
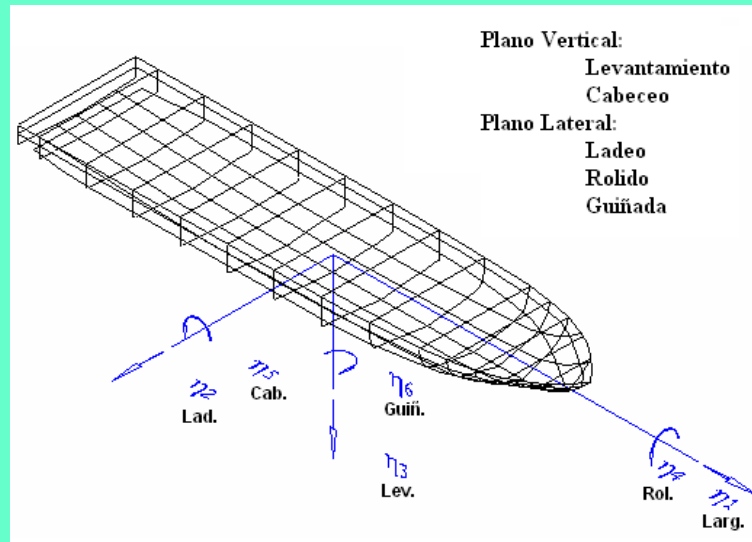


Estimación Probabilística del Francobordo de una Embarcación Menor Oceánica

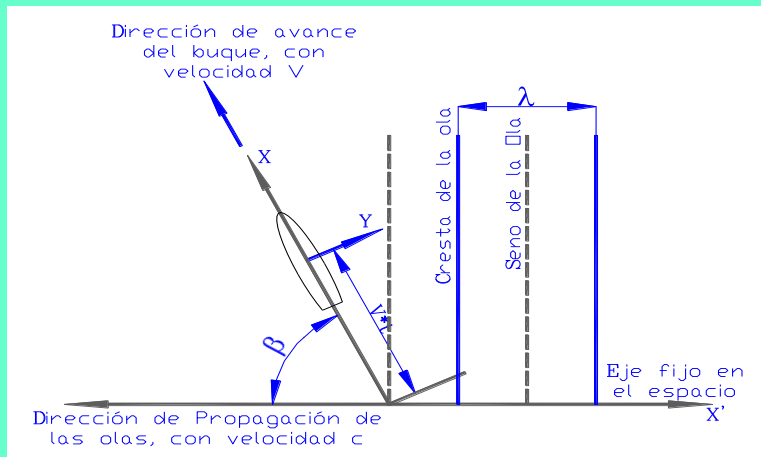
José R. Marín, Ph.D.,
Profesor, Fac. Ing. Marítima CC. del Mar, ESPOL
Guayaquil, Ecuador

- 1.- Movimientos y Convención de Signos
 - 2.- Ecuaciones de movimiento Plano Vertical
 - 3.- Respuesta a Olas Regulares
 - 4.- Respuesta a Mar Irregular
 - 5.- Francobordo requerido
 - 6.- Visualización de Resultados
- 

1. Movimientos y Convención de Signos



Buque respecto de un tren de olas



$$\omega_e = \omega_0 - kV \cos \beta$$

$$\eta(x, y, t) = a \sin \left[k(-x \cos \beta + y \sin \beta) + \omega_e t \right]$$

2. Ecuaciones de Movimiento (Plano Vertical)

2da de Newton : $\sum F_z = M\ddot{\eta}_G$ y $\sum M_y = J_0\ddot{\theta} - x_G M\ddot{\eta}_G$

Teoría de Fajas, Linearizadas :

$$a'\ddot{z} + b\dot{z} + cz - d\ddot{\theta} - e\dot{\theta} - g'\theta = Z_w(t)$$

$$A\ddot{\theta} + B\dot{\theta} + C\theta - D\ddot{z} - E\dot{z} - G'z = M_w(t)$$

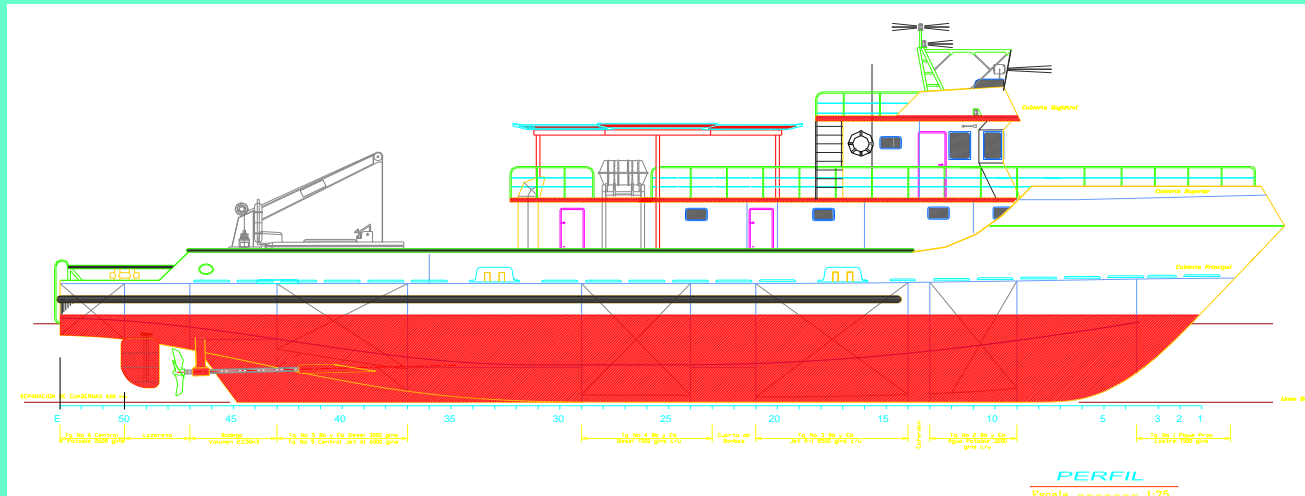
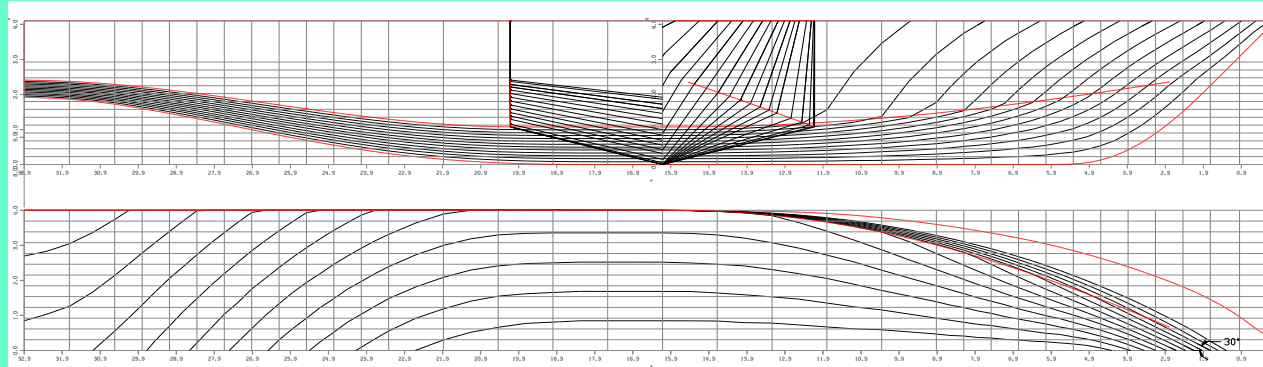
Sec.Media : $z = z_o \text{sen}(\omega_e t + \delta)$

Solución:

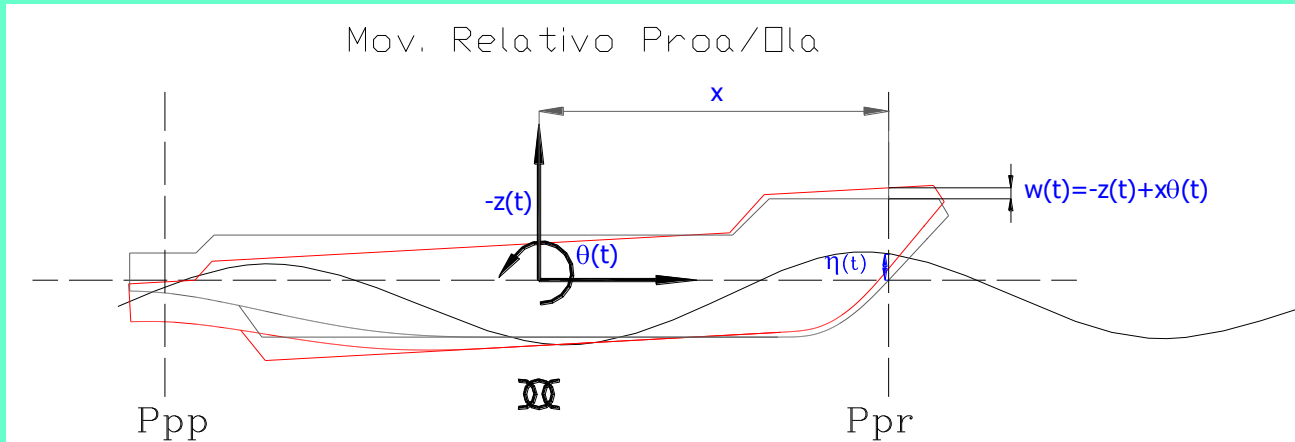
Rotación y : $\theta = \theta_o \text{sen}(\omega_e t + \gamma)$

3. ... Respuesta a Olas Regulares

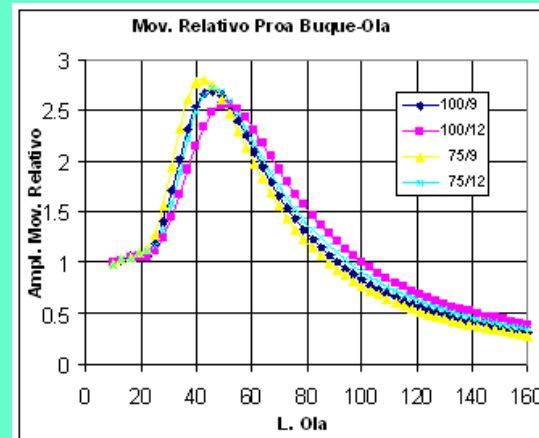
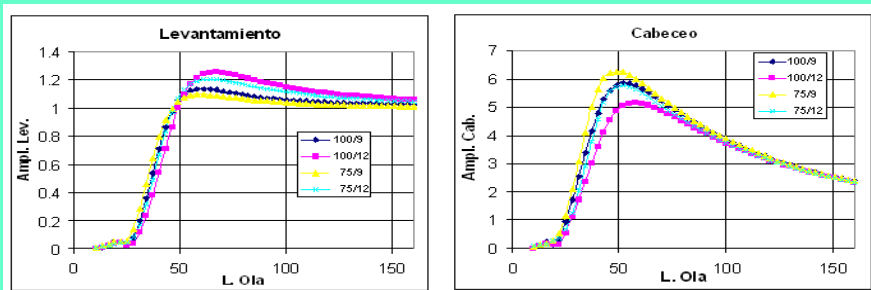
L_{pp} : 28.8 m B : 8.0 m D : 3.40 m T : 2.37 m C_B : 0.50



3. ... Respuesta a Olas Regulares:



Olas de Proa, Amplitud de ola: 1 metro



Programa SCORES, Raff, 1972

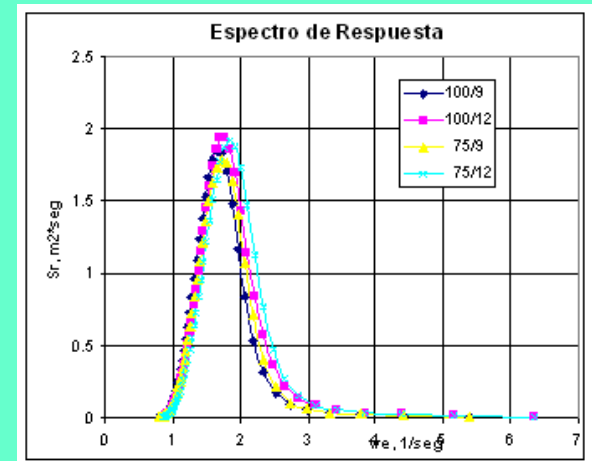
4. Respuesta a Mar Irregular

Espectro de Mar (ITTC) $S_{\eta}(\omega) = \frac{A}{\omega^5} \exp(-B/\omega^4)$

	E. Mar 4	E. Mar 5
$H_{1/3}$	2.01 m	2.68 m
T_1	5.57 seg	6.41 seg

Respuesta: Amplitud del Movimiento de la Proa respecto de la superficie de la ola

Espectro de Respuesta: $S_w(\omega_e) = \|w\|^2 S_{\eta}(\omega_e)$

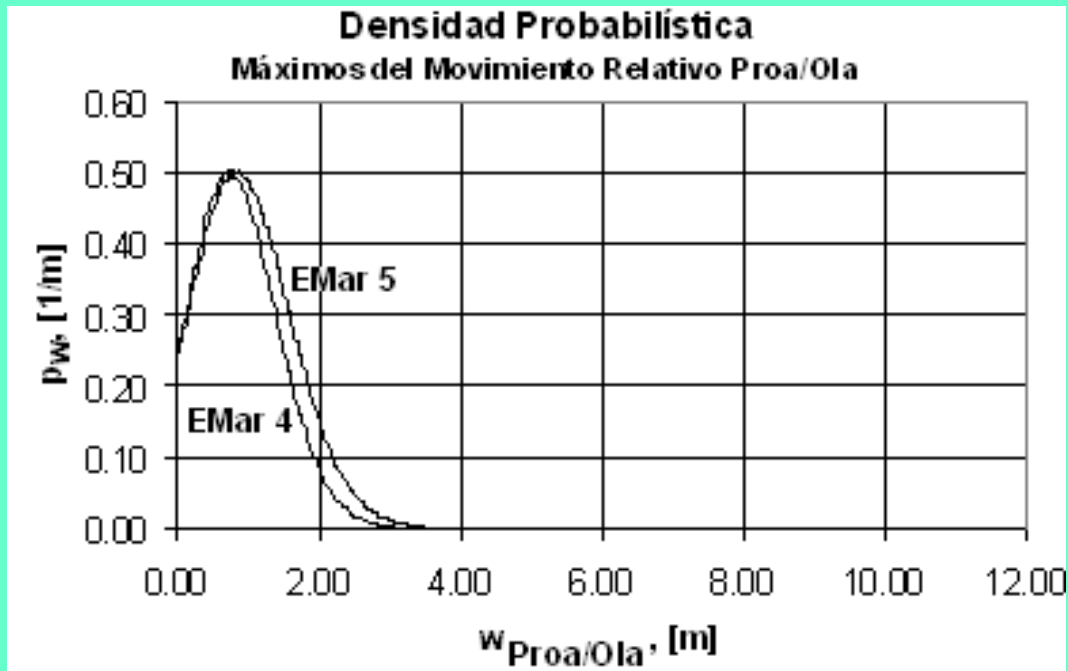


Densidad probabilística para máximos de la respuesta:

$$p^1(E) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left\{ \varepsilon \exp \left[-\frac{(E/\varepsilon)^2}{2} \right] + E \sqrt{1 - \varepsilon^2} \exp \left[-\frac{E^2}{2} \right] \phi \left(\frac{E \sqrt{1 - \varepsilon^2}}{\varepsilon} \right) \right\}$$

donde: $E = w/\sqrt{m_0}$

4. ... Respuesta a Mar Irregular



$$P(F_b) = \int_{F_b}^{\infty} p^1(z) dz$$

5. Francobordo Requerido

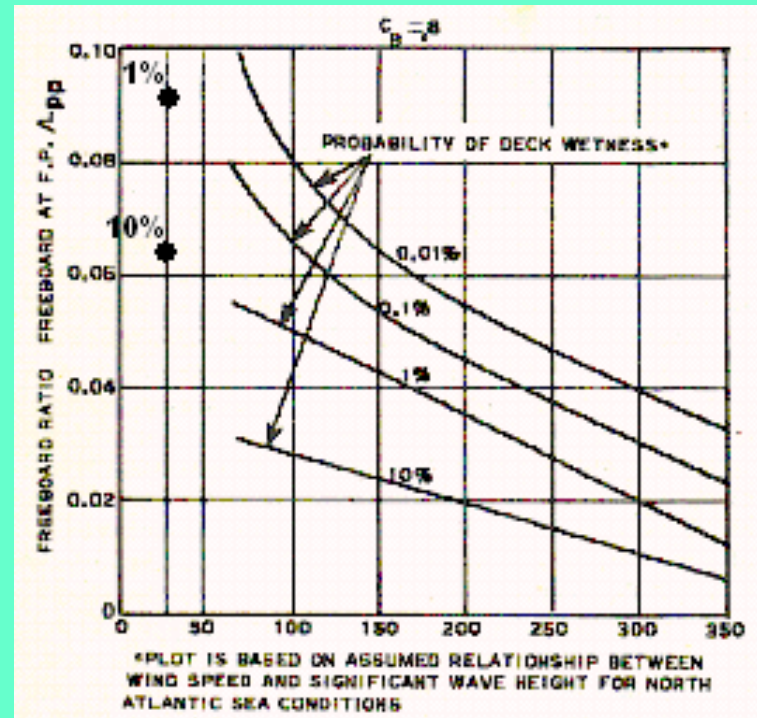
Máximos en una hora: $3600 / \tau_C$

Inmersiones de Cubierta en una hora: $N_T = P(F_b) 3600 / \tau_C$

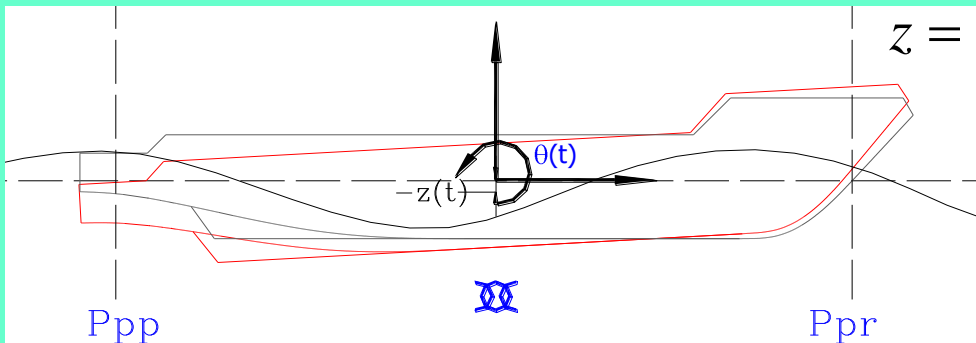
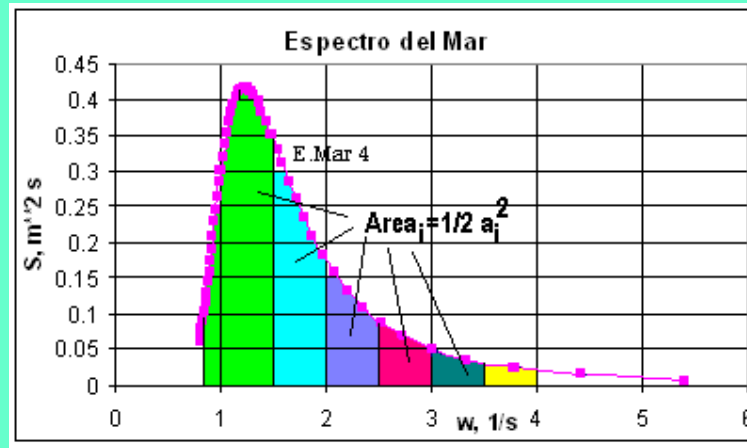
75%, 12 kn

		E. Mar 4		E. Mar 5	
		τ_c	2.493s	τ_c	2.592s
F_b , m	F_b/L_{pp}	$P(F_b)$	N_T	$P(F_b)$	N_T
2	0.069	0.033	47.535	0.069	95.276
2.5	0.087	0.005	7.927	0.017	23.892
3	0.104	0.001	0.924	0.003	4.417
3.5	0.122	0.000	0.116	0.000	0.597

Recomendación: $N_T < 30$



6. Visualización de Resultados



$$z = z_o a_i \text{ sen } [\omega_i t + \delta_i + \xi_i]$$

$$\eta(x_{Pr}, t) = a_i \text{ sen } [\omega_i t + \xi_i]$$

