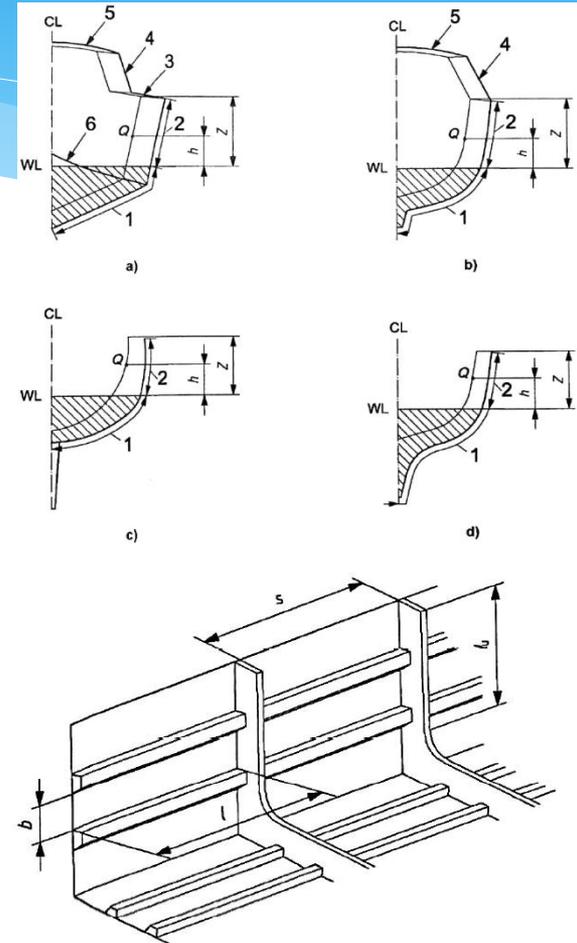
$$t = b \times k_C \times \sqrt{\frac{P \times k_2}{1000 \times \sigma_d}} \text{ mm}$$

3. Requisitos de los elementos de refuerzo

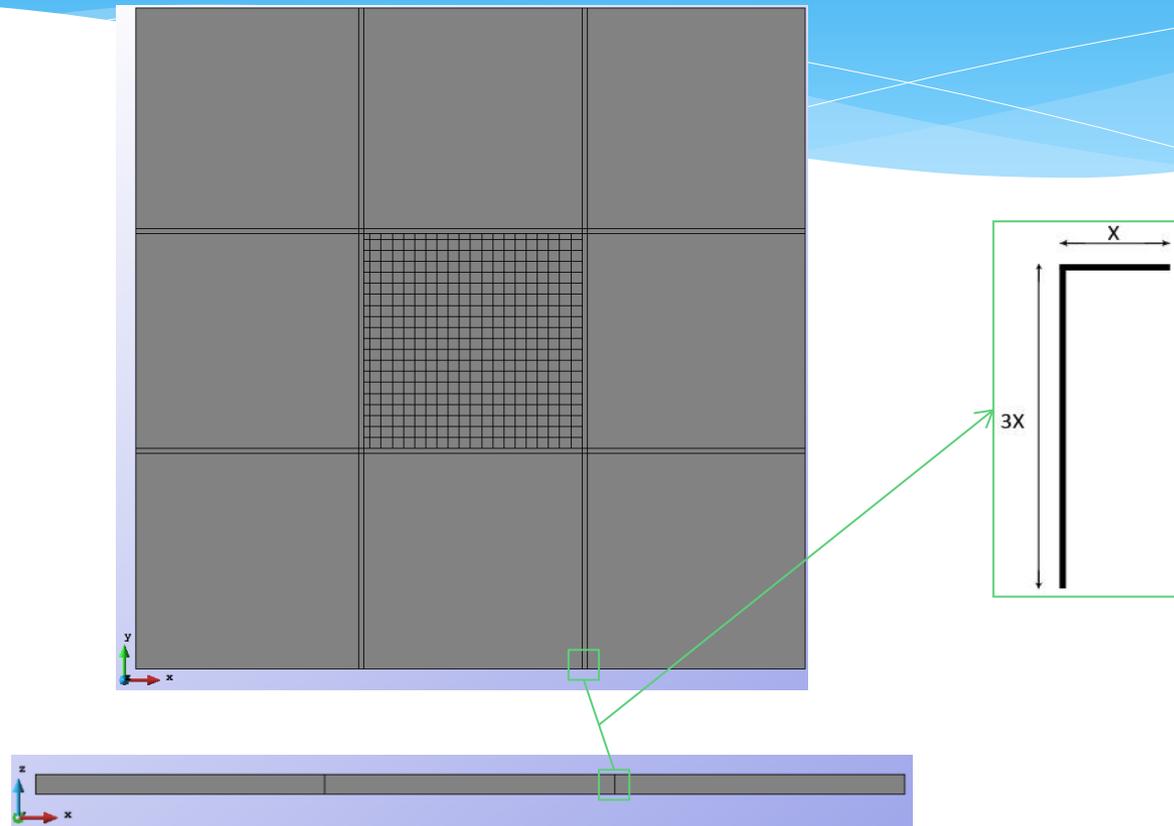
$$SM = \frac{83,33 \times k_{CS} \times P \times s \times l_u^2}{\sigma_d} 10^{-9} \text{ cm}^3$$

UNE-EN ISO 12215-5

- Cálculo de las presiones de diseño:
 - i. Presión de diseño en los **fondos** para las embarcaciones a motor
 - ii. Presión de diseño en el **costado** para las embarcaciones a motor
 - iii. Presión de diseño en el **fondo** de los veleros
 - iv. Presión de diseño en los **costados** de los veleros



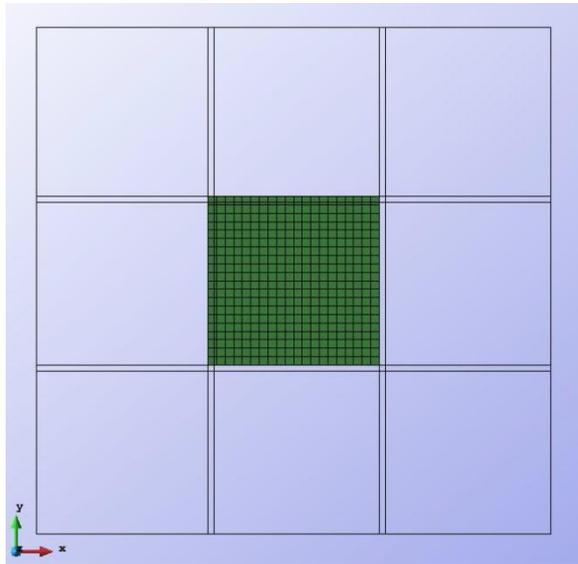
Modelo del sistema de planchas



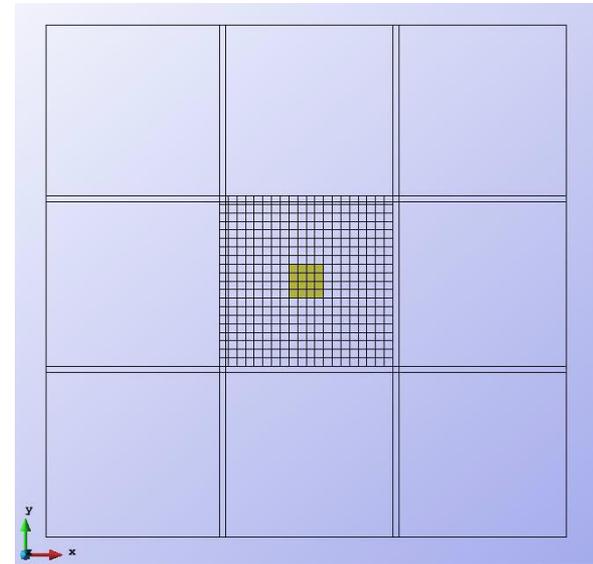
Sobre la **plancha central** se aplicará la presión de la normativa, y la fuerza de un puntal

Presiones del sistema

Zona de aplicación de la
Presión



Zona de aplicación del
Puntal



Factores influyentes en la simulación

1. Influencia de las **condiciones de borde:**
 - En todas las condiciones de borde estudiadas se obtienen **los mismos resultados.**
2. Influencia del **tamaño de la malla:**
 - Cuanto más precisa sea la malla mayor será el tiempo de cálculo requerido.
3. Influencia del **refuerzo:**
 - A mayor módulo resistente más centrados están los esfuerzos del sistema.

Relación entre el puntal y la presión de diseño

- * Roark's Formulas for Stress and Strain: planchas planas rectangulares.

- * Se **igualan** los esfuerzos generados por una presión repartida y los generados por una presión centrada, de forma que:

$$q \times b^2 \times \beta \geq W$$

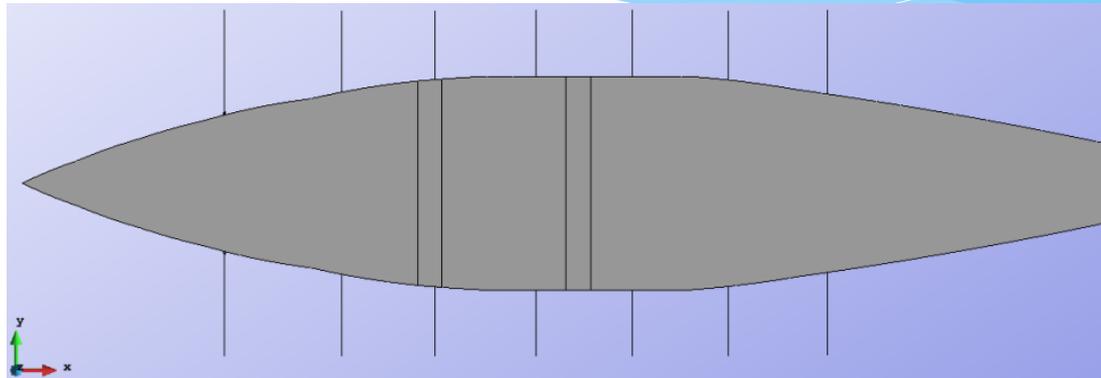
- * El libro proporciona valores para la β para planchas empotradas y apoyadas.

- * Se utiliza RamSeries para demostrar que los valores de la relación β para los paneles de una embarcación (paneles delimitados por refuerzos) **están en un punto medio de los valores anteriores**.

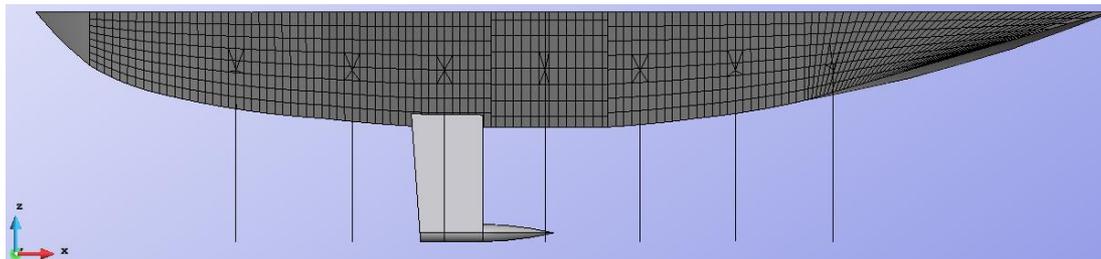
- * Los valores de β dependen de la geometría de la plancha.

Modelo del velero

Planta del velero

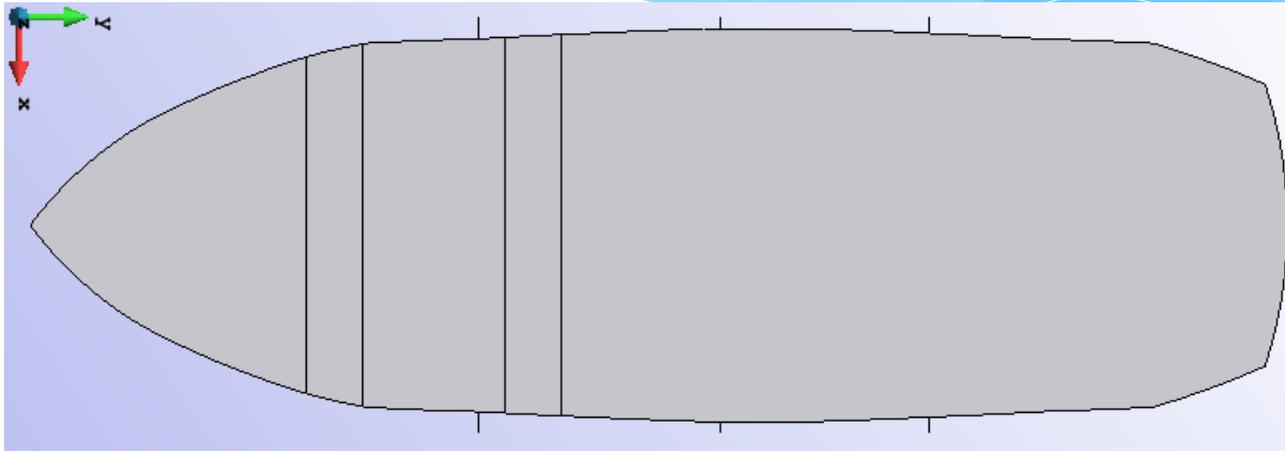


Alzado del velero

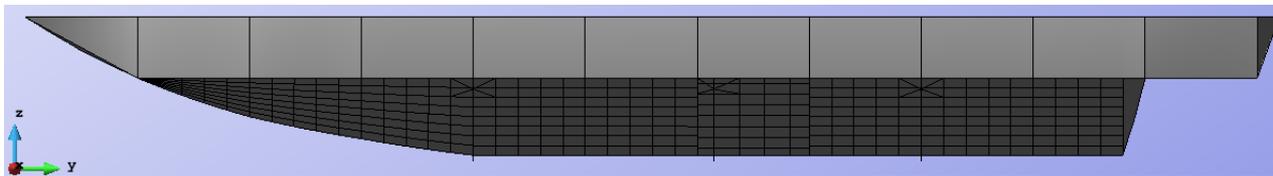


Modelo de la motora

Planta de la motora



Alzado de la motora



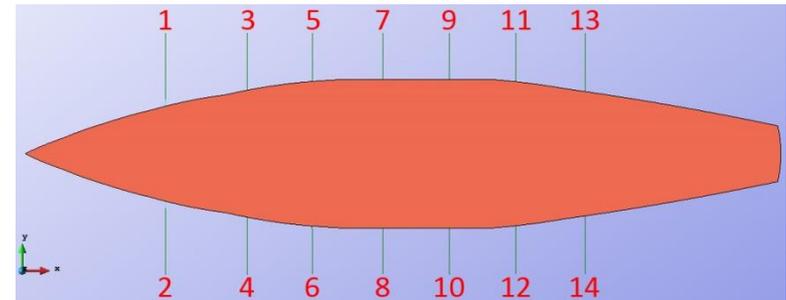
Condiciones de la simulación

- A. Sujeciones
- B. Cargas
- C. Material

Resultados de la distribución de peso

Resultados para el Velero

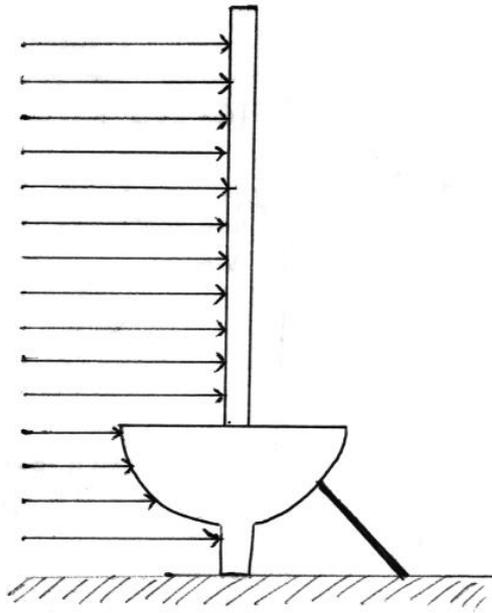
Elemento de apoyo	Reacción (N)	Porcentaje en el total
Puntal 1	1645,71	1%
Puntal 2	1646,34	1%
Puntal 3	704,017	0%
Puntal 4	704,395	0%
Puntal 5	30,7078	0%
Puntal 6	30,5572	0%
Puntal 7	886,315	0%
Puntal 8	886,366	0%
Puntal 9	1701,92	1%
Puntal 10	1702,22	1%
Puntal 11	2474,7	1%
Puntal 12	2475,25	1%
Puntal 13	3279,13	1%
Puntal 14	3279,94	1%
Orza en el eje Z	257054,25	92%
Orza en el eje Y	0,1313	0%
Sumatorio en el puntal	21447,568	8%
Sumatorio en la orza	257054,3813	92%



Resultados para la Motora

Se obtiene que el **100% de su peso** recae únicamente en su **fondo**.

Influencia del viento



- * En zonas tan cercanas al mar el viento tiene una alta influencia en la fuerza que deberán ejercer los puntales de la embarcación.
- * En el caso de los veleros además hay que tener en cuenta la fuerza que ejercerá el viento sobre el mástil.

Cálculo de la fuerza del viento

- * **Casco:** “Documento Básico SE-AE: Seguridad Estructural Acciones en la edificación”
- * **Mástil:** Normativa “IAP-11: Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera” capítulo **pilares:**
 - * Geometría similar a la del mástil.
 - * Permite seleccionar la velocidad del viento.
 - * Permite seleccionar la altura a la que se encuentra el mástil.

Diagrama de flujo

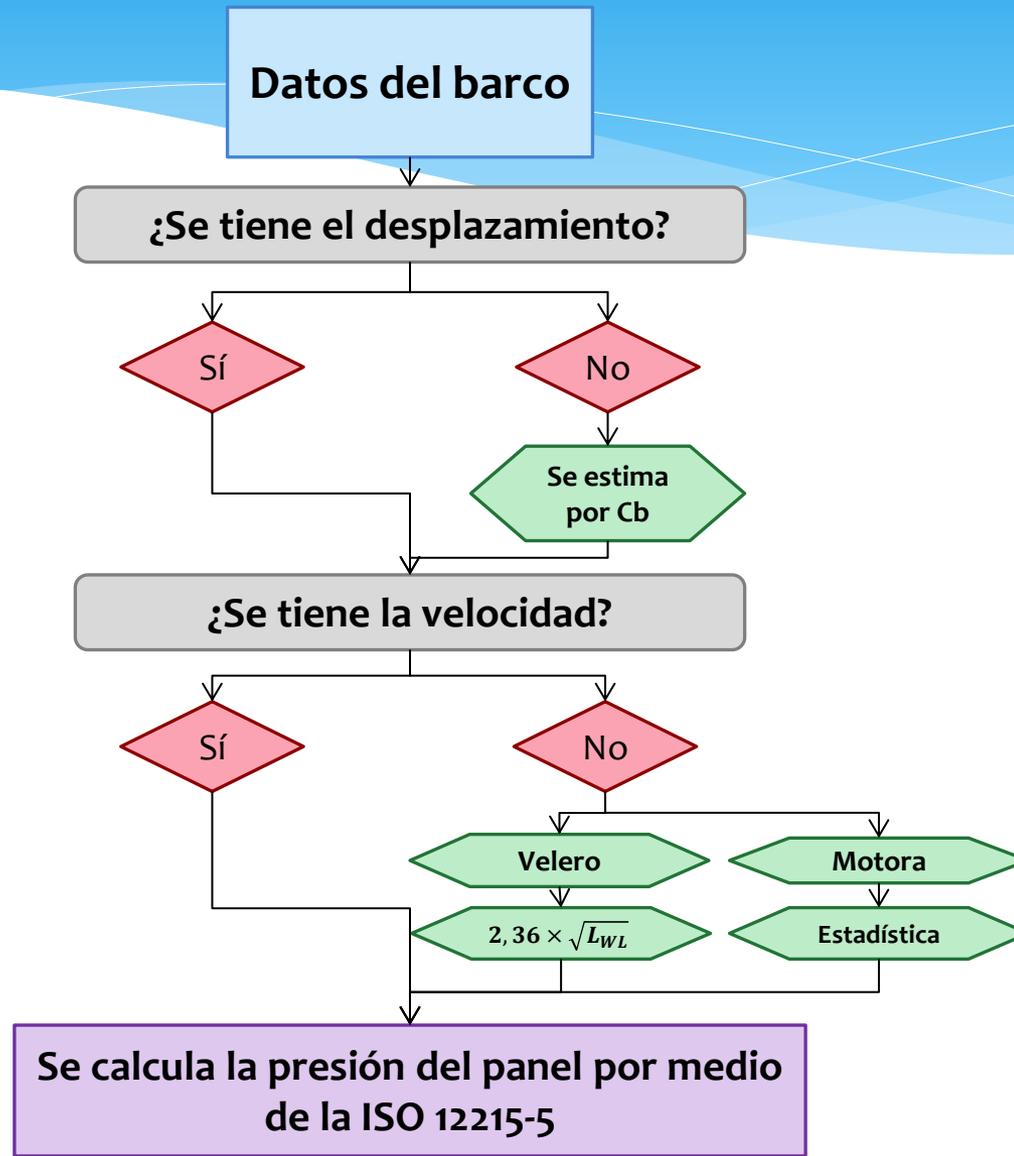


Diagrama de flujo

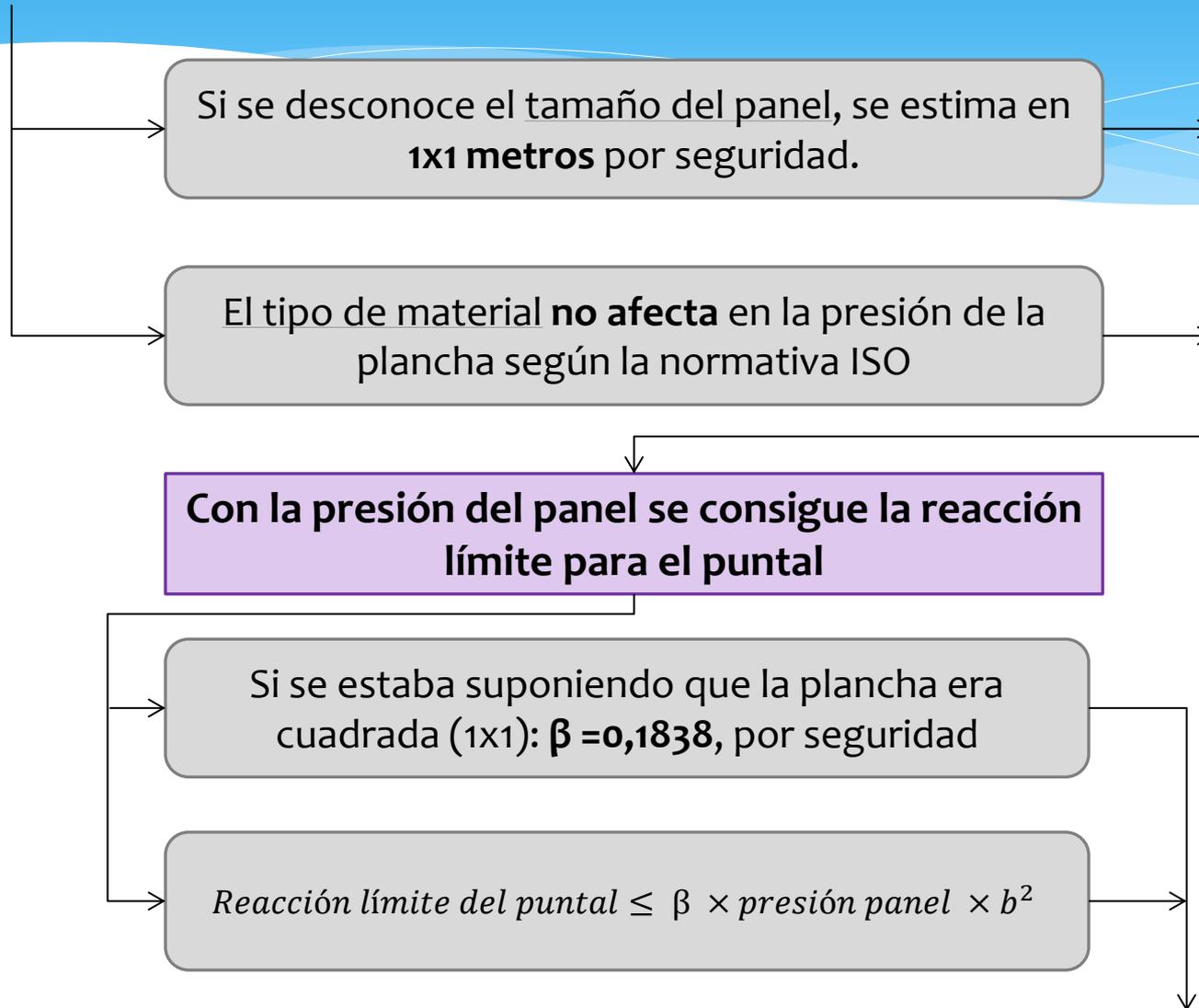
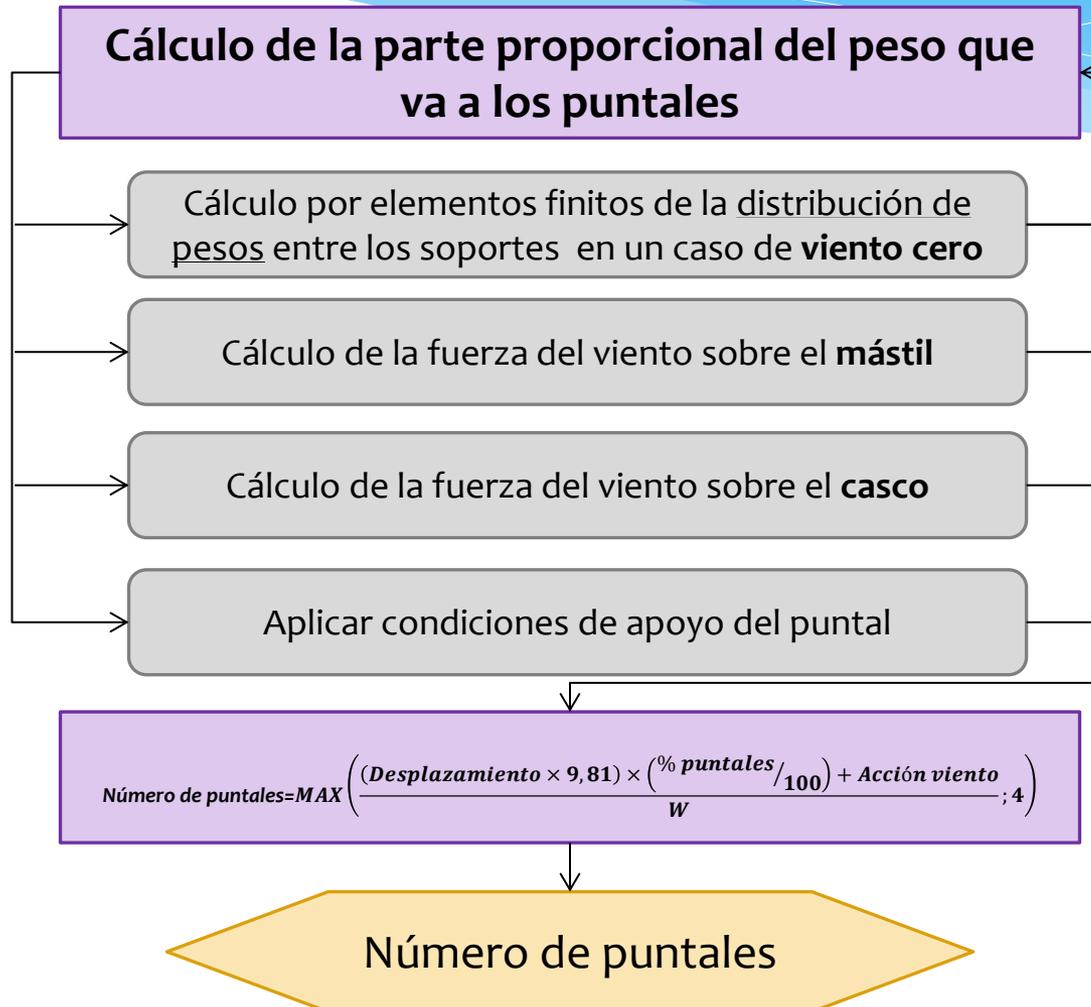


Diagrama de flujo



Cálculo propuesto

- El procedimiento elaborado determinará el número de puntales para realizar la varada por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Número de puntales} = \text{MAX} \left(\frac{(\text{Desplazamiento} \times 9,81) \times \left(\frac{\% \text{ puntales}}{100} \right) + \text{Acción viento}}{W}; 4 \right)$$

Primera validación

Datos

- **L** = 19,28 metros
- **B** = 5,39 metros
- **T** = 2,61 metros
- **Δ** = 33 toneladas métricas

- Número de puntales calculado = 5
- Número de puntales real = 9

5 ≤ 9 ✓



Segunda validación

Datos

- **L** = 16,76 metros
- **B** = 4,27 metros
- **T** = 1,00 metros
- **Δ** = 14,3 toneladas métricas

- Número de puntales calculado = 6
- Número de puntales real = 8

$$6 \leq 8 \checkmark$$



Resultados de las validaciones

Modelo	Velero/Motora	Puntales Reales	Puntales Calculados
Elan 33	Velero	4	4
Oyster 62	Velero	9	7
Chebec 63	Velero	7	6
Princess V55	Motora	8	6
Gallart 9 Europa	Motora	6	5

Conclusión

- **La correcta realización del objetivo del trabajo:** desarrollar un sistema objetivo para realizar la varada de embarcaciones de recreo.
- Resultados iguales o mejores a los reales.
- Procedimiento único y original.

Muchas gracias por su atención