

# Cálculo del proceso de varada para embarcaciones deportivas



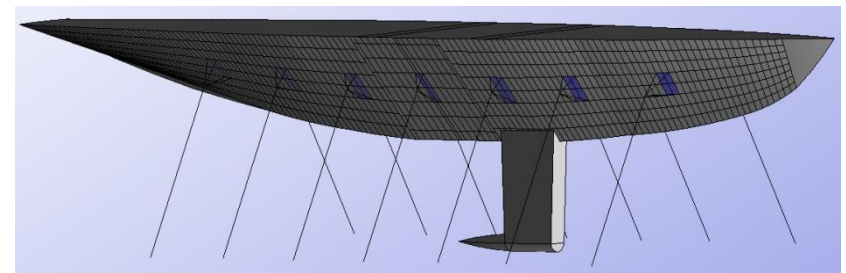
**Trabajo realizado por:**

**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

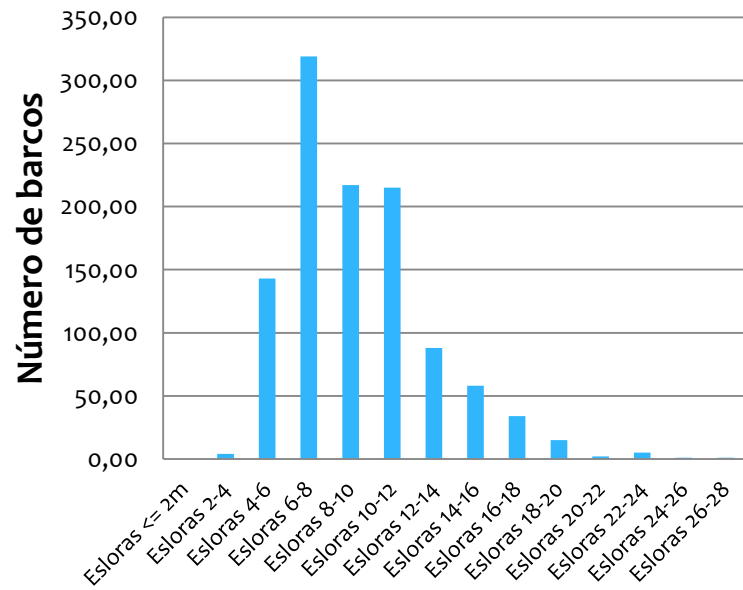
- Lancha

- Neumática

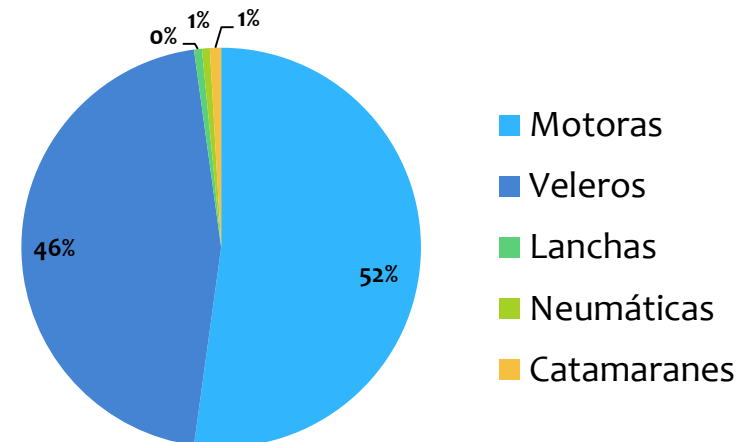
- Catamarán

# 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

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

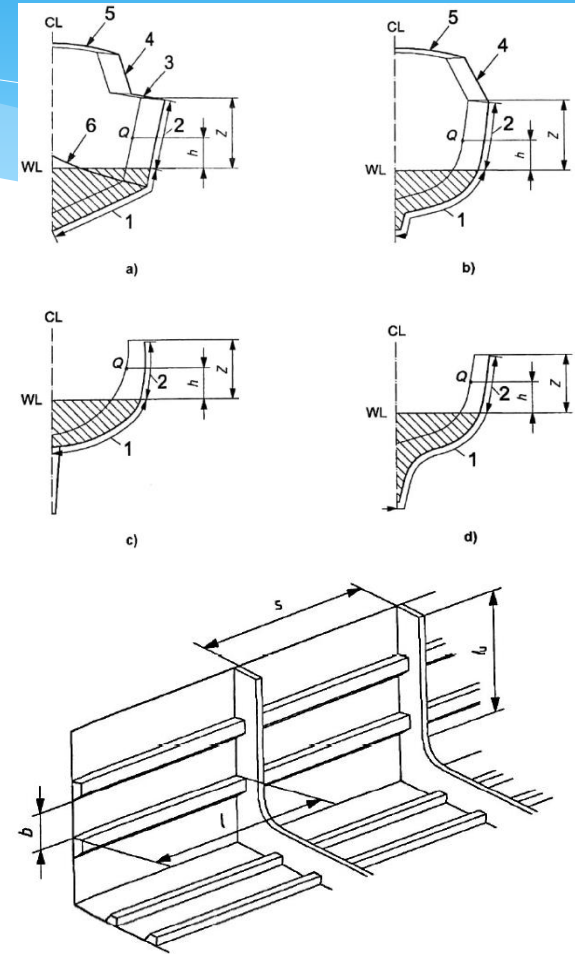
## 3. Requisitos de los elementos de refuerzo

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

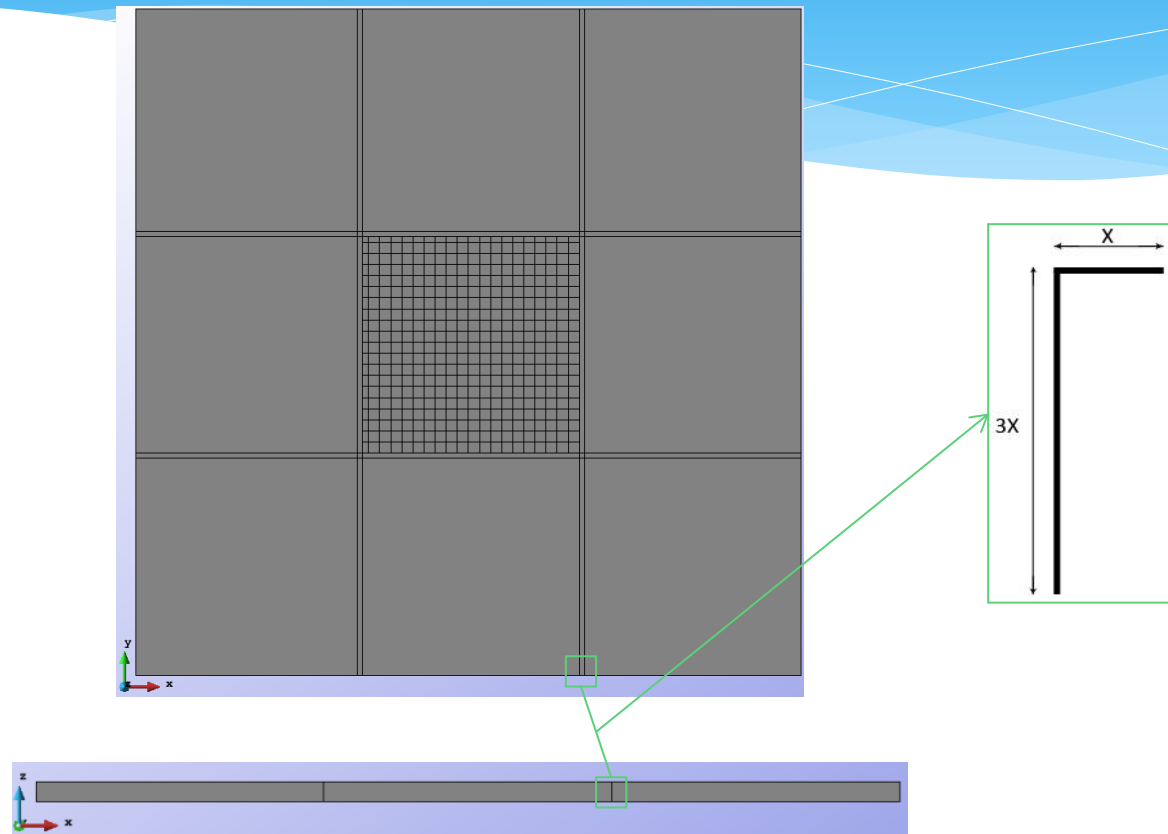
# UNE-EN ISO 12215-5

## ■ 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

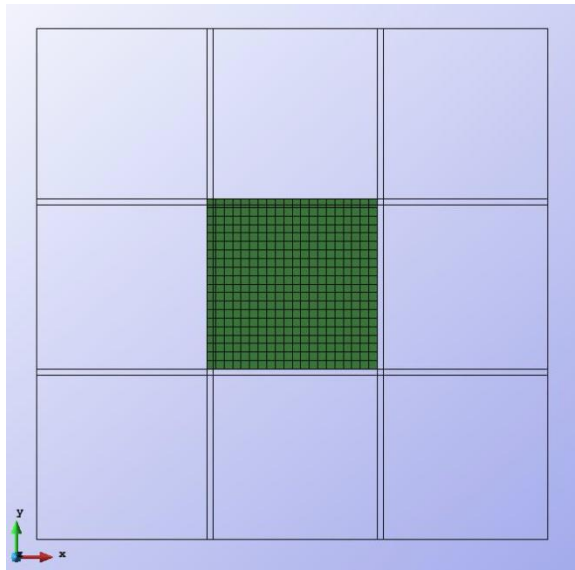


Sobre la **plancha central** se aplicará la presión de la normativa, y la fuerza de un puntal

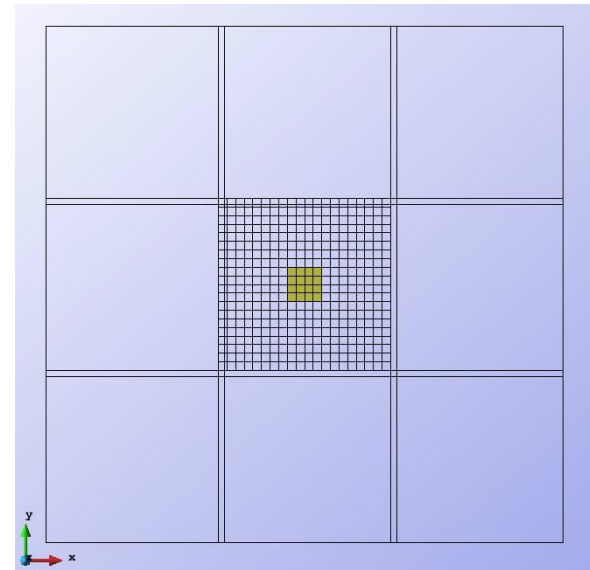


# Presiones del sistema

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:

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

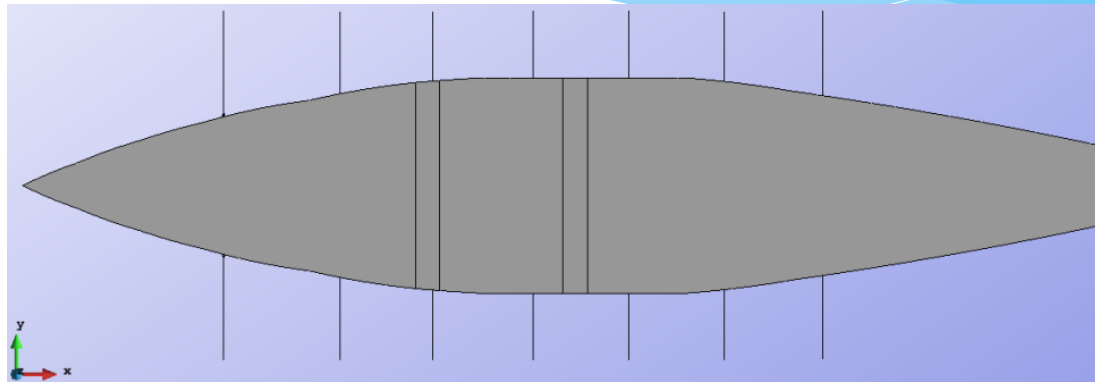
- \* El libro proporciona valores para la  $\beta$  para planchas empotradas y apoyadas.

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

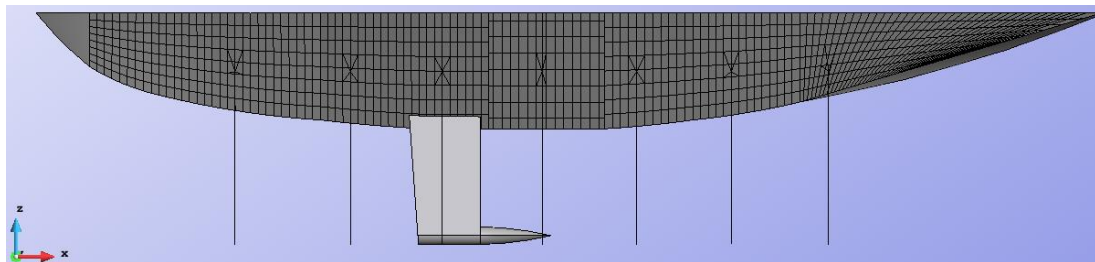
- \* Los valores de  $\beta$  dependen de la geometría de la plancha.

# Modelo del velero

## *Planta del velero*

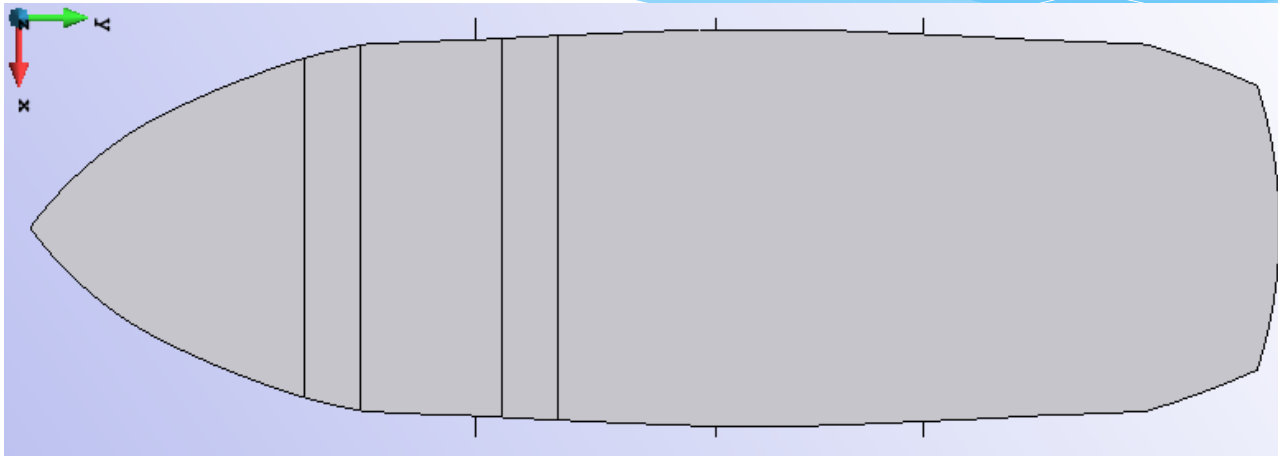


## *Alzado del velero*

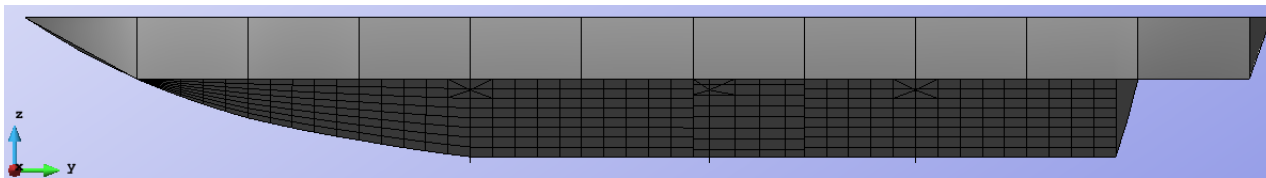


# Modelo de la motora

## *Planta de la motora*



## *Alzado de la motora*



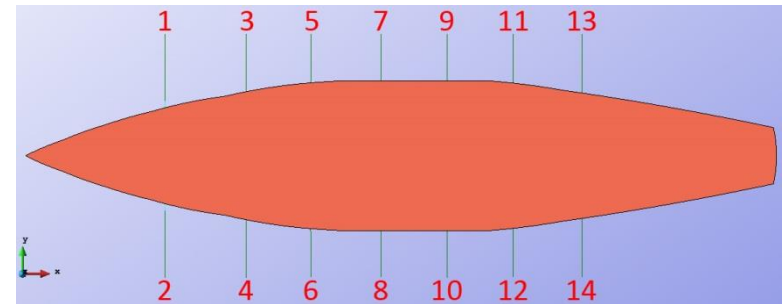
# Condiciones de la simulación

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

# Resultados de la distribución de peso

## Resultados para el Velero

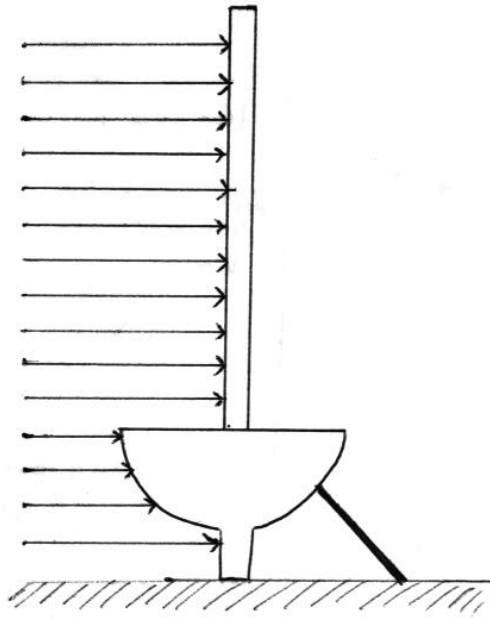
| Elemento de apoyo      | Reacción (N)       | Porcentaje en el total |
|------------------------|--------------------|------------------------|
| Puntal 1               | 1645,71            | 1%                     |
| Puntal 2               | 1646,34            | 1%                     |
| Puntal 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 | <b>21447,568</b>   | <b>8%</b>              |
| Sumatorio en la orza   | <b>257054,3813</b> | <b>92%</b>             |



## Resultados para la Motora

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

# Influencia del viento



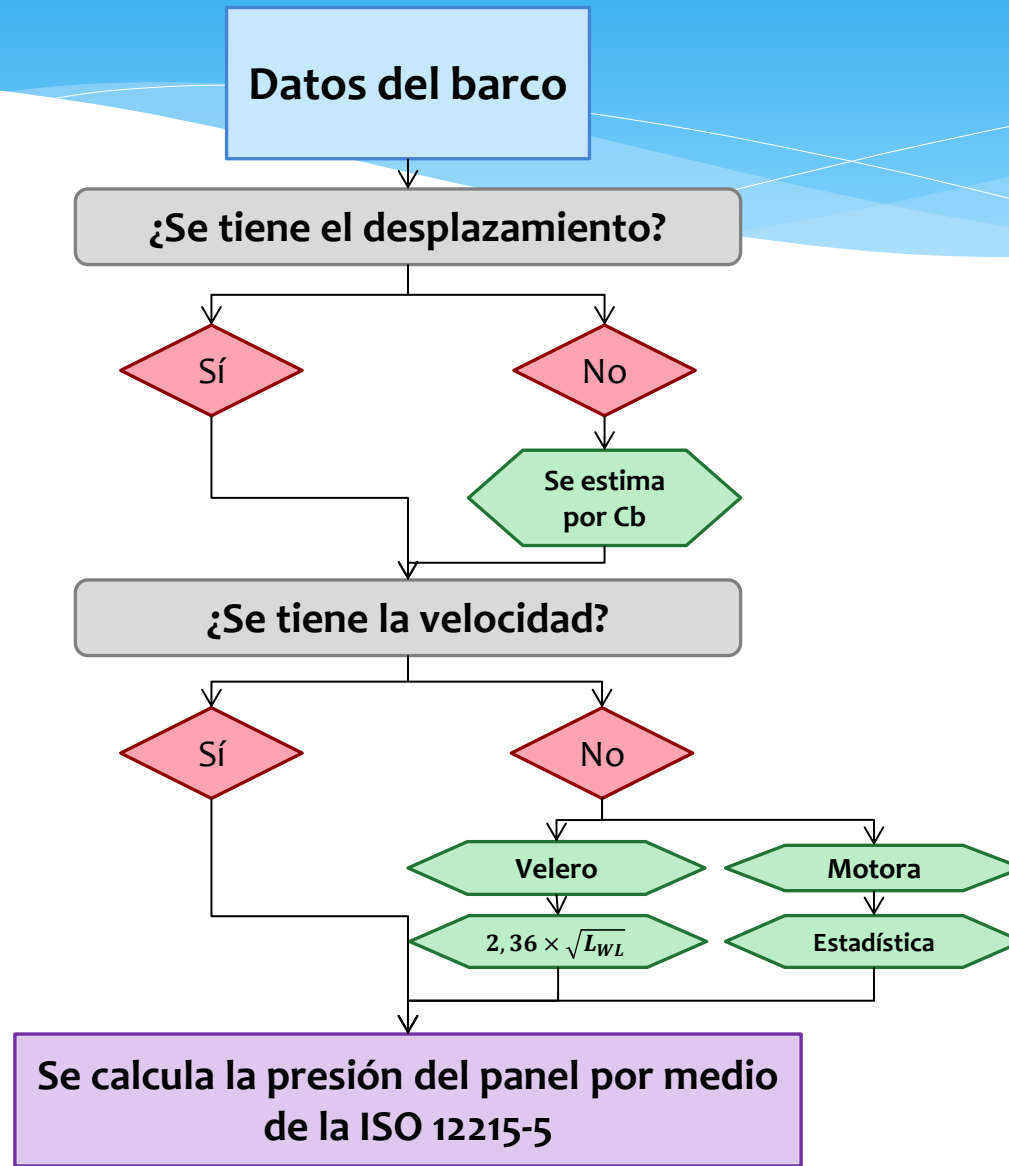
- \* En zonas tan cercanas al mar el viento tiene una alta influencia en la fuerza que deberán ejercer los puntales de la embarcación.
- \* En el caso de los veleros además hay que tener en cuenta la fuerza que ejercerá el viento sobre el mástil.



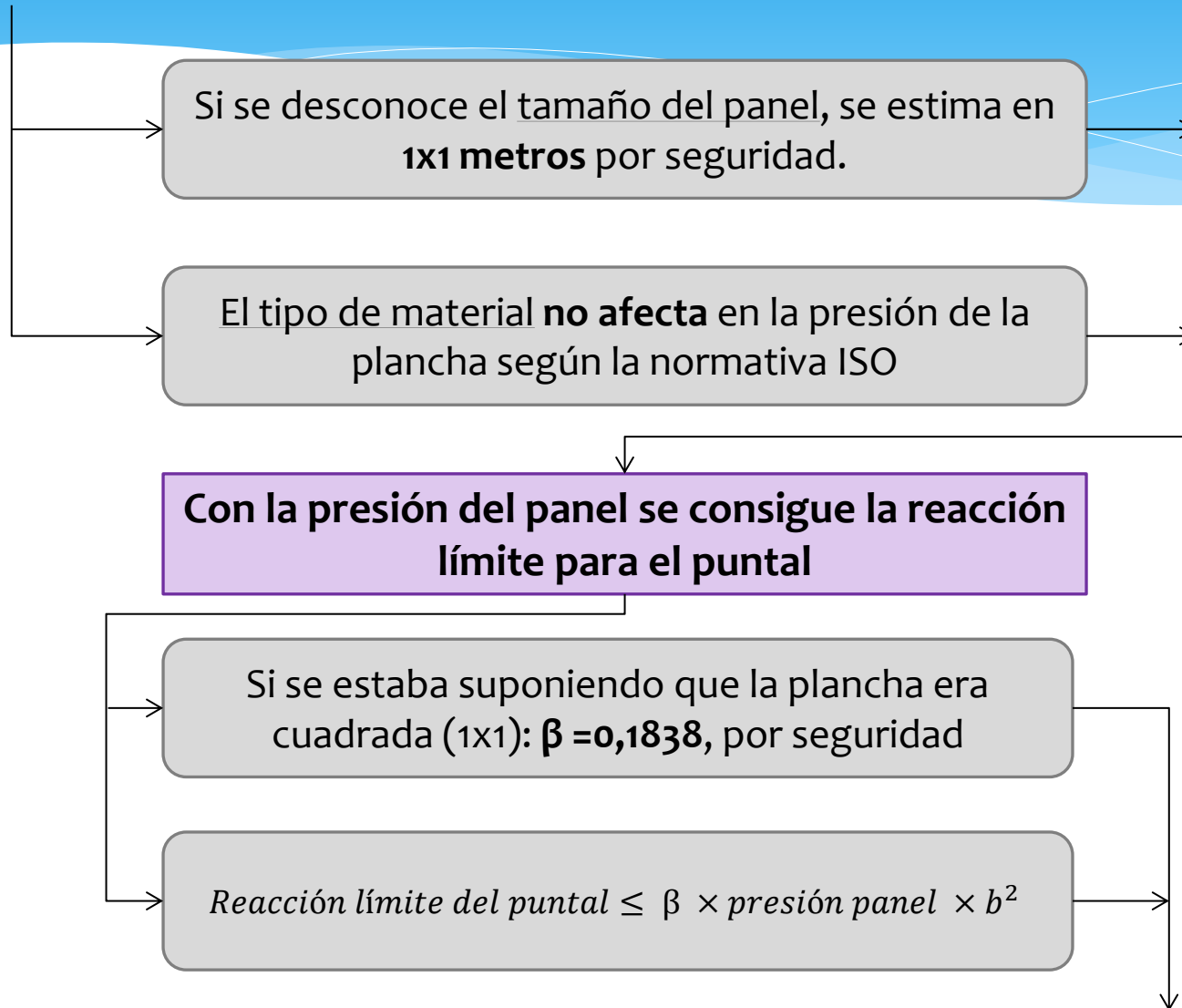
# Cálculo de la fuerza del viento

- \* **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.

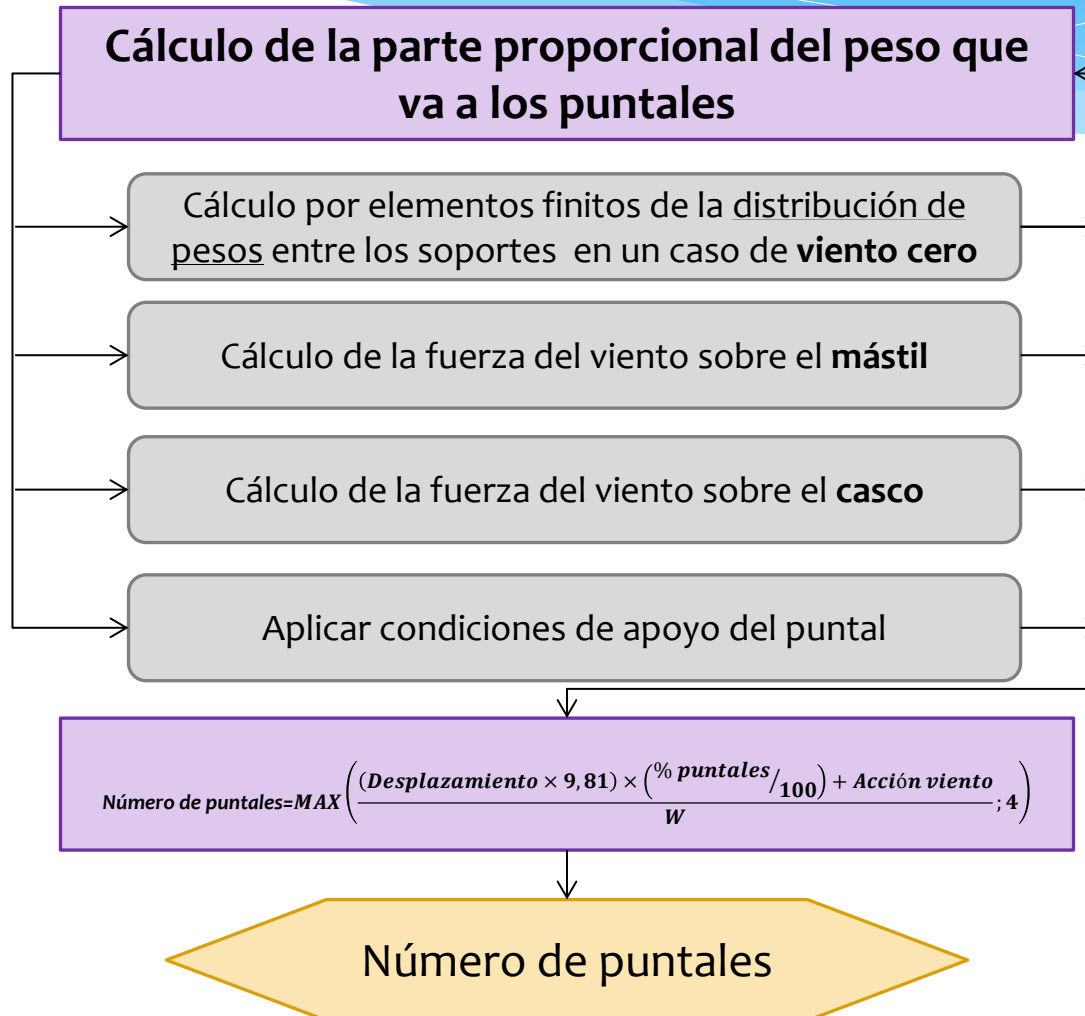
# Diagrama de flujo



# 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
- **$\Delta$**  = 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
- **$\Delta$**  = 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**