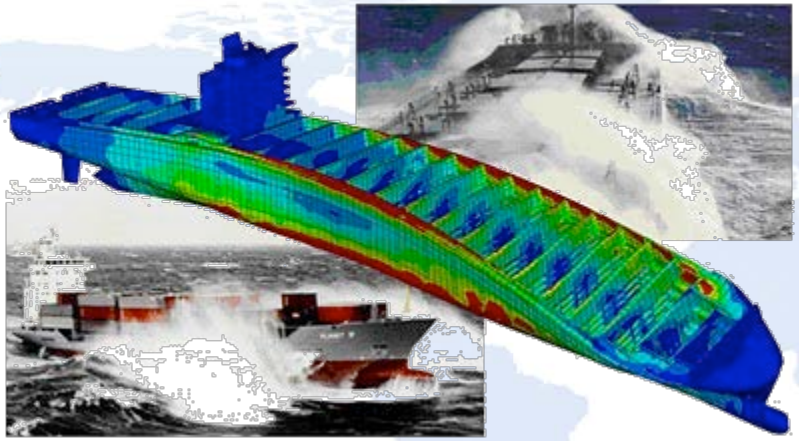
Comparación del estudio del comportamiento en el mar con los resultados de las pruebas de modelo de una embarcación patrullera de costa CPV.

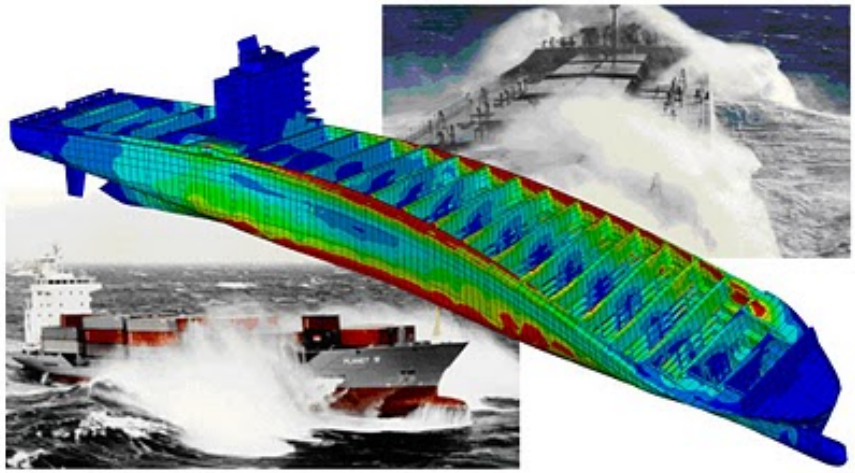


Cartagena, marzo de 2013

CONTENIDO

1. Introducción
2. Metodología para el análisis de comportamiento en el mar
3. Características del diseño y del Modelo físico
4. Resultados de cálculos numéricos
5. Comparación de los resultados
6. Mejoras en el diseño
7. Conclusiones
8. Preguntas y comentarios

Durante muchos años los barcos fueron proyectados para que tuvieran el mejor comportamiento posible en aguas tranquilas, siendo la velocidad en una mar en calma la que definía sus principales características hidrodinámicas.



La degradación que sufre el comportamiento de un barco cuando está sometido a la acción de las olas debido a los movimientos y cargas que inducen- obligaría a estudiar lo que le sucedería en su presencia.

Estudiar el comportamiento en el mar permite:

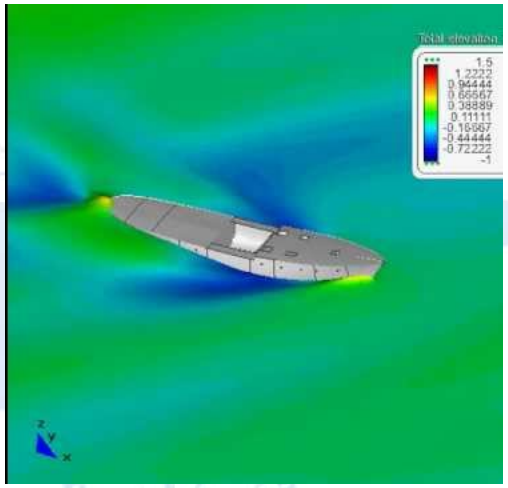
1. **Determinar si el buque es capaz de sobrevivir**
2. **Predecir si el buque puede llevar a cabo la tarea especificada o la misión.**
3. **Determinar si los movimientos son aceptables en los eventos de la operación del buque**
4. **Decidir una mejor selección de diseño, marketing.**

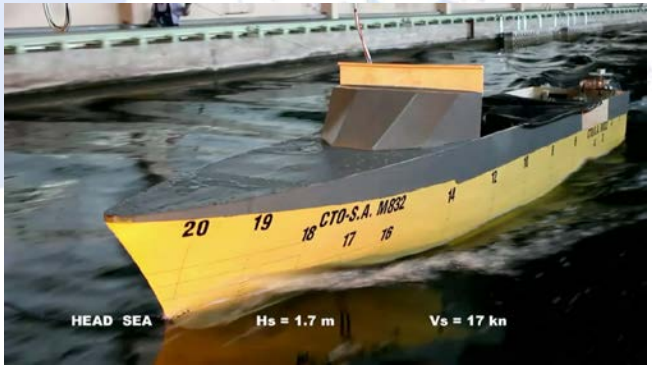
METODOLOGIA DE EVALUACIÓN

DISEÑO CONCEPTUAL → DISEÑO PRELIMINAR → DISEÑO CONTRACTUAL → DISEÑO FUNCIONAL → INGENIERÍA DE PRODUCTO → CONSTRUCCIÓN → OPERACIÓN

Procedimientos:

1. **cálculos teóricos**
2. **Ensayos con modelos geométricamente semejantes**
3. **pruebas con barcos reales.**

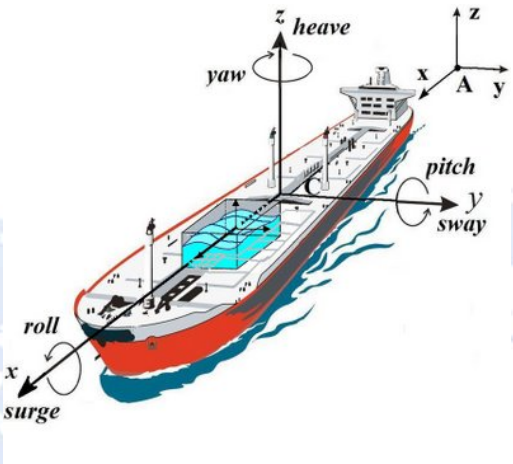




Ecuación de movimiento

$$\sum_{k=1}^{6}\left[(M_{jk}+A_{jk}).\ddot{\eta}_k+B_{jk}.\dot{\eta}_k+C_{jk}.\eta_k\right]=F_j.e^{-i.w.t}$$

Ajk : matriz de masa adicionada
Bjk : matriz de amortiguamiento
Cjk: matriz de restauración
ηk: vector de amplitud de movimiento
Fj: vector de fuerza de excitación
ω: frecuencia de encuentro
t: tiempo
j,k indican los modos de movimiento

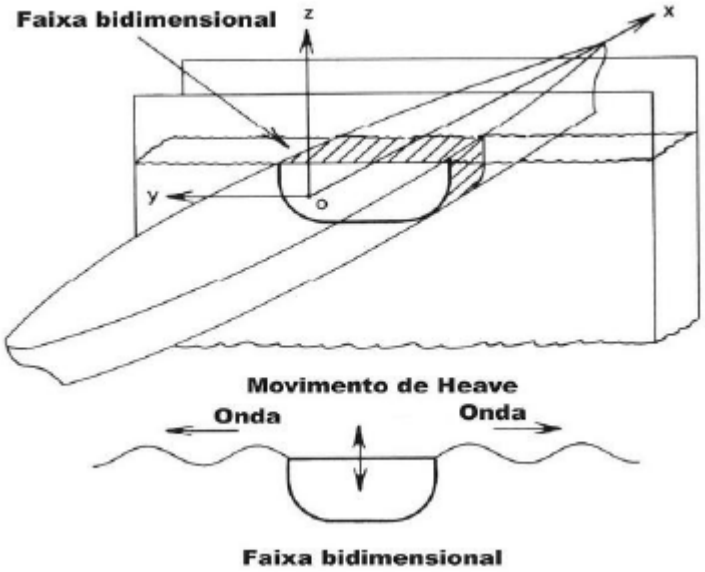


Largada (Surge), n1(t)
y: Ladeo (Sway), n2(t)
z: Levantamiento (Heave)), n3(t)
x: Balance (Roll), n4(t)
y: Cabeceo (Pitch), n5(t)
z: Guiñada (Yaw), n6(t)

COEFICIENTES HIDRODINAMICOS

Teoría de fajas

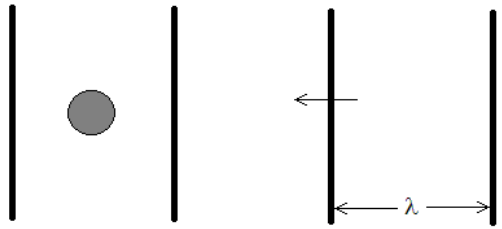
- Para cuerpos delgados el movimiento del fluido puede formularse como un problema 2D
- El principio de la teoría implica la división de la parte sumergida de la embarcación en un finito número de fajas.
- Por lo tanto, los coeficientes hidrodinámicos para la masa añadida se puede calcular para cada faja y luego sumados por la eslora del cuerpo para obtener los coeficientes 3D.

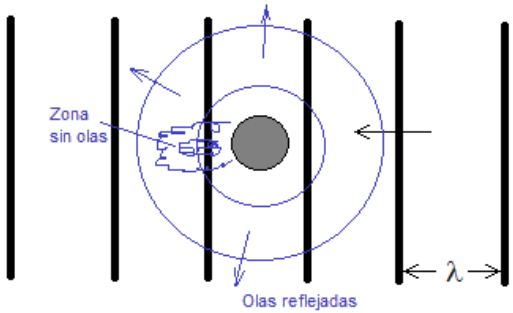


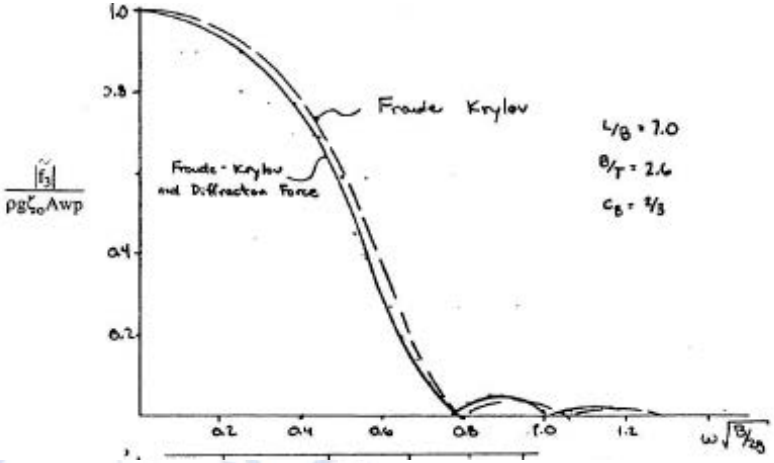
Fuerzas de Excitación

Fuerzas de Froude - Krylov

Fuerzas de Difracción





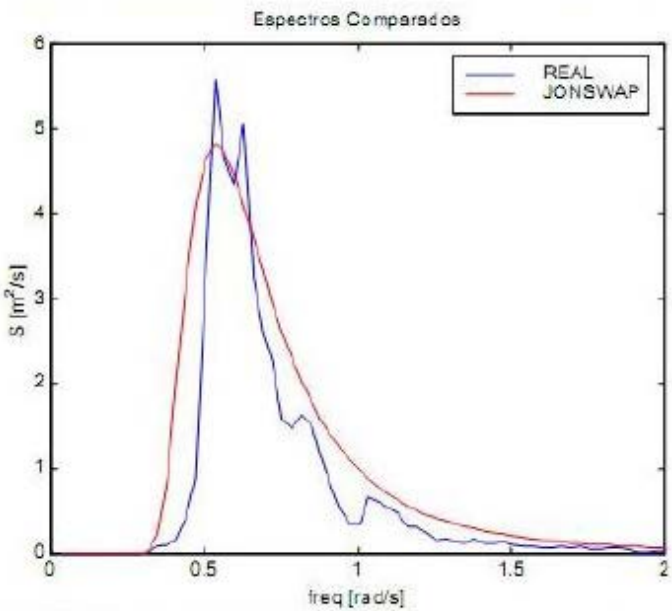


REPRESENTACIÓN DEL MAR

Si el oleaje, se pudiese representar de una manera determinista como una función del espacio y del tiempo, el problema del comportamiento en la mar sería, posiblemente, un caso particular más o menos complicado del análisis del movimiento armónico forzado y amortiguado del buque según sus seis grados de libertad.

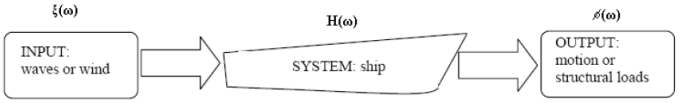
REPRESENTACIÓN DEL MAR

$$E_T = m_0 = \int_0^{\infty} S(\omega) \cdot d\omega$$



RESPUESTA AL BUQUE EN MARES IRREGULARES

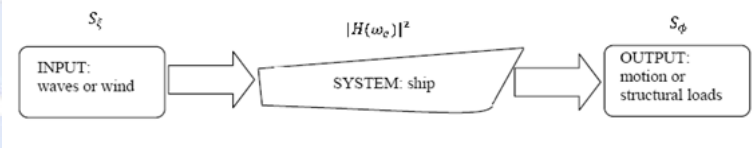
Basada en una superposición lineal



$$\phi(\omega) = \xi(\omega) \cdot H(\omega)$$

- La respuesta de un buque a una ola individual regular es una función lineal de la amplitud de esta componente.

- la respuesta de la embarcación a una ola regular individual se considera independiente de la respuesta del buque a cualquier otra ola individual regular.



$$S_\phi(\omega_e) = H^2(\omega_e)\ S_\xi(\omega_e)$$

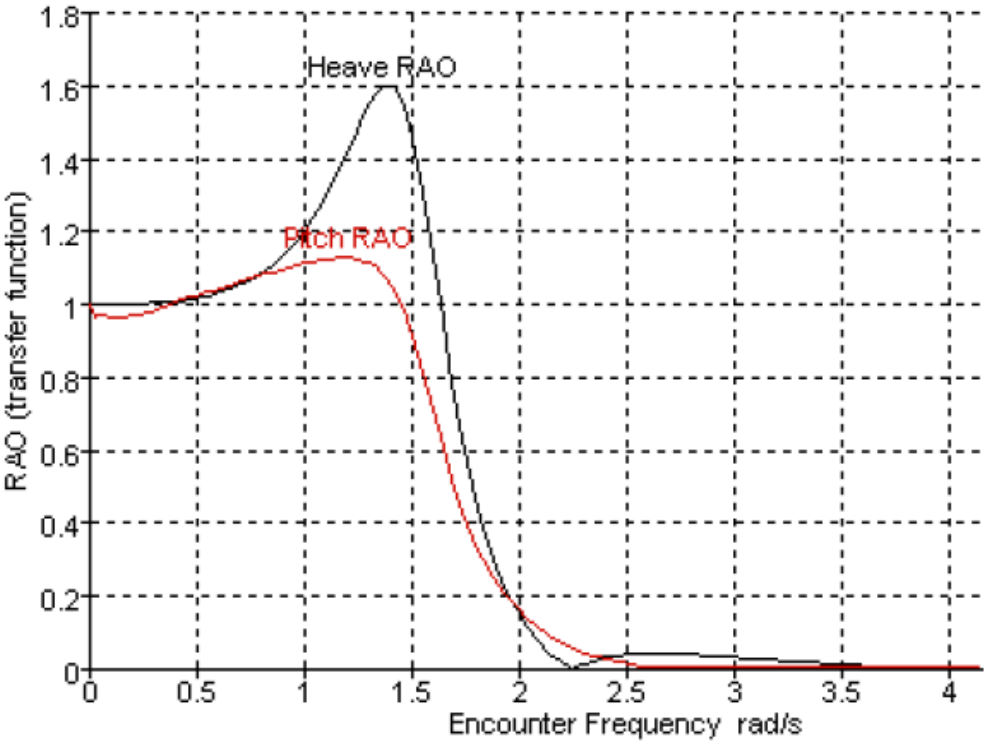
RESPUESTA AL BUQUE EN MARES IRREGULARES

RAO´s Operador de amplitud de respuesta RAO.

$$S_{\xi}(\omega_e) \cdot RAO = S_{\emptyset}(\omega_e)$$

$$m_0 = \int_0^{\infty} S_{\emptyset}(\omega_e) \cdot d\omega_e$$

$$rms = \sqrt{m_0}$$

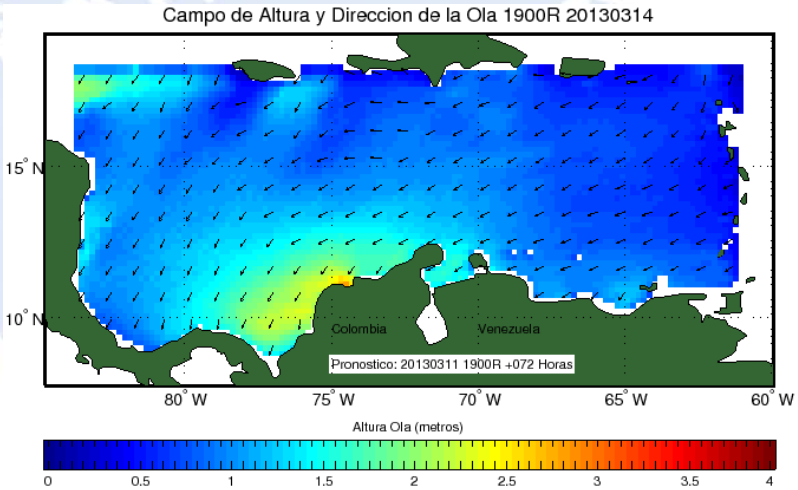


CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

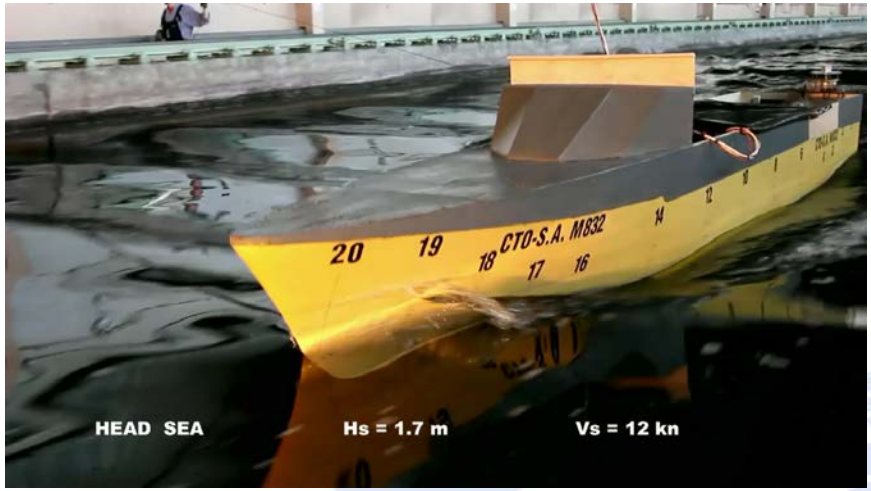
	Symbol	Unit	
Length between perpendiculars	L_{PP}	[m]	44.00
Length of waterline	L_{WL}	[m]	43.92
Breadth moulded	B	[m]	7.02
Breadth on waterline	B_{WL}	[m]	6.93
Draught: fore	T_F	[m]	1.87
Draught: aft	T_A	[m]	1.87
Displacement volume*	∇	[m³]	294
Wetted surface*	S	[m²]	342

ESTADO DE MAR

Sea state	Assumed values		Measured values	
	H_S [m]	$\overline{T}$ [s]	$H_{1/3}$ [m]	$\overline{T}_{01}$ [s]
4	1.70	5.03	1.69	5.20
5	2.60	6.23	2.64	6.42

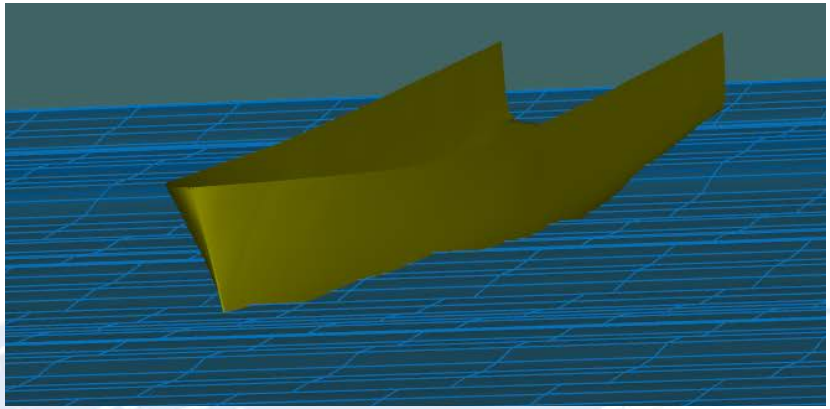


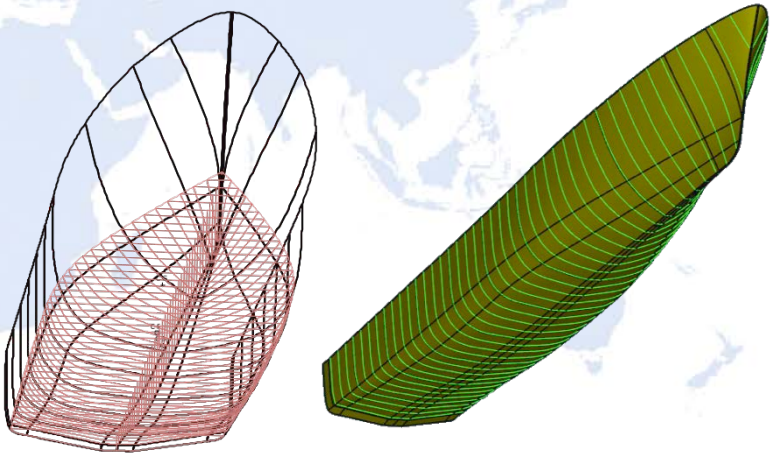
PRUEBAS DE CANAL



Test no.	Kind of test	Sig. wave height	Ship draught	Ship speed
		[m]	T_F / T_A [m]	[knots]
Head seas				
16795	Seakeeping	1.7	1.87 / 1.87	12
16796		1.7		17
16797		2.6		12
16798		2.6		15
Following Seas				
16799	Seakeeping	1.7	1.87 / 1.87	12
16800		1.7		17
16801		2.6		12
16802		2.6		15

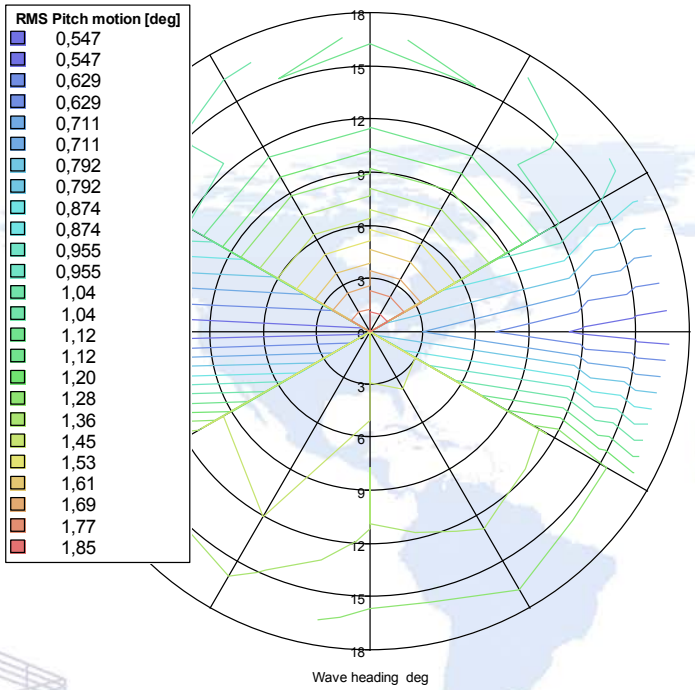
CALCULOS NUMÉRICOS



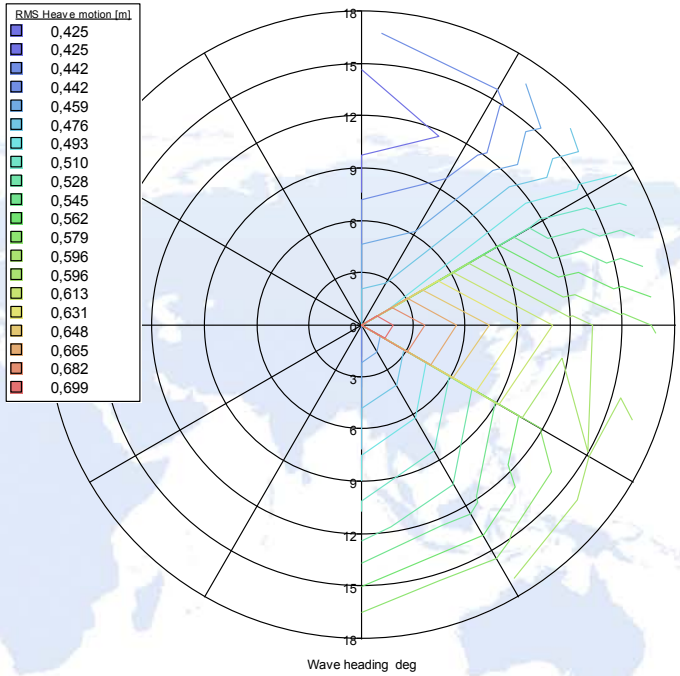


R E S U L T A D O S NUMERICOS

CABECEO



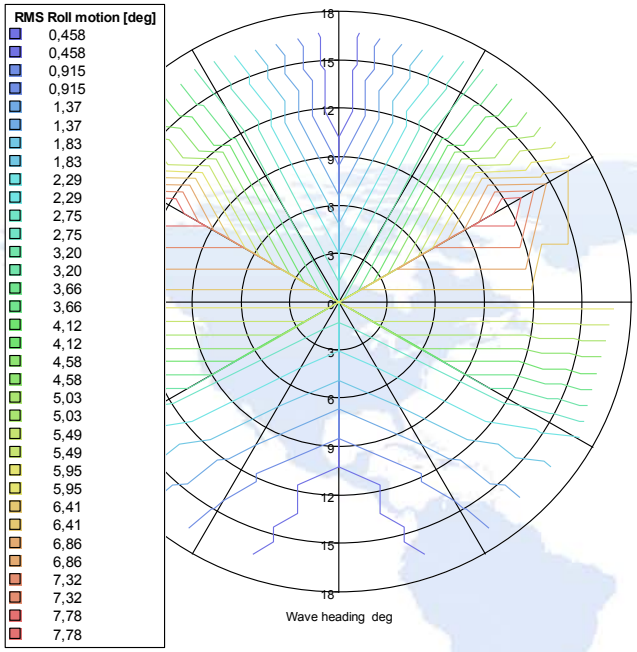
LEVANTAMIENTO

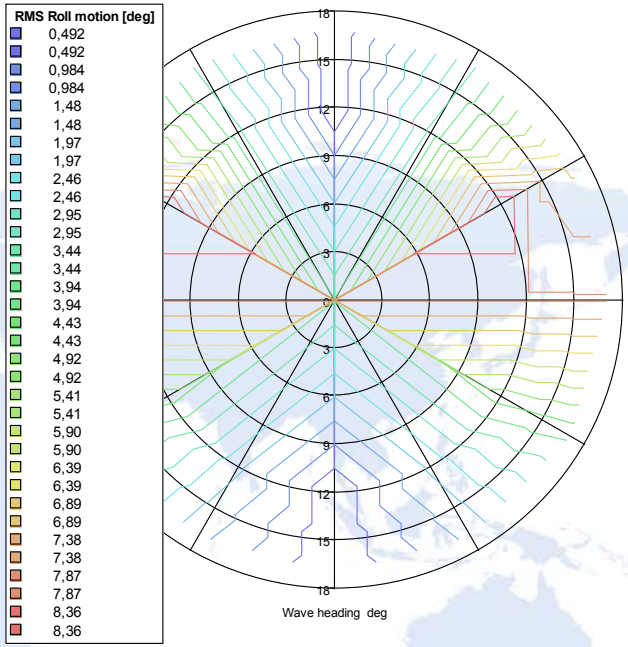


CRITERIO DE DISEÑO: 1.5° RMS

R E S U L T A D O S NUMERICOS

ROLIDO

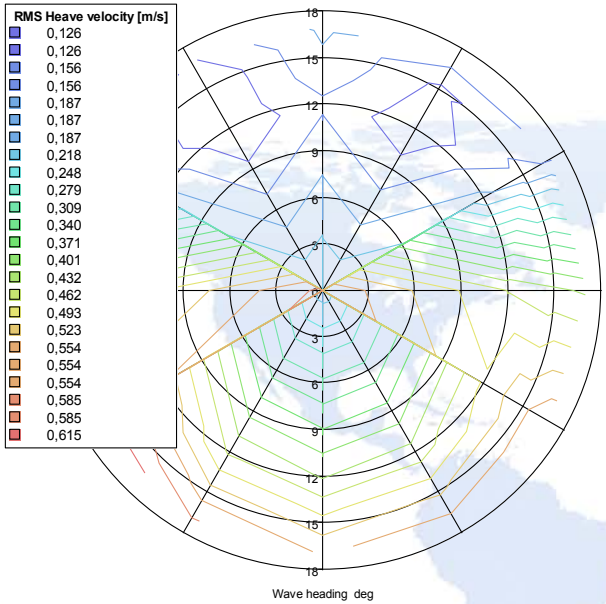


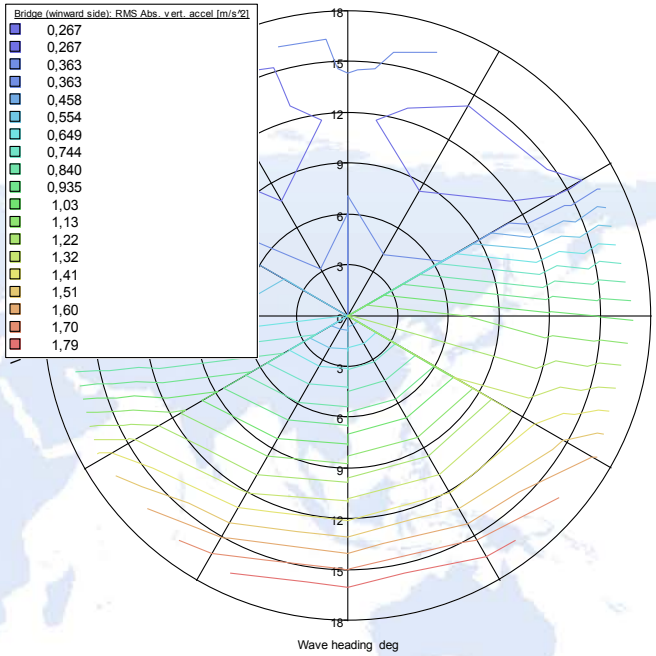


CRITERIO DE DISEÑO: 4.0° RMS

R E S U L T A D O S NUMERICOS

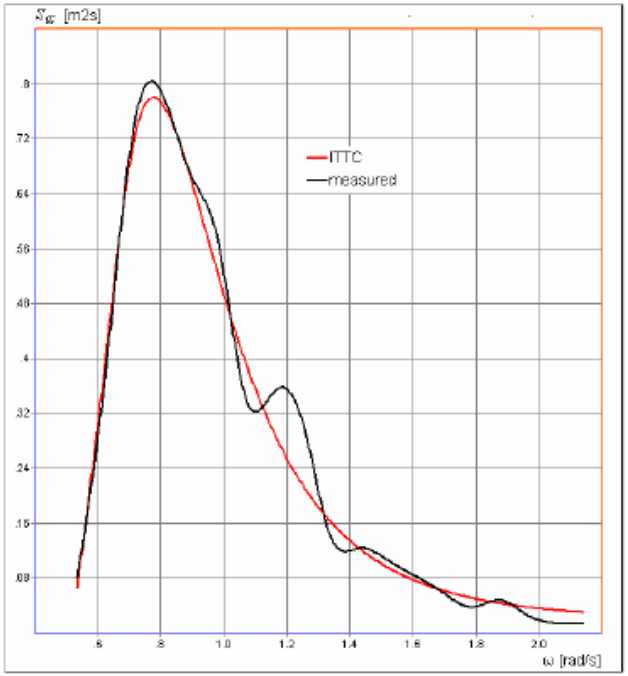
Aceleración vertical en el puente de mando



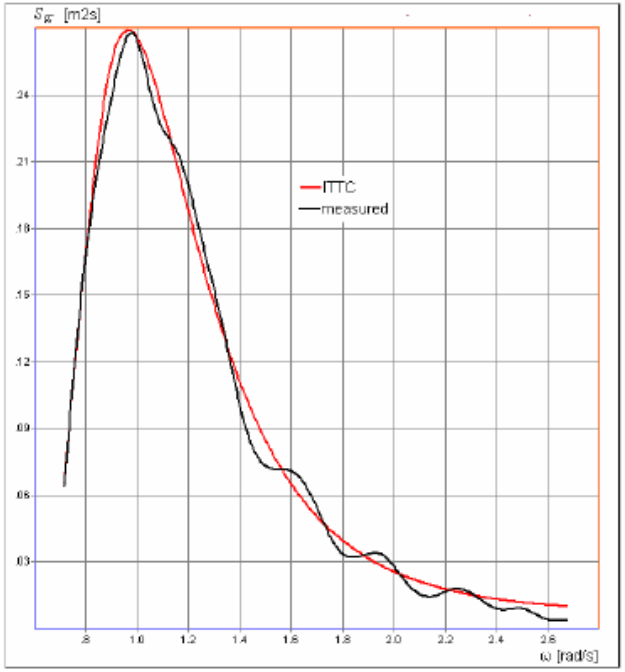


CRITERIO DE DISEÑO: 0.2 g – 1.96 m/s2 RMS

COMPARACIÓN DE RESULTADOS

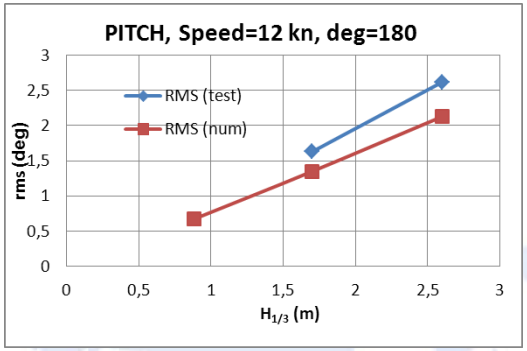


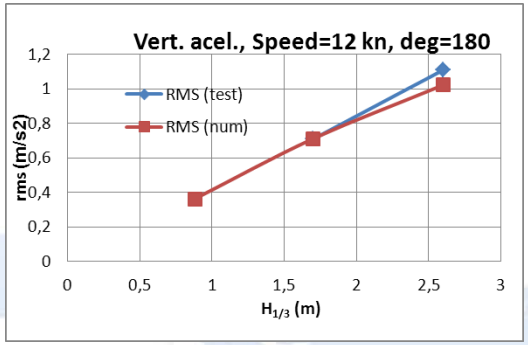
	ITTC	Measured
Significant wave height	H_s = 2.60 m	$H_{1/3}$ = 2.64 m
Mean period	$\bar{T}$ = 6.23 s	T_{01} = 6.42 s

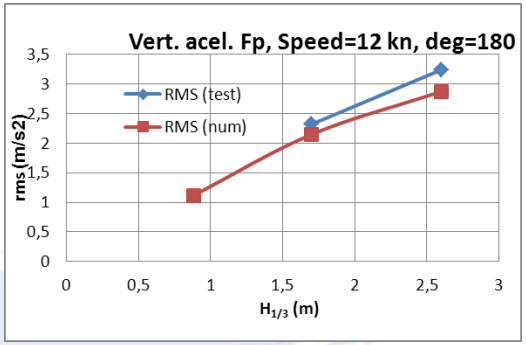


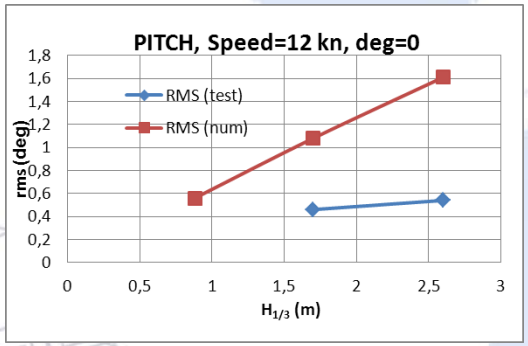
	ITTC	Measured
Significant wave height	H_s = 1.70 m	$H_{1/3}$ = 1.69 m
Mean period	$\bar{T}$ = 5.03 s	T_{01} = 5.20 s

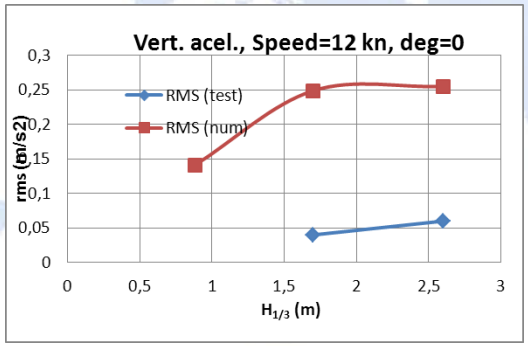
COMPARACIÓN DE RESULTADOS

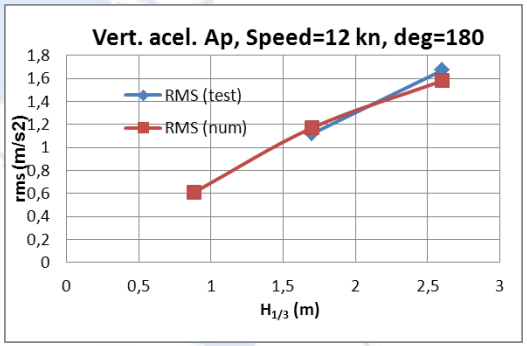








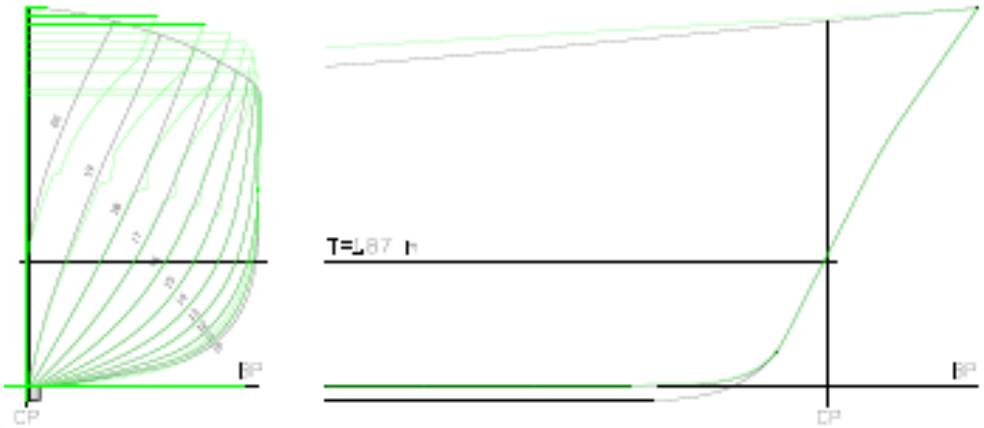


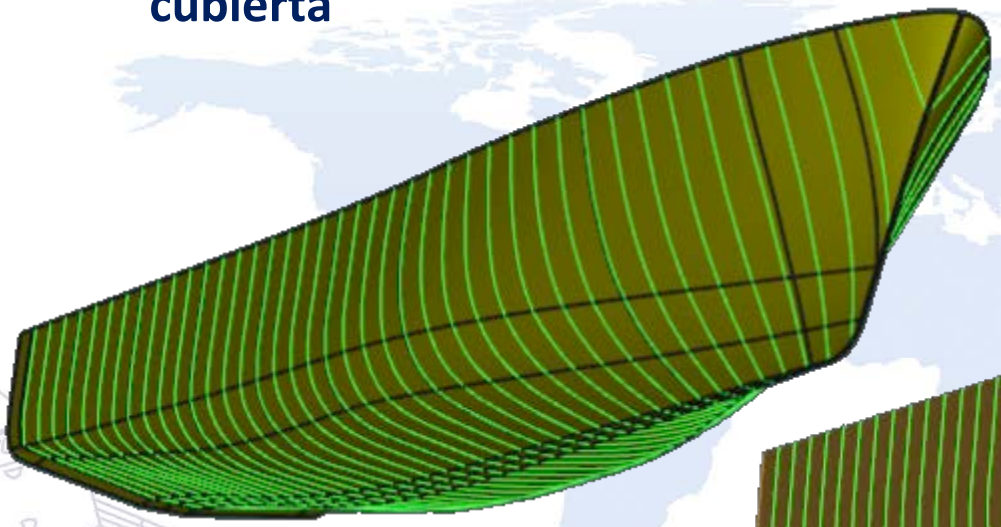


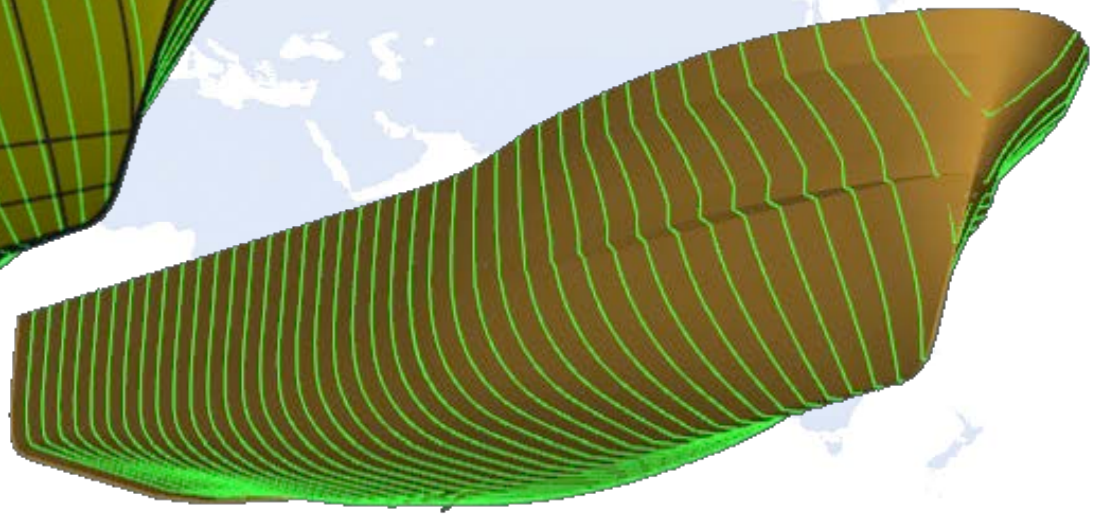
SIMULACIÓN

MEJORAS EN EL DISEÑO

- Disminución de Cabeceo
- Disminución de agua en cubierta







simulación

DECK WETNESS

- Wave amplitude 1.40 [m],
- Wave length 70 [m],

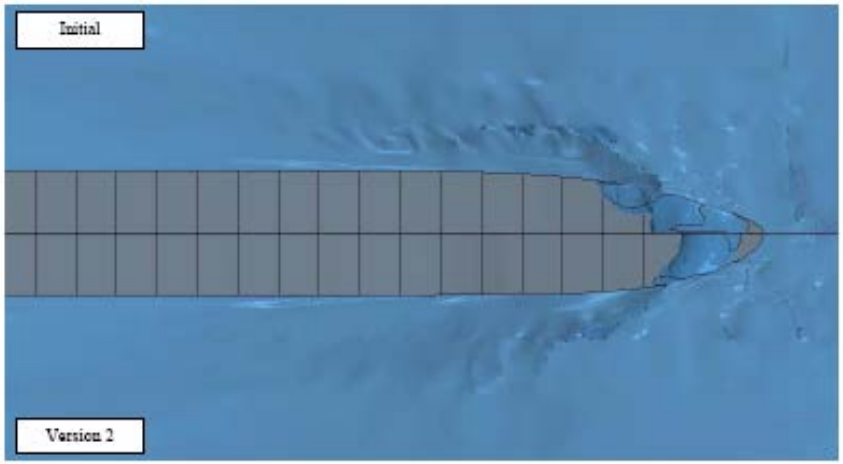


Fig. 10 Deck wetness visualization - deck view (wave 1 – step 1)

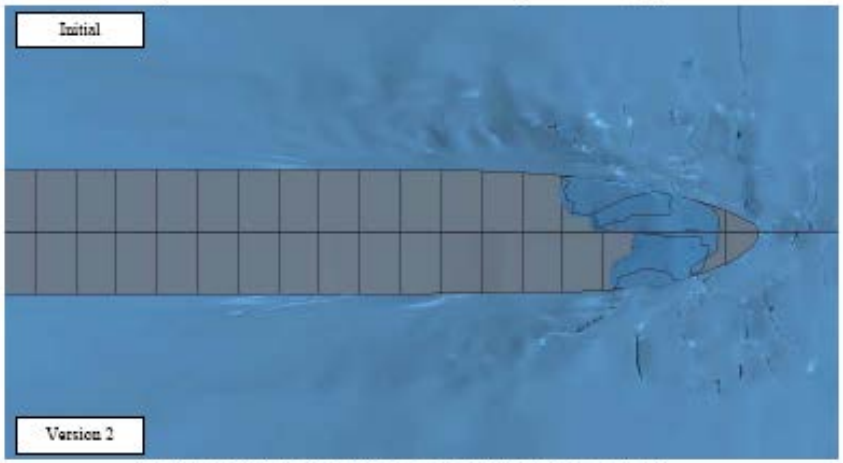


Fig. 11 Deck wetness visualization - deck view (wave 1 – step 2)

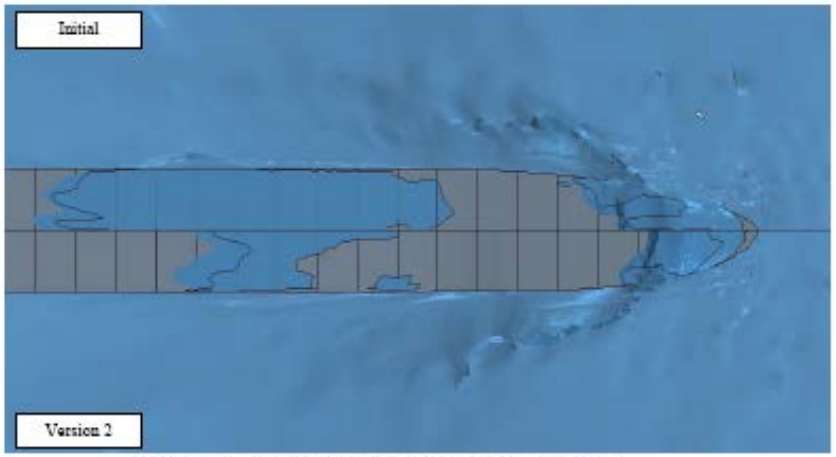


Fig. 12 Deck wetness visualization - deck view (wave 2 – step 1)

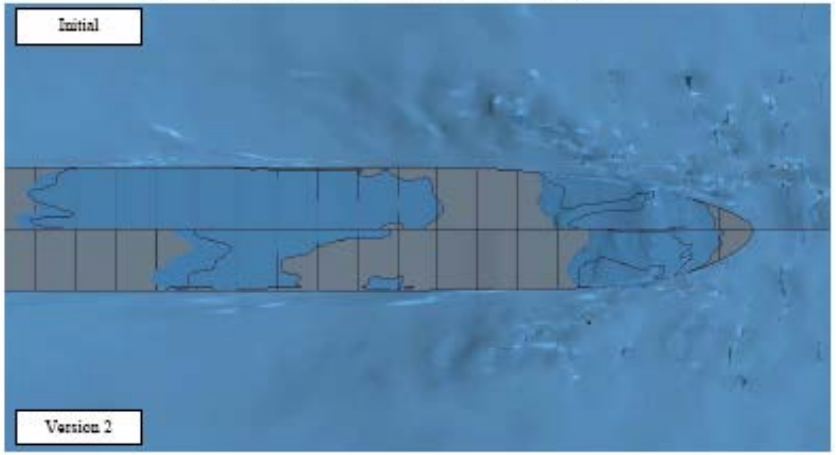


Fig. 13 Deck wetness visualization - deck view (wave 2 – step 2)

CONCLUSIONES

- La representación del espectro de olas del ITTC es similar a los medidos en canal.
- En el movimiento de cabeceo en mar por proa los resultados muestran una diferencia del 18%.
- En aceleración vertical en CG, Ap, Fp con mar por proa los resultados muestran una diferencia de 7%.
- Los resultados en mar por popa difieren hasta en 200%, sin embargo los resultados numéricos siempre están por encima de los de canal.
- Visualmente la simulación con la herramienta computacional en comparación con el video de las pruebas de canal son similares.
- Con la modificación de la proa se redujo el movimiento de cabeceo y el agua sobre cubierta entre 30% y 40%
- La herramienta computacional es aplicable y útil en la medida que se conozca el fenómeno y esta sea validada con experimentos.

PREGUNTAS

MUCHAS GRACIAS