

# Simposio de Tecnología para la Industria Naval

Organizado por X-Plan S.R.L. y Siemens Digital Industries Software



# Uso de herramientas de diseño naval como parte de la formación académica del futuro profesional Ingeniero Naval y su incorporación al mercado laboral.

FORAN - NX



Instituto Tecnológico  
de Buenos Aires

DEPTO. AMBIENTE Y MOVILIDAD  
INGENIERÍA NAVAL 

Simposio de Tecnología para la Industria Naval 18.08.2023



Expert  
Partner

Digital Industries Software



# Agenda

PARTE 1 (Ing. Norberto Fiorentino)

- 1.1 Incorporación de FORAN y NX como herramientas de diseño y cálculo al conjunto de software de aplicación profesional
- 1.2 Utilización de FORAN como herramienta en materias del Ciclo Profesional de la Carrera de Ingeniería Naval
- 1.3 Evolución del uso y disponibilidad de Foran desde su instalación hasta la actualidad
- 1.4 Vinculación de FORAN con otras herramientas de diseño fuera del entorno SIEMENS

# | Agenda

PARTE 2 (Ing. Norberto Fiorentino e Ing. Pablo Medina)

2.1 Utilización de NX como herramienta en materias del Ciclo Profesional de la Carrera de Ingeniería Naval

2.2 Caso de análisis y de utilización de la herramienta NX

- Buque mercante (J. Ermàcora 2022).
- Resultados y validación.
- Otros modelos.

# FORAN

PARTE 1 (Ing. Norberto Fiorentino)

1.1. Incorporación de FORAN y NX como herramientas de diseño y cálculo al conjunto de software de aplicación profesional

# 1.1 Incorporación de FORAN y NX como herramientas de diseño y cálculo al conjunto de software de aplicación profesional



Expert  
Partner

Digital Industries Software

SIEMENS

FORAN

Cesión de licencias por SENER. Solo cargo de mantenimiento y uso académico exclusivamente. Uso en Naval.

NX SIEMENS

Cesión con cargo de licencias por SIEMENS. Uso en Naval y otras carreras

Otros

Cesión con distintos formatos según el suministrador del Software. Uso complementario en Naval y uso en materias del Ciclo Básico común a todas las carreras.

# ASPECTOS RELEVANTES

Herramientas informáticas como complemento de la formación académica

Uso de múltiples herramientas al egresar de la carrera

Recursos para compra o concesión de licencias o cesión gratuita

Actualización y mejoras del software

Hardware adecuado

Entornos web

Formación de docentes y alumnos en el uso del software instalado

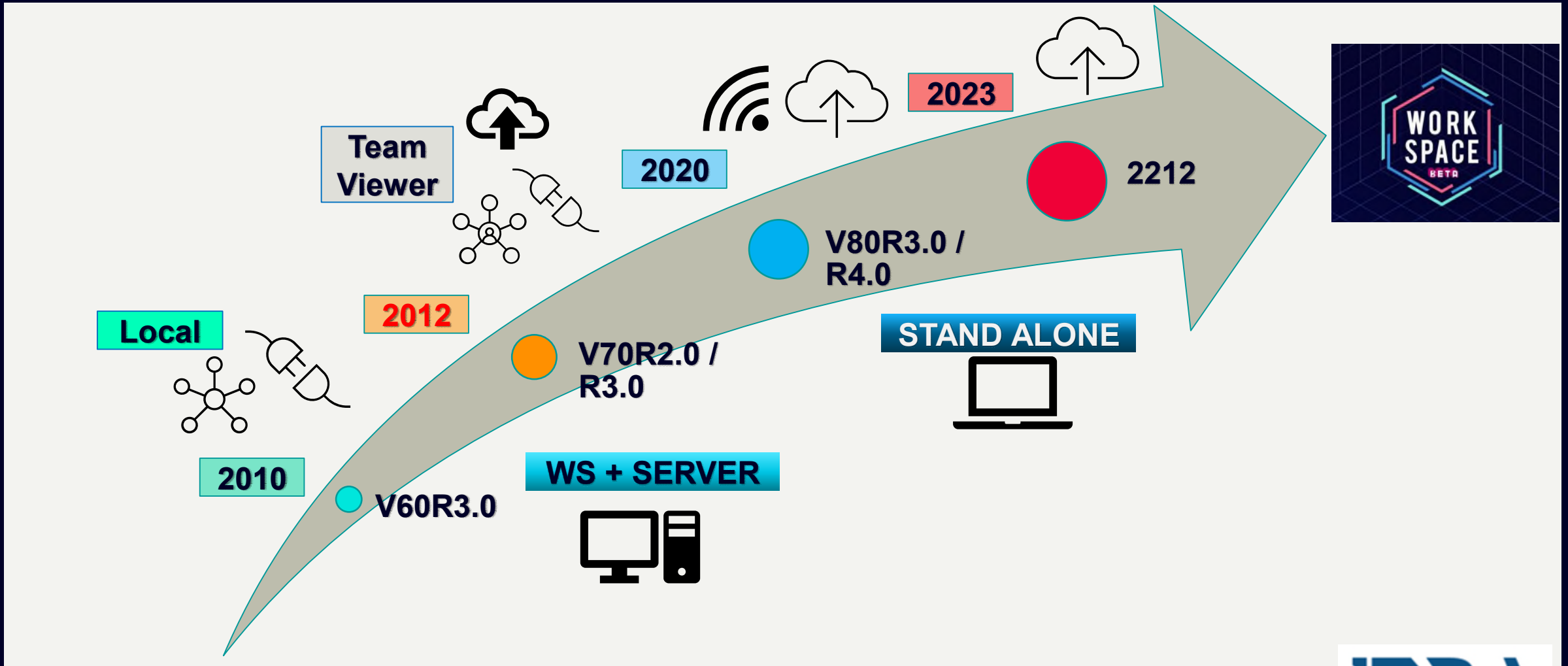
# FORAN

PARTE 1 (Ing. Norberto Fiorentino)

## 1.2 Evolución del uso y disponibilidad de Foran desde su instalación hasta la actualidad



# 1.2 Foran – Evolución 2010 / 2023



# FORAN

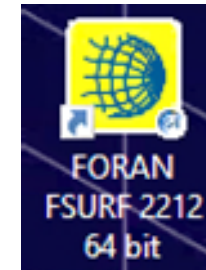
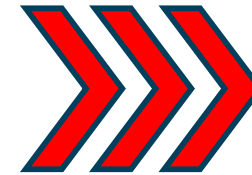
PARTE 1 (Ing. Norberto Fiorentino)

## 1.3 Utilización de FORAN como herramienta en materias del Ciclo Profesional de la Carrera de Ingeniería Naval

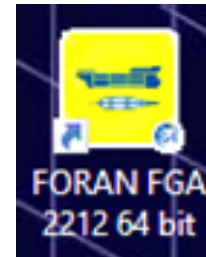
## 1.3 Utilización de FORAN como herramienta en materias del Ciclo Profesional de la Carrera de Ingeniería Naval

### Módulos de Arquitectura Naval

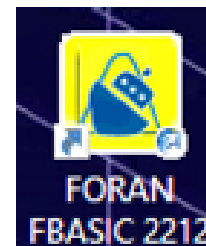
- Hidrostática y Estabilidad
- Resistencia y Propulsión
- Construcción Naval
- Proyecto de Embarcaciones de Trabajo
- Proyecto de Buques



Definición de superficies /  
NURBS



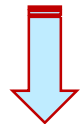
Definición y Gestión de  
Espacios



Cálculos de Arquitectura  
Naval

# 1.3 Utilización de FORAN como herramienta en materias del Ciclo Profesional de la Carrera de Ingeniería Naval (cont.)

## Hidrostática y Estabilidad



- ✓ Cálculos Hidrostáticos
- ✓ Aberturas
- ✓ Distribución de Pesos
- ✓ Perfiles de ola y de viento
- ✓ Tipos de carga
- ✓ Estabilidad (criterios)
- ✓ Curva de distribución de sollicitación por Q y Mf
- ✓ Tablas de sondajes de tanques
- ✓ Francobordo y Arqueo



Definición / Transformación de formas

Creación de Cubiertas / Mamparos / Amurada

Definición de Arrufo y Boleo



Formas, Coeficientes de Formas, Plano de Líneas, Secciones Transversales



Definición de Espacios del Buque

Desarrollo del Plano de Arreglo General

Casco, Tanques, Bodegas, Superestructura, Apéndices



Volumen Bruto, Neto, de Llenado, Permeabilidad, Tipo de Carga  
**CAPACIDADES**



**EQUIPOS**



# 1.3 Utilización de FORAN como herramienta en materias del Ciclo Profesional de la Carrera de Ingeniería Naval (cont.)

☐ Resistencia y Propulsión

☐ Construcción Naval

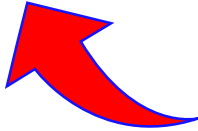


✓ Cálculos hidrodinámicos  
✓ Predicción de potencia

Buque Base HyE

Formas

Condición de Diseño



- ✓ Cálculos Hidrostáticos
- ✓ Distribución de Pesos
- ✓ Tipos de carga
- ✓ Curva de distribución de sollicitación por  $Q$  y  $M_f$
- ✓ Francobordo y Arqueo

Formas



Buque Base HyE  
Buque de Referencia



Plano de Arreglo General

Capacidades

Condición de Máxima Carga



# 1.3 Utilización de FORAN como herramienta en materias del Ciclo Profesional de la Carrera de Ingeniería Naval (cont.)

☐ Proyecto de Embarcaciones de Trabajo

☐ Proyecto de Buques



Definición / Transformación de formas

Creación de Cubiertas / Mamparos / Amurada

Definición de Arrufo y Boleo



Formas, Coeficientes de Formas, Plano de Líneas, Secciones Transversales



Definición de Espacios del Buque

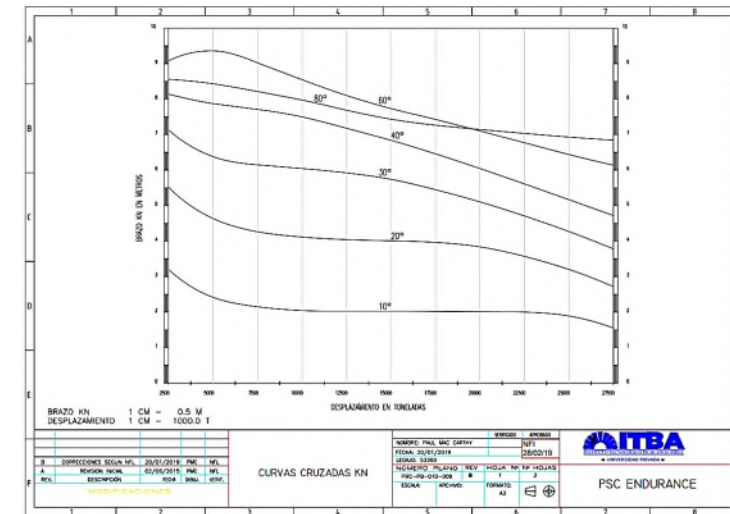
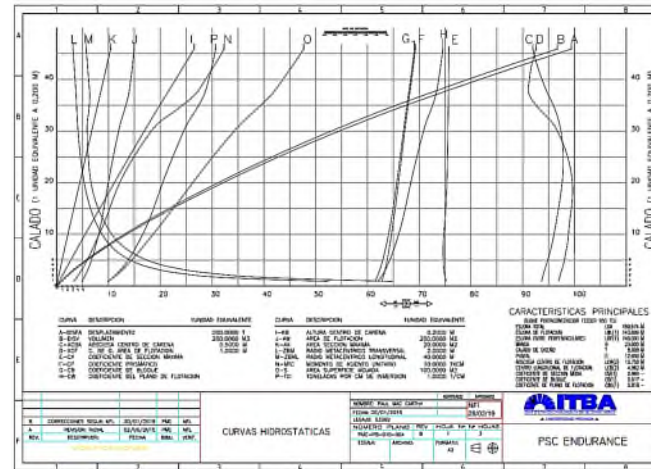
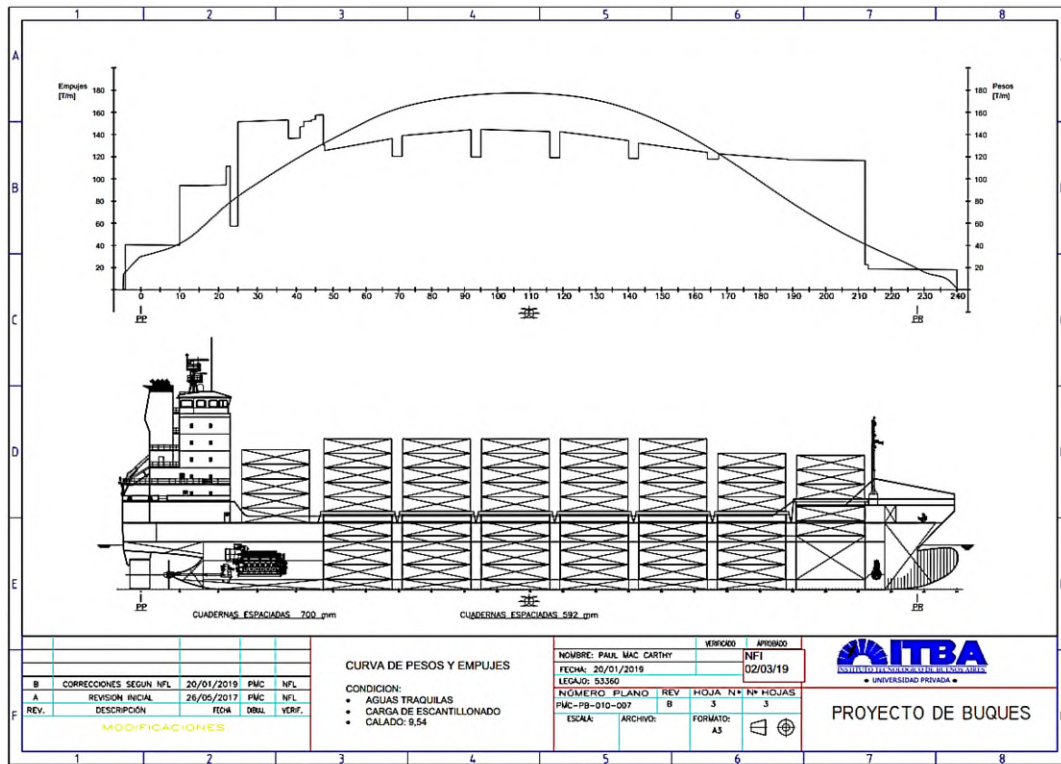
Plano de Arreglo General

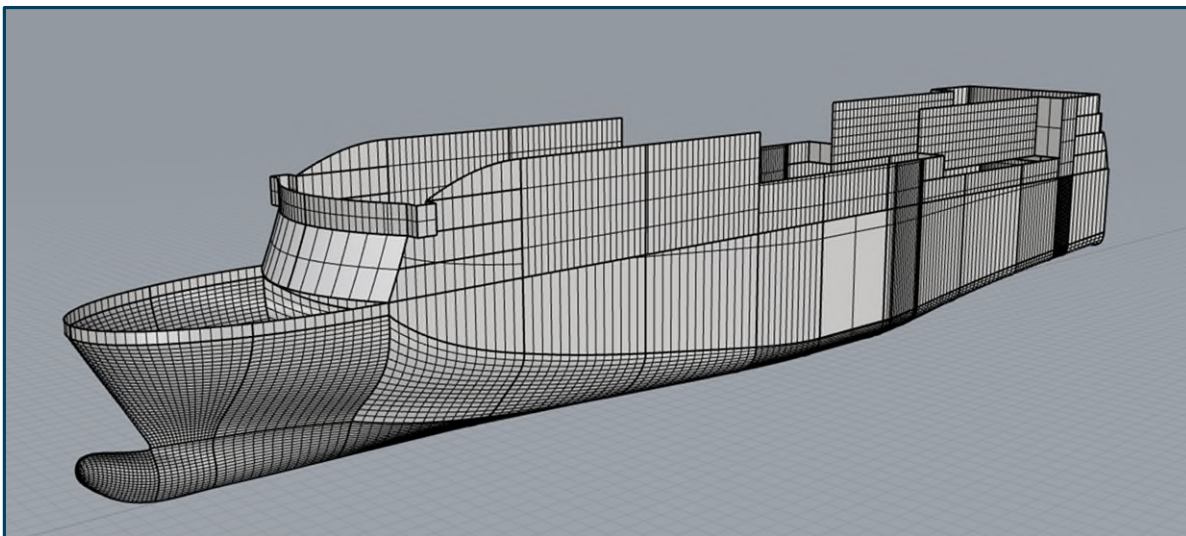


Volumen Bruto, Neto, de Llenado, Permeabilidad, Tipo de Carga  
**CAPACIDADES**

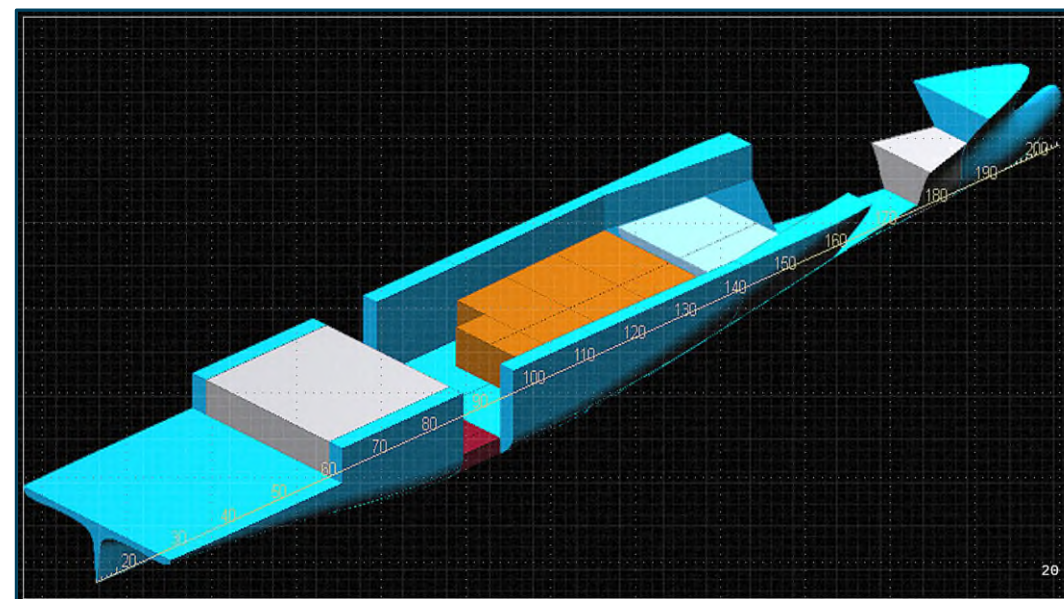
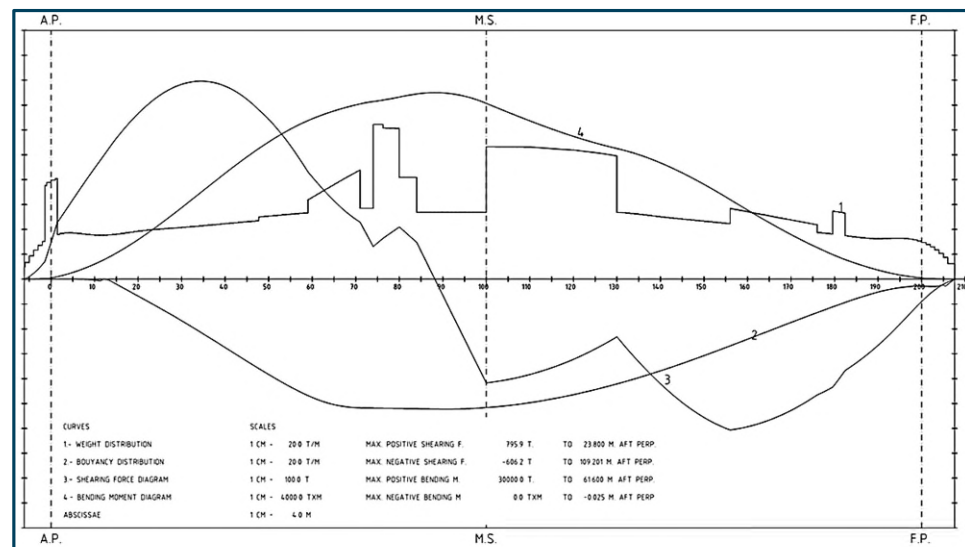
- ✓ Cálculos Hidrostáticos
- ✓ Distribución de Pesos
- ✓ Condiciones de Carga
- ✓ Estabilidad (Criterios según tipo de buque)
- ✓ Curva de distribución de sollicitación por Q y Mf
- ✓ Francobordo y Arqueo

**Proyecto: Buque portacontenedores 950 TEU**  
**Autor: Paul Mc Carthy**  
**Año: 2019**



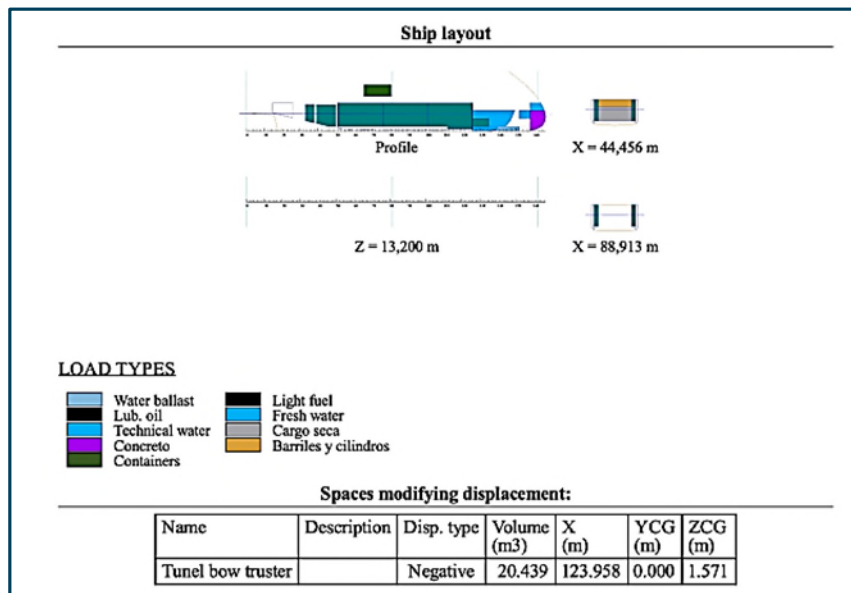
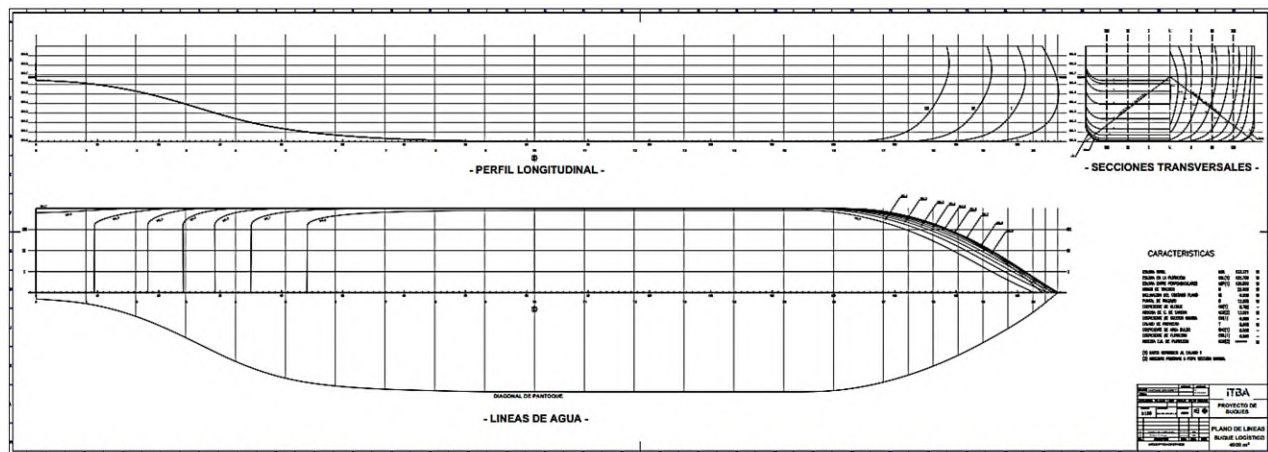


**Proyecto:** Buque de pasaje para navegación Antártica PC6;  
365 pax; propulsión eléctrica 7.000 kW<sub>e</sub>; 18 knots  
**Autor:** Javier Federico Allende  
**Año:** 2020





**Proyecto:** Buque logístico para navegación Antártica  
**4.000 m<sup>3</sup>**  
**Autor:** Santiago Giovannetti  
**Año:** 2023



**DRAFTS (moulded):**

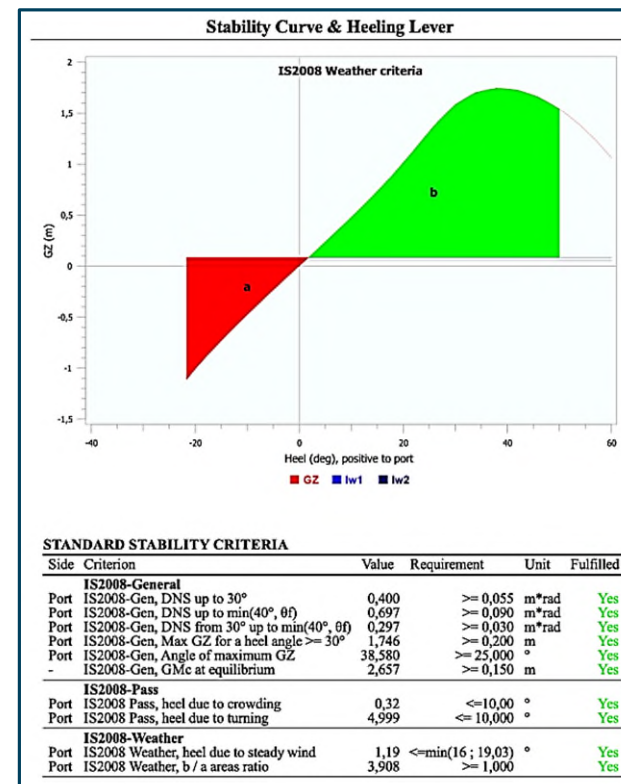
Aft perpendicular 7.573 m  
 Fore perpendicular 7.506 m  
 Middle 7.539 m  
 Trim 0.067 m @ LPP: 130.000 m

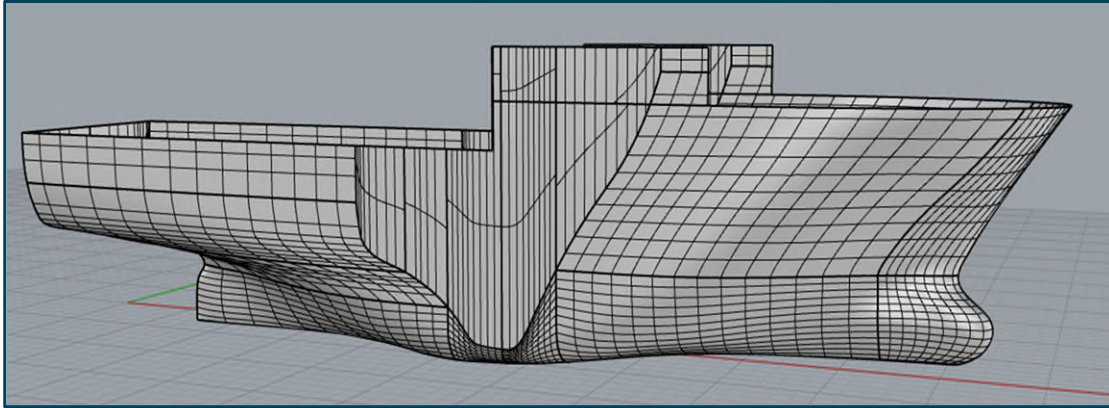
Heel angle 0.0 dg.  
 Moment to change trim 1cm MCT: 227.102 T\*m

	LCG (m)*	TCG (m)	ZCG (m)
Centre of gravity	71.858	0.000	7.439
	LCB (m)	TCB (m)	ZCB (m)
Centre of buoyancy	71.855	0.000	4.058
	LCF (m)	TCF (m)	ZCF (m)
Centre of flotation	65.762	0.000	7.539

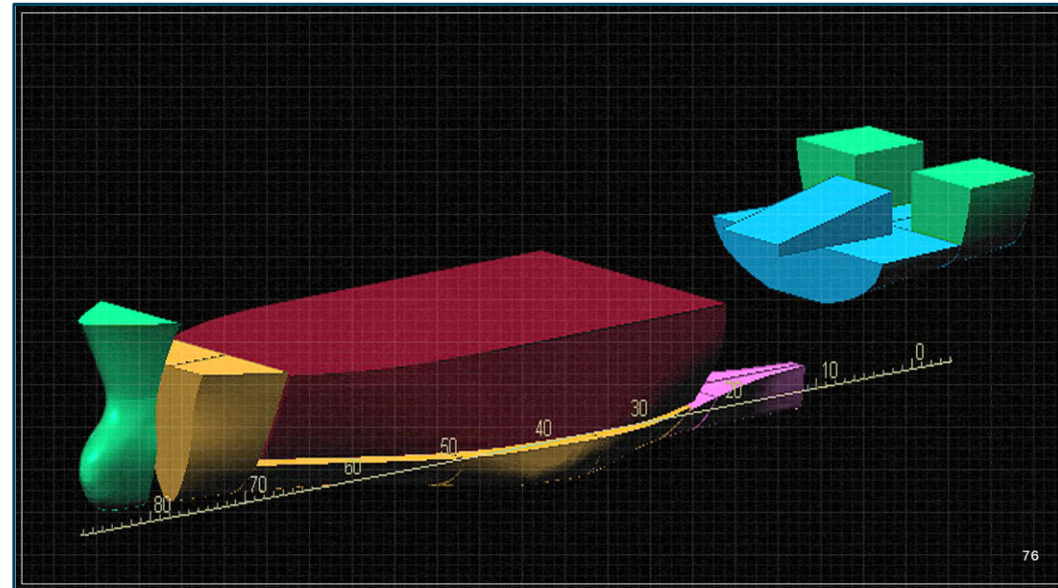
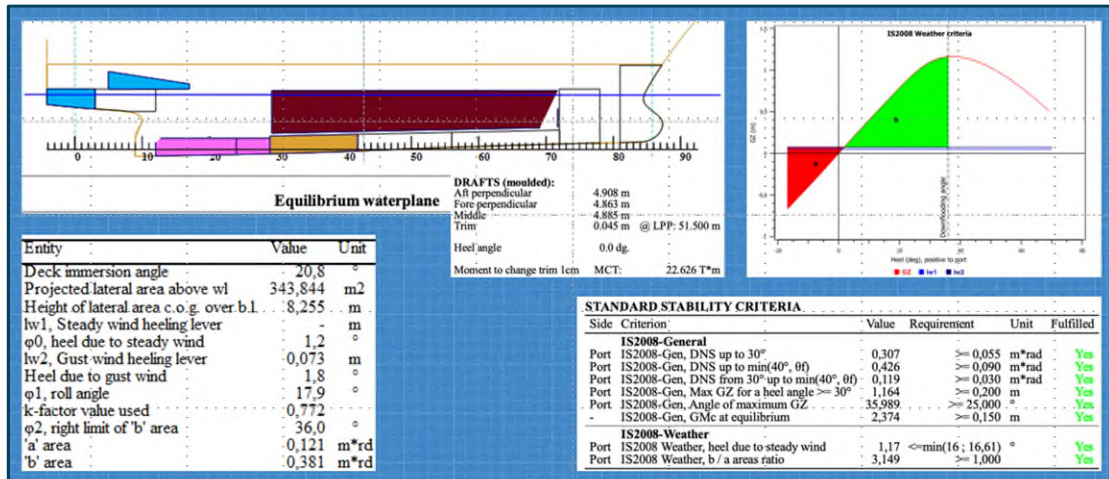
C.G o/base (corr. by free surf.) KGc: 7.442 m  
 KM: 10.099 m

\*Calculated taking into account liquid cargo movement





**Proyecto:** Buque pesquero de altura para pesca de arrastre en el Atlántico Sur, capacidad de bodega 1.100 m<sup>3</sup>  
**Autor:** Javier Federico Allende  
**Año:** 2020



# FORAN

PARTE 1 (Ing. Norberto Fiorentino)

## 1.4 Complemento de FORAN con otras herramientas de diseño fuera del entorno SIEMENS



# 1.4 Complemento de FORAN con otras herramientas de diseño fuera del entorno SIEMENS



Expert Partner  
Digital Industries Software

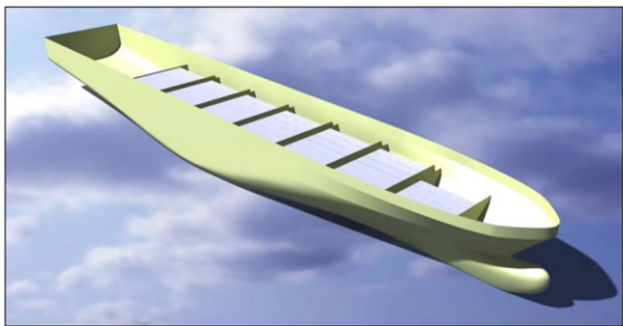
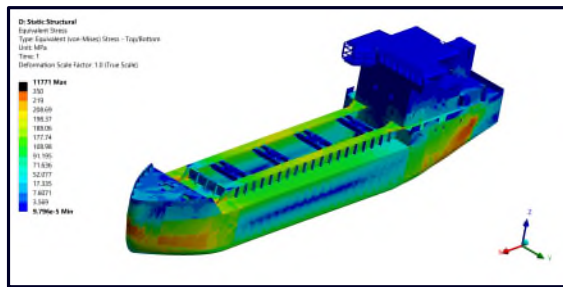
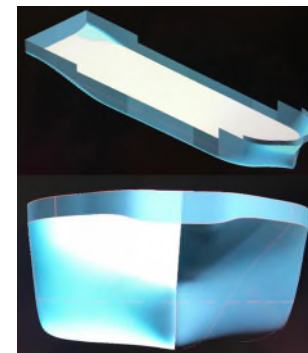


Imagen 7.1: Disposición de contenedores

**CATIA V5**



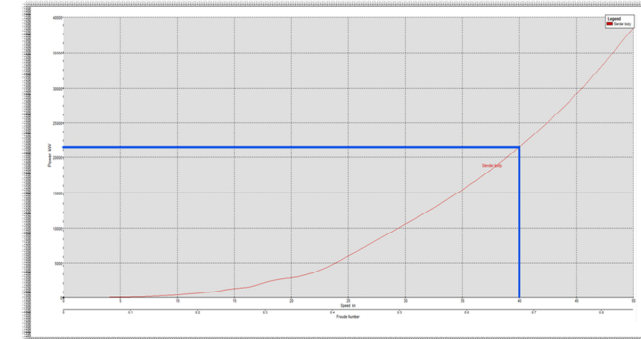
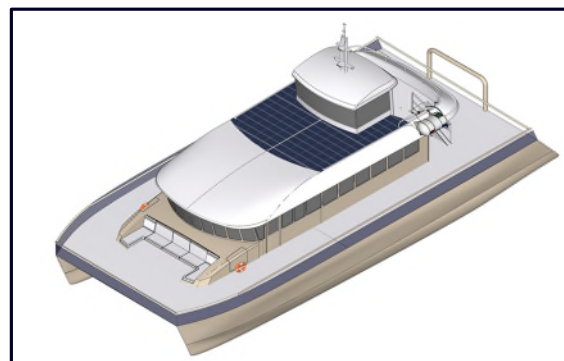
**ANSYS**



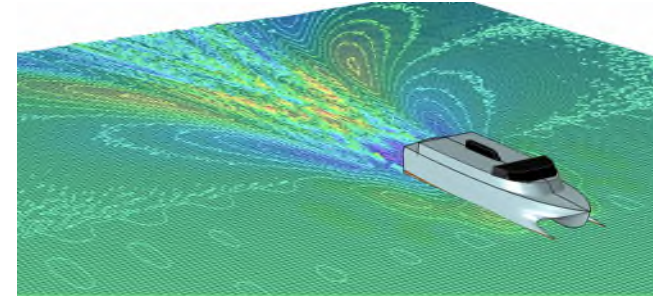
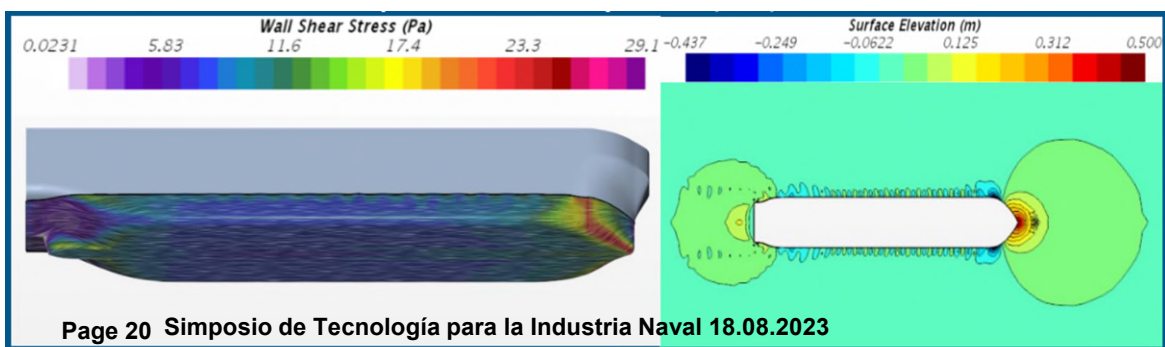
**BENTLEY**



**RHINOCEROS**



**FLUENT  
OPEN FOAM**



# NX

PARTE 2 (Ing. Norberto Fiorentino)

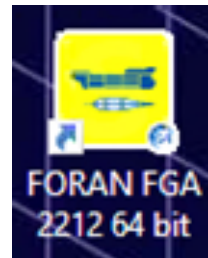
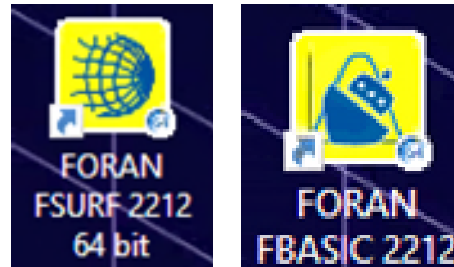
## 2.1 Utilización de NX como herramienta en materias del Ciclo Profesional de la Carrera de Ingeniería Naval

## 2.1 Utilización de NX como herramienta en materias del Ciclo Profesional de la Carrera de Ingeniería Naval

☐ Estructura de Buques

☐ Proyecto de Buques

- ✓ Hipótesis
- ✓ Definición de sección de análisis
- ✓ Toma de datos del TP Construcción Naval



Buque Base  
HyE

Resultados TP  
Construcción  
Naval

- ✓ Definición de sección de análisis
- ✓ Definición de condición/condiciones de carga para análisis
- ✓ Análisis de rigidez
- ✓ Estado tensional
- ✓ Estudio de vibraciones

- ✓ Cálculos Hidrostáticos
- ✓ Distribución de Pesos
- ✓ Condiciones de Carga
- ✓ Estabilidad (Criterios según tipo de buque)
- ✓ Curva de distribución de sollicitación por Q y Mf

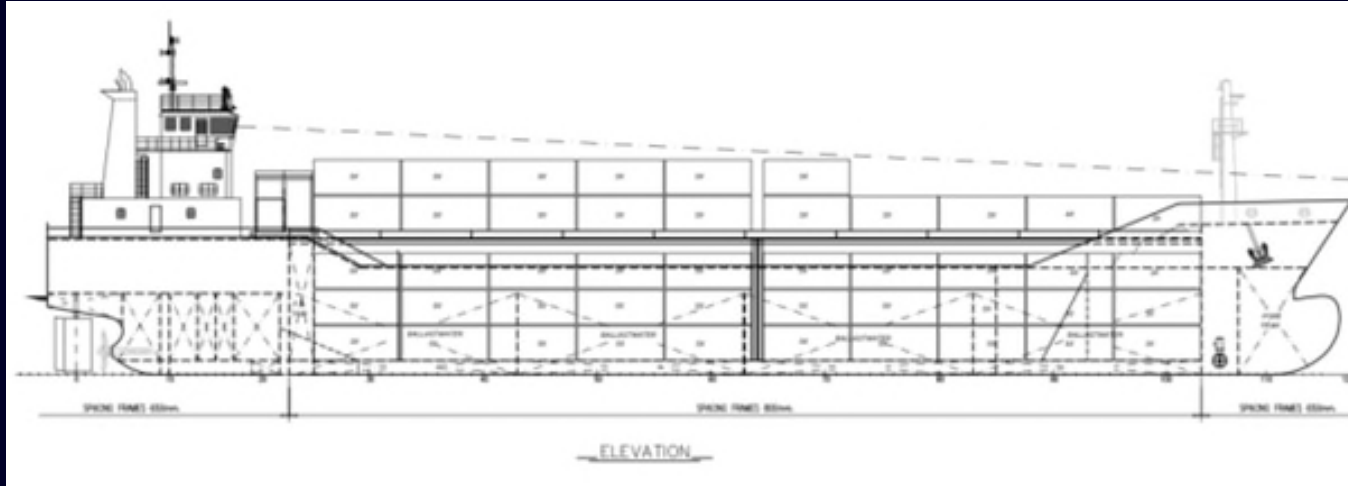
# NX

## PARTE 2 (Ing. Pablo Medina)

### 2.2 Caso de análisis y de utilización de la herramienta NX

- Buque mercante (J. Ermàcora 2022).
- Resultados y validación.
- Otros modelos.

# Caso de estudio: Buque multipropósito 4500 DWT.



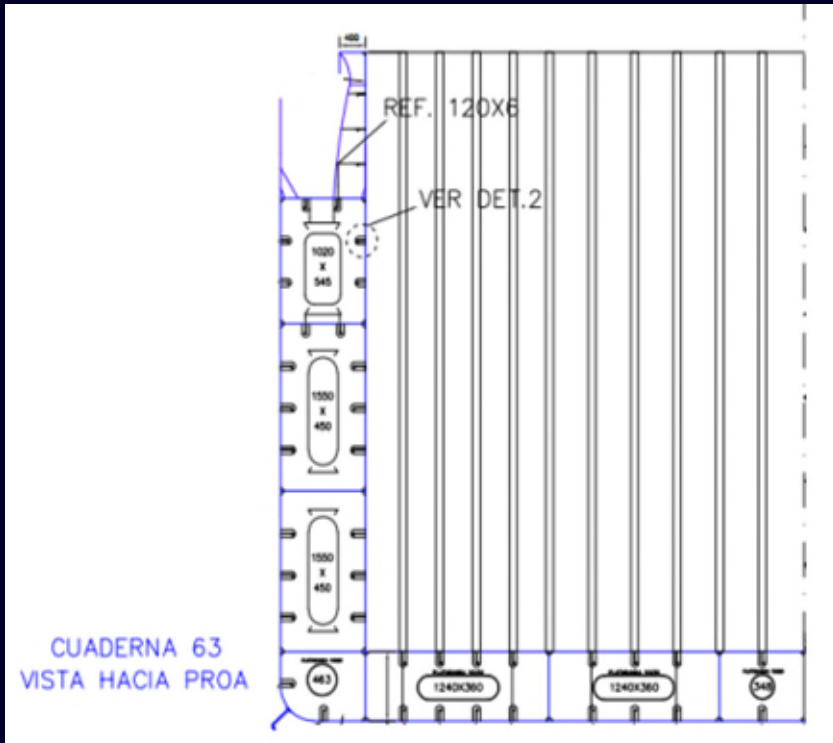
Eslora entre perpendiculares	LPP	85 m
Eslora de escantillonado	L	85,5 m
Eslora total	LOA	90,22 m
Manga	B	16 m
Calado de proyecto	dP	5,5 m
Calado de máxima carga	d	5,5 m
Puntal	D	7,5 m
Volumen de carena	$\nabla$	6052 m <sup>3</sup>
Desplazamiento	$\Delta$	6200Ton
Coficiente de Block	cb	0,807
Tipo de buque		MULTIPROPÓSITO

## Hipótesis (punto de partida):

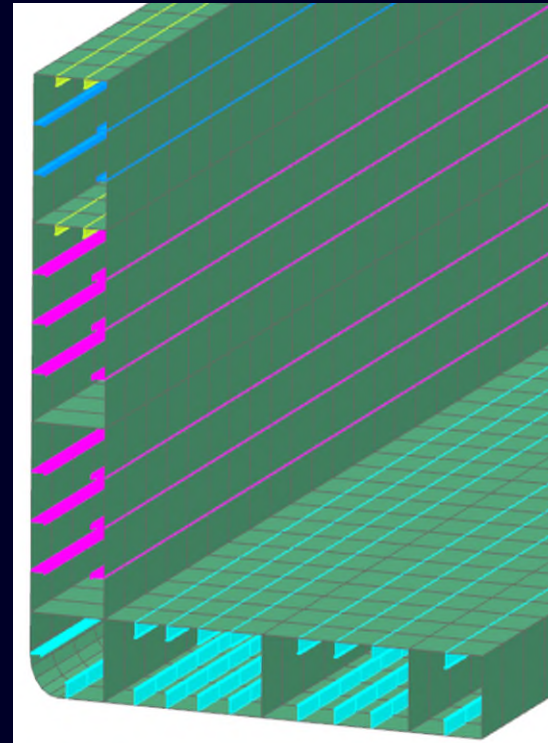
- ❑ Material: acero naval HR E=207 Gpa.
- ❑ Se modelan únicamente los elementos que contribuyen a la resistencia longitudinal. Modelo de viga buque.
- ❑ Estructura homogénea. Modelo macro escala. Condición de simetría en cruzía.
- ❑ Se modela la estructura como sección maestra.
- ❑ La disposición de la sección media ya se encuentra definida y dimensionada según ABS. Como así también la condición de carga y las curvas de empuje, corte y momento flexor.



# Caso de estudio: Buque multipropósito 4500 DWT.



*Figura tomada del plano de SM*

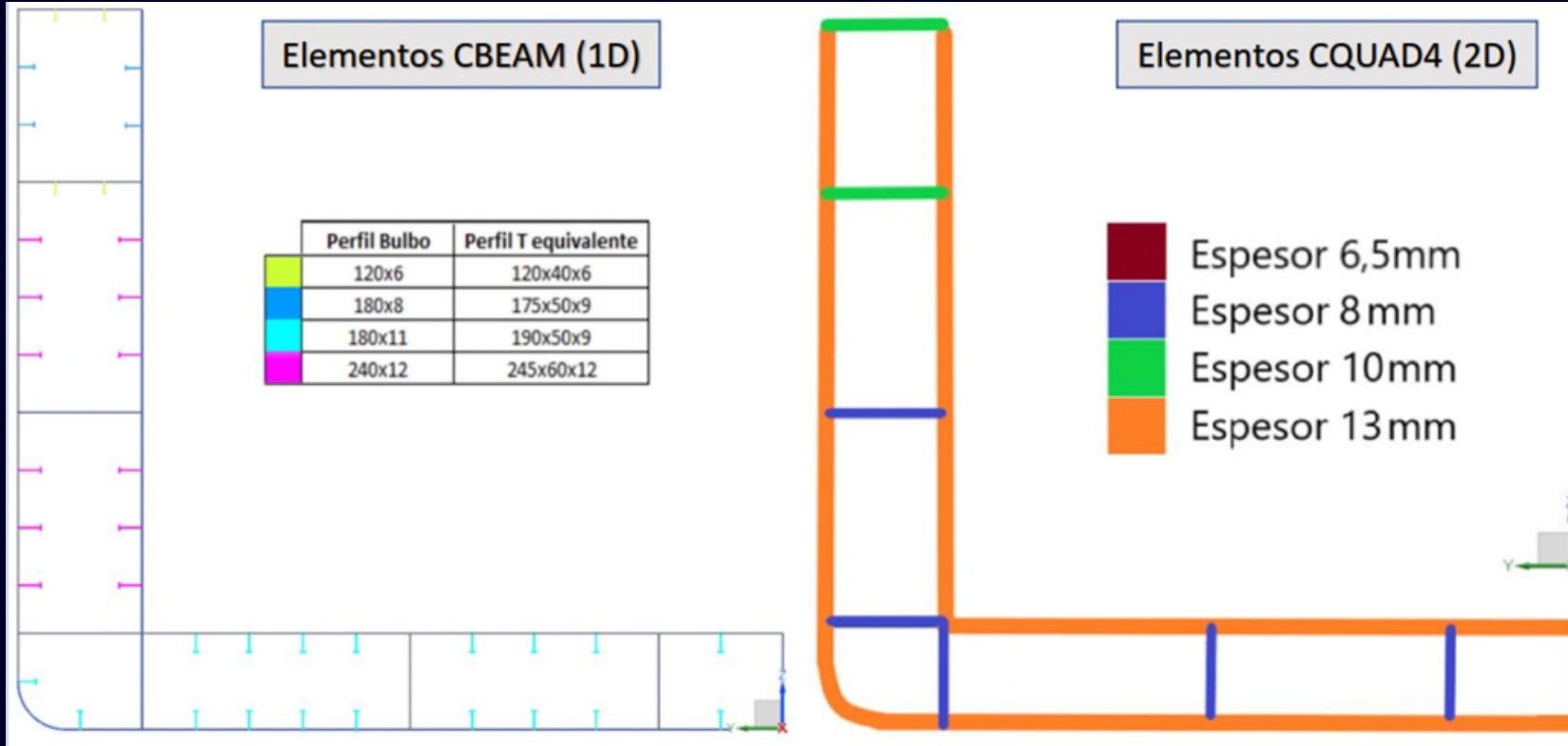


*Modelo en NX*

## En NX, 3 partes:

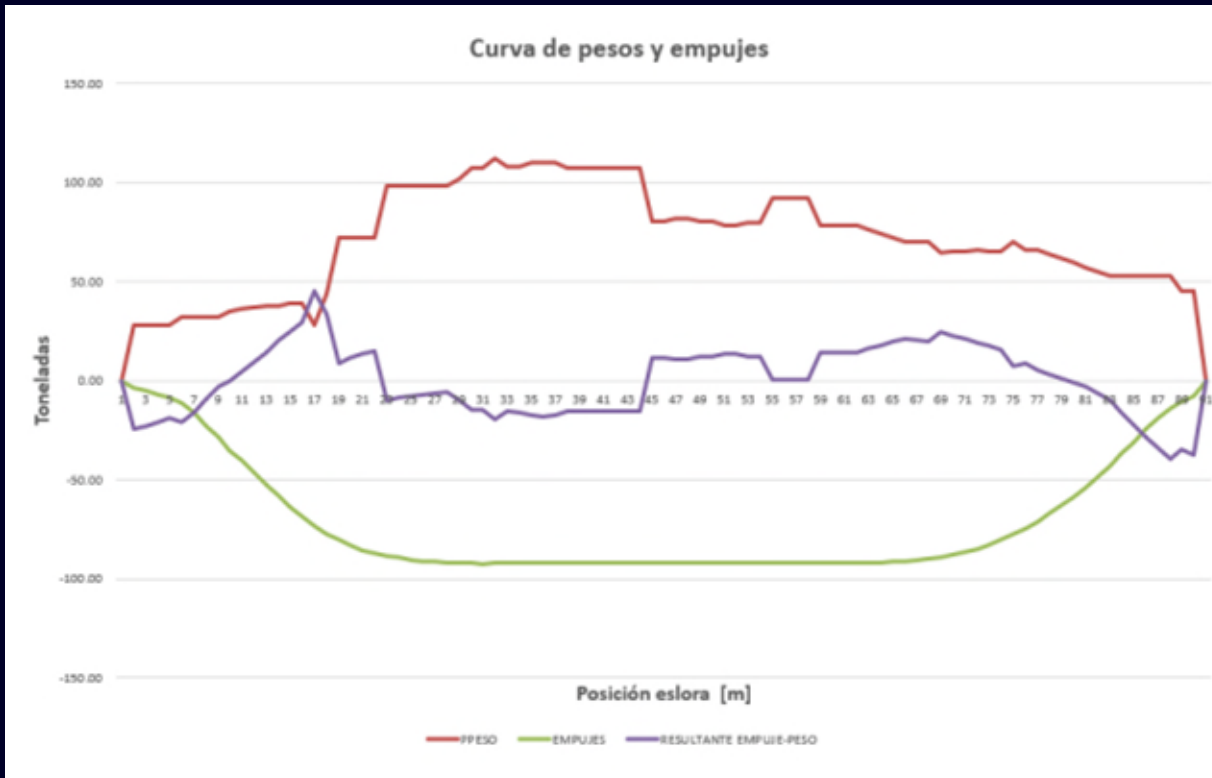
- ❑ Una gran parte de CAD (.prt).
- ❑ Acondicionamiento de malla y definición de los elementos a utilizar, materiales (.fem).
- ❑ Definición de la condición de carga y condiciones de borde (.sim).

# Caso de estudio: Buque multipropósito 4500 DWT. (.fem)

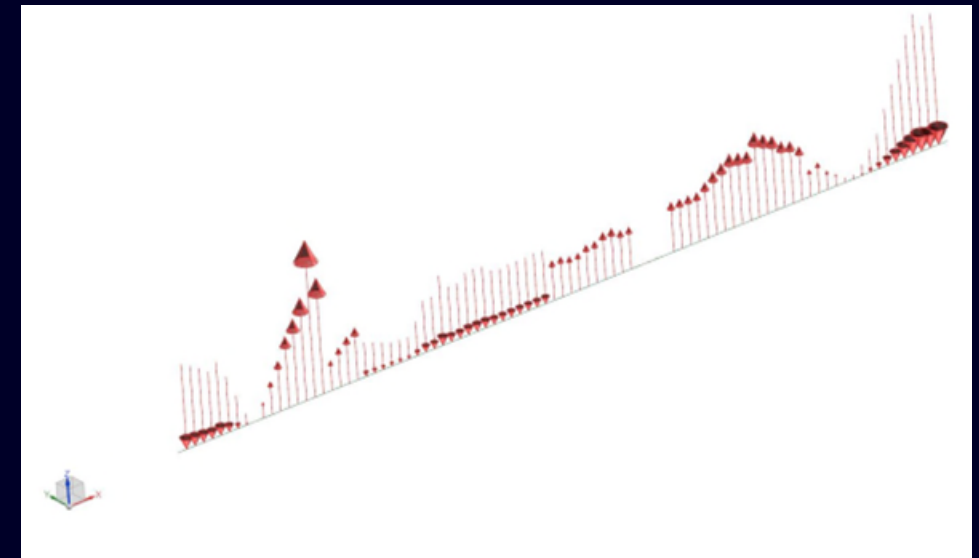


- ❑ **CBEAM:** elementos viga 3D (6 dof por nodo). Viga de Bernoulli.
- ❑ **CQUAD4:** elementos cáscara 2D (5 dof por nodo)
- ❑ **RBE2:** para distribuir la carga en los elementos estructurales.
- ❑ **Consideración:** se descarta la contribución de rigidez por parte de la brazola.

# Caso de estudio: Buque multipropósito 4500 DWT. (.sim)



*Esta fuerza resultante se aplica sobre un "eje neutro" teórico*



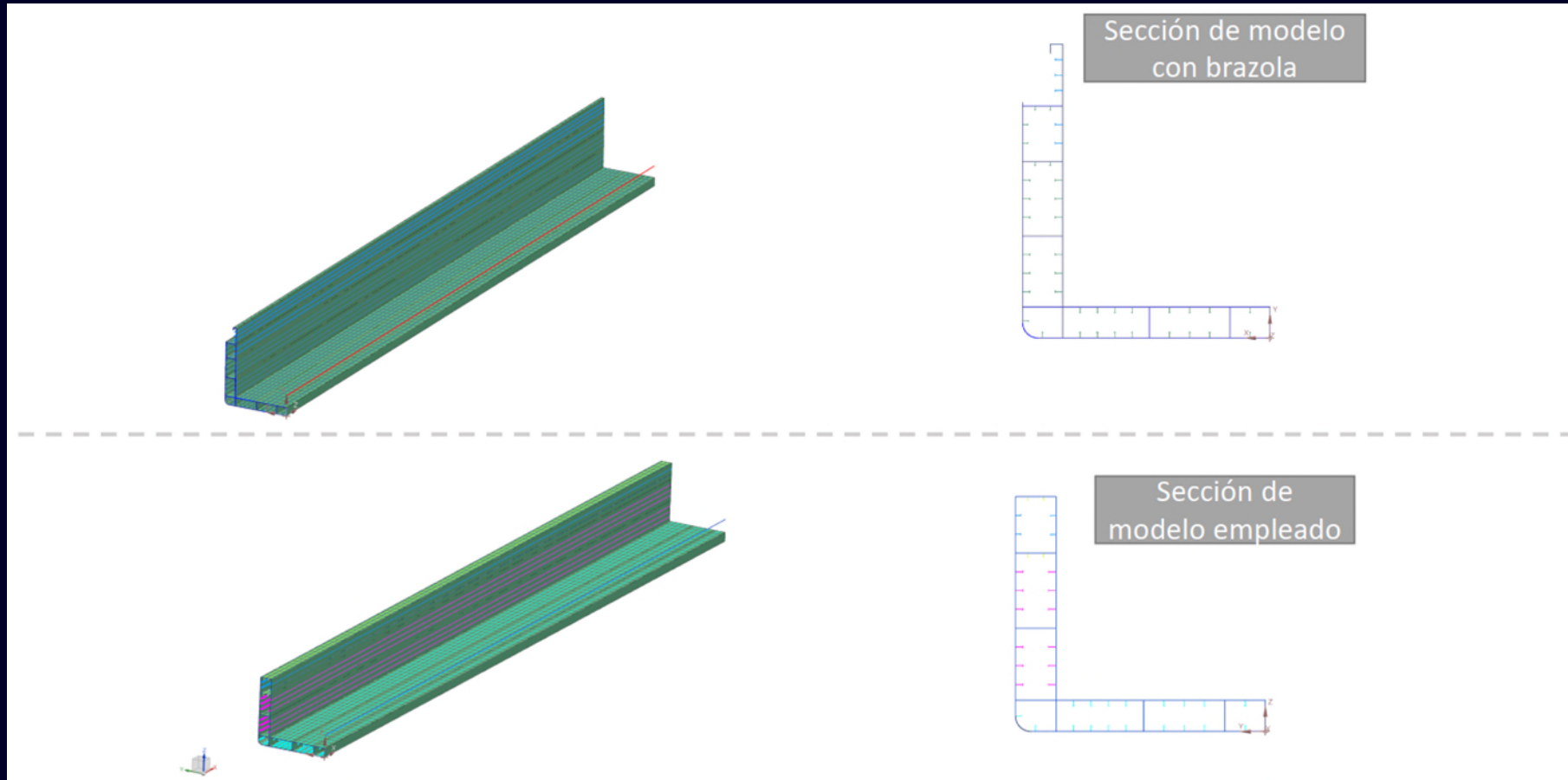
*Condición de carga en NX.  
Carga discretizada*

*De las curvas de peso y empuje se define la fuerza resultante*



# Caso de estudio: Hipótesis

- Se modela toda la eslora como sección media. Se ignora el detalle de la estructura de cuerpo de proa y popa.

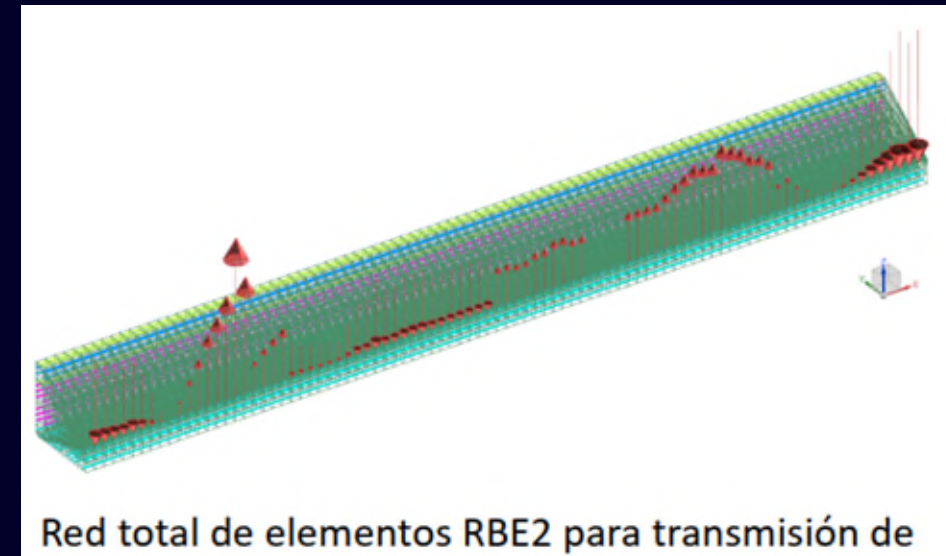
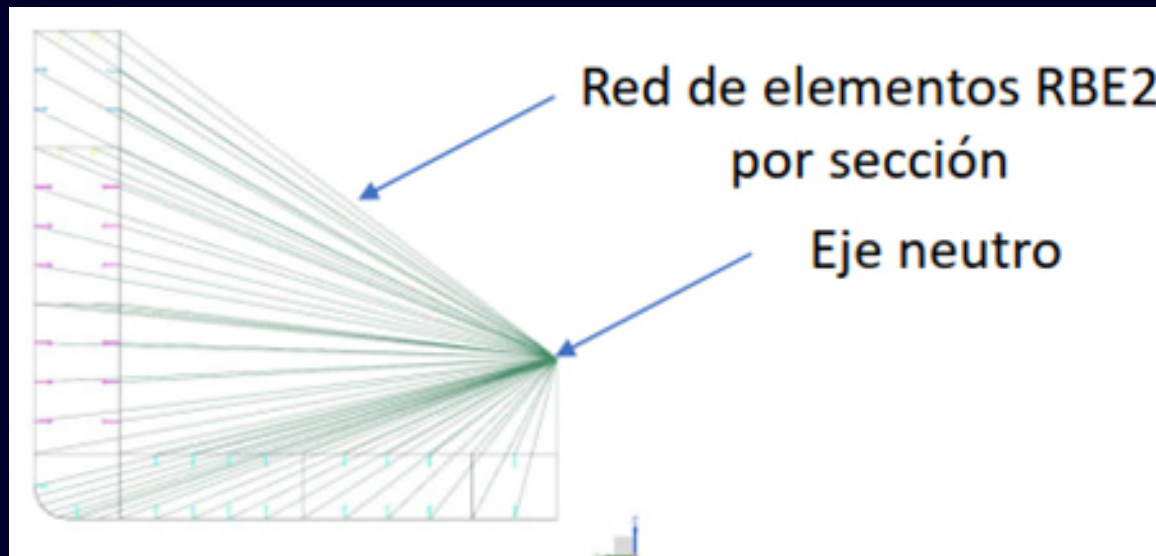


# Caso de estudio: Buque multipropósito 4500 DWT. (.sim)

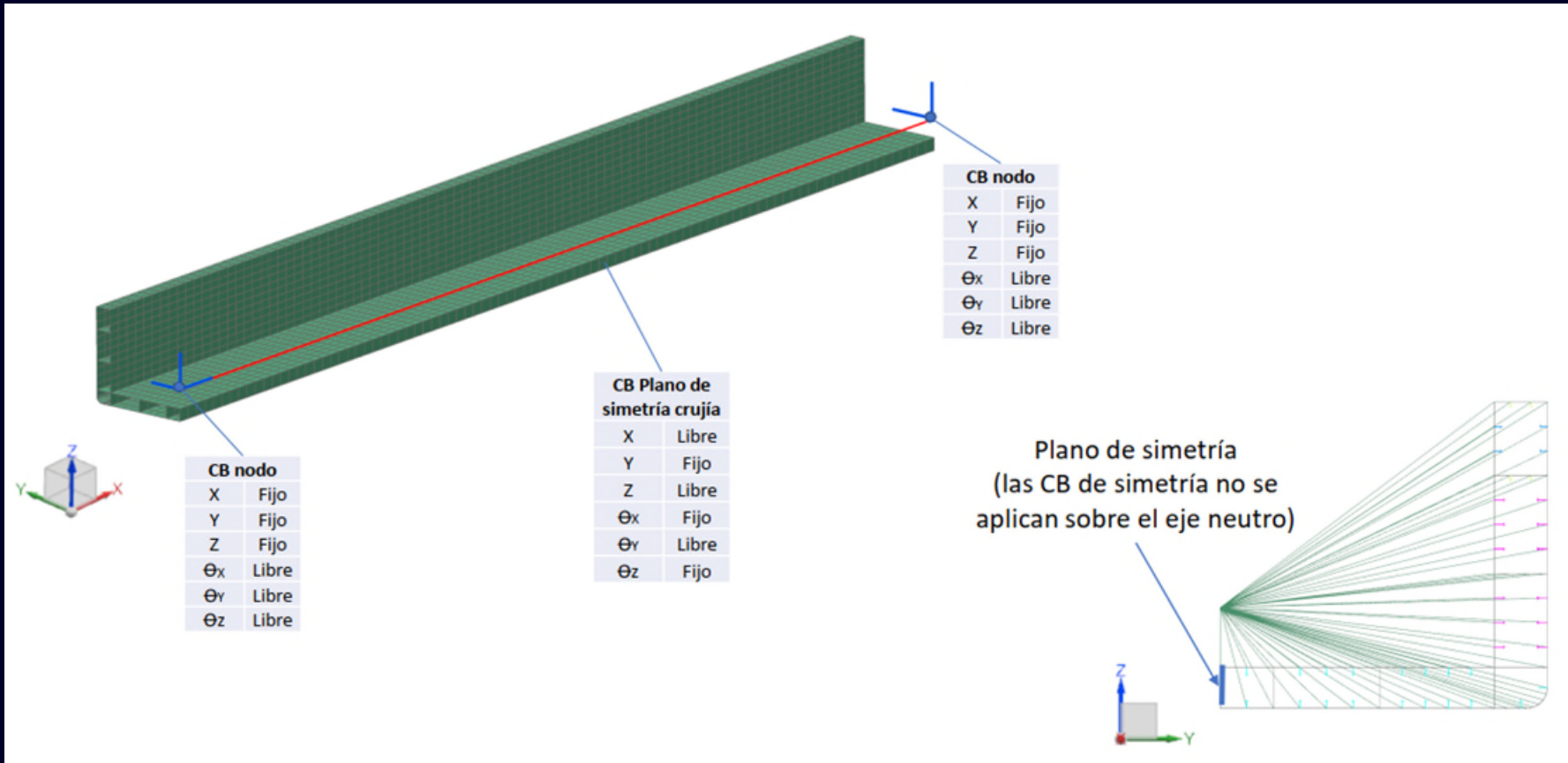
## Aplicación de cargas sobre el buque



- *Incorporación de ecuaciones de compatibilidad (constraint) mediante elementos RB2. Se transmite la carga sin aportar rigidez a la estructura*

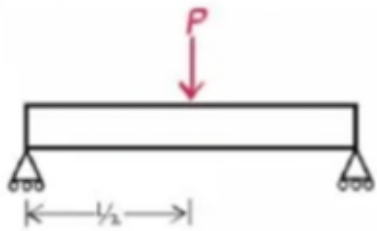


# Caso de estudio: Condiciones de borde utilizadas.



- ❑ Problema de condiciones de bordes naturales.
- ❑ Condición de elasticidad.

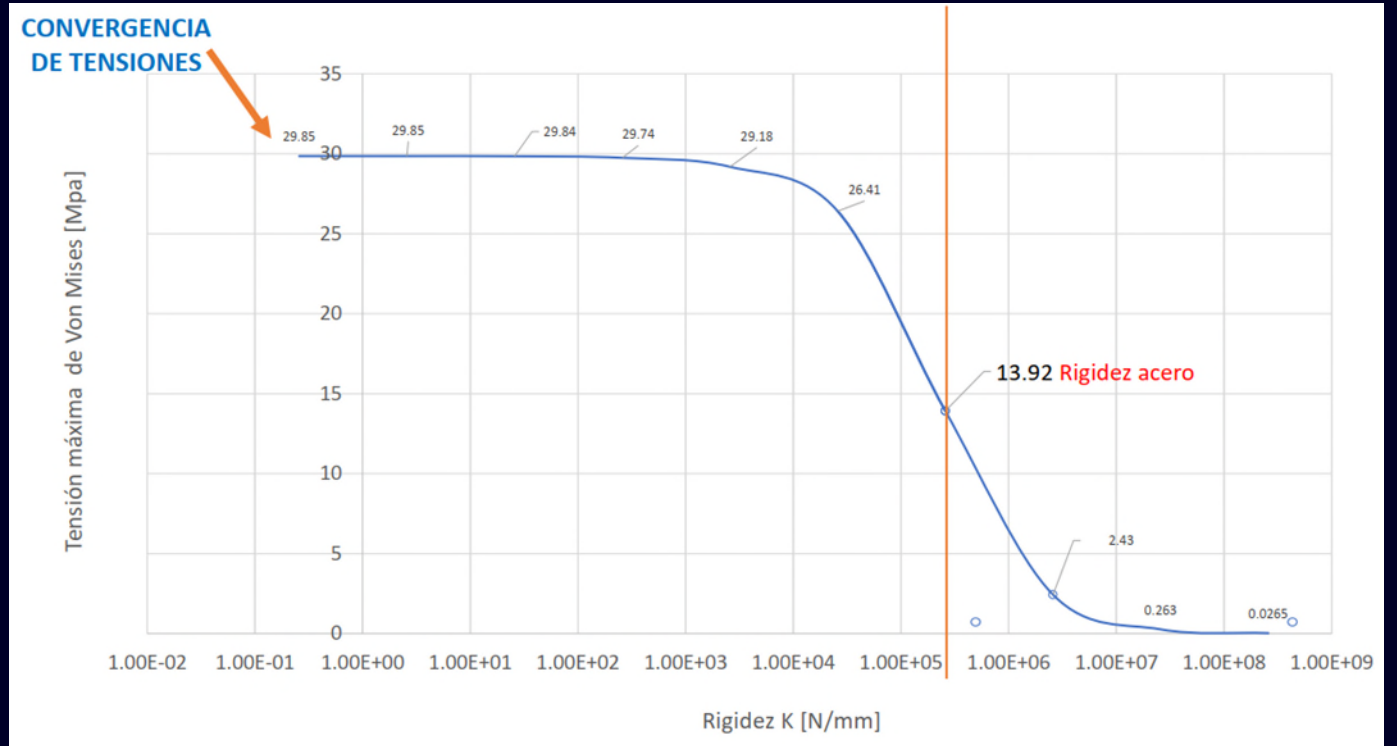
# Caso de estudio: Análisis de la rigidez [K] del eje neutro.



$$K = \frac{48EI}{L^3}$$

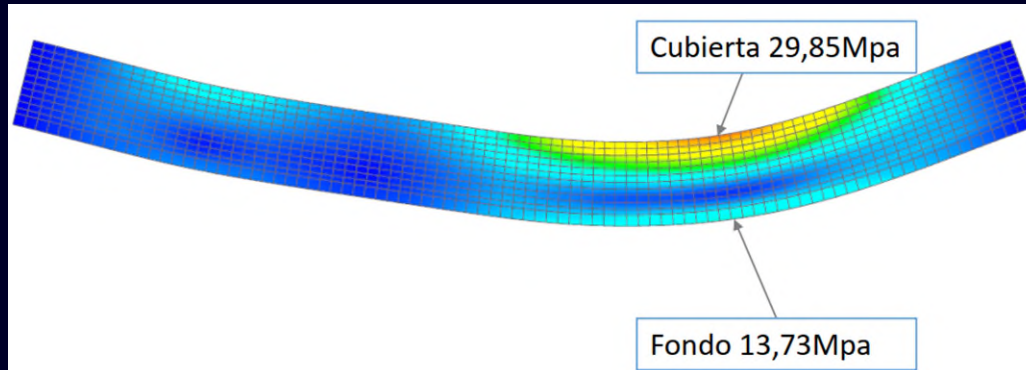
- Se analizan diferentes modulos de Young.
- La tensión permanece invariante por debajo de  $K = 1e^3$ .

	Rigidez actual K [N/mm]	Modulo Young E [N/mm <sup>2</sup> ]	Sección [mm]	Inercia I sección [mm <sup>4</sup> ]	Tensión máxima de VM [Mpa]
Rigidez menor	0.258	2E+02	1000x600x50	1.96E+10	29.85
	2.58E+00	2E+03	1000x600x50	1.96E+10	29.85
	2.58E+01	2E+04	1000x600x50	1.96E+10	29.84
	2.58E+02	2E+05	1000x600x50	1.96E+10	29.74
	2.58E+03	2E+06	1000x600x50	1.96E+10	29.18
	2.58E+04	2E+07	1000x600x50	1.96E+10	26.41
Rigidez del acero	2.58E+05	2E+08	1000x600x50	1.96E+10	13.92
Rigidez mayor	2.58E+06	2E+09	1000x600x50	1.96E+10	2.43
	2.58E+07	2E+10	1000x600x50	1.96E+10	0.263
	2.58E+08	2E+11	1000x600x50	1.96E+10	0.0265

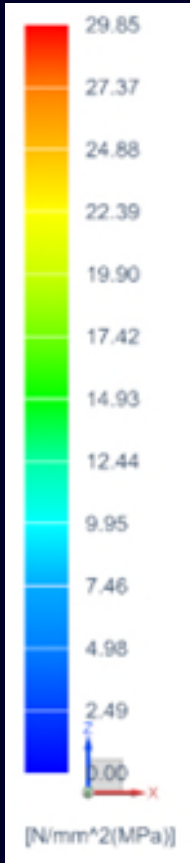
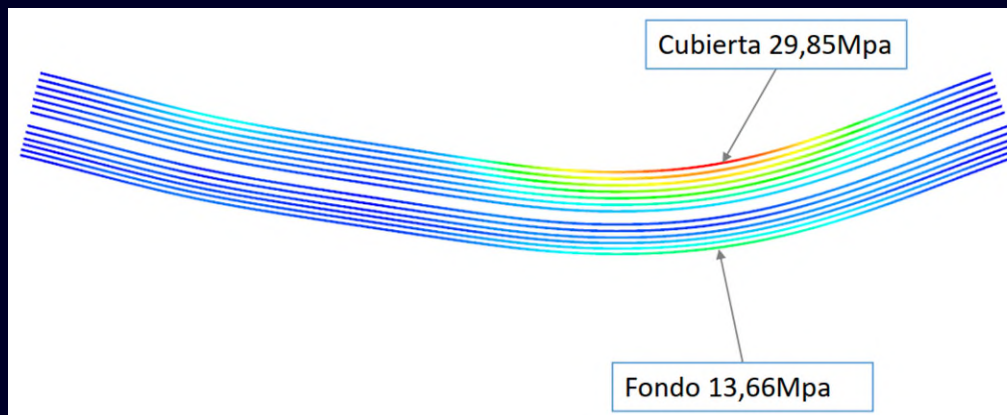


# Caso de estudio: Estado de tensiones

Tensiones normales en las tracas



Tensiones normales en los perfiles

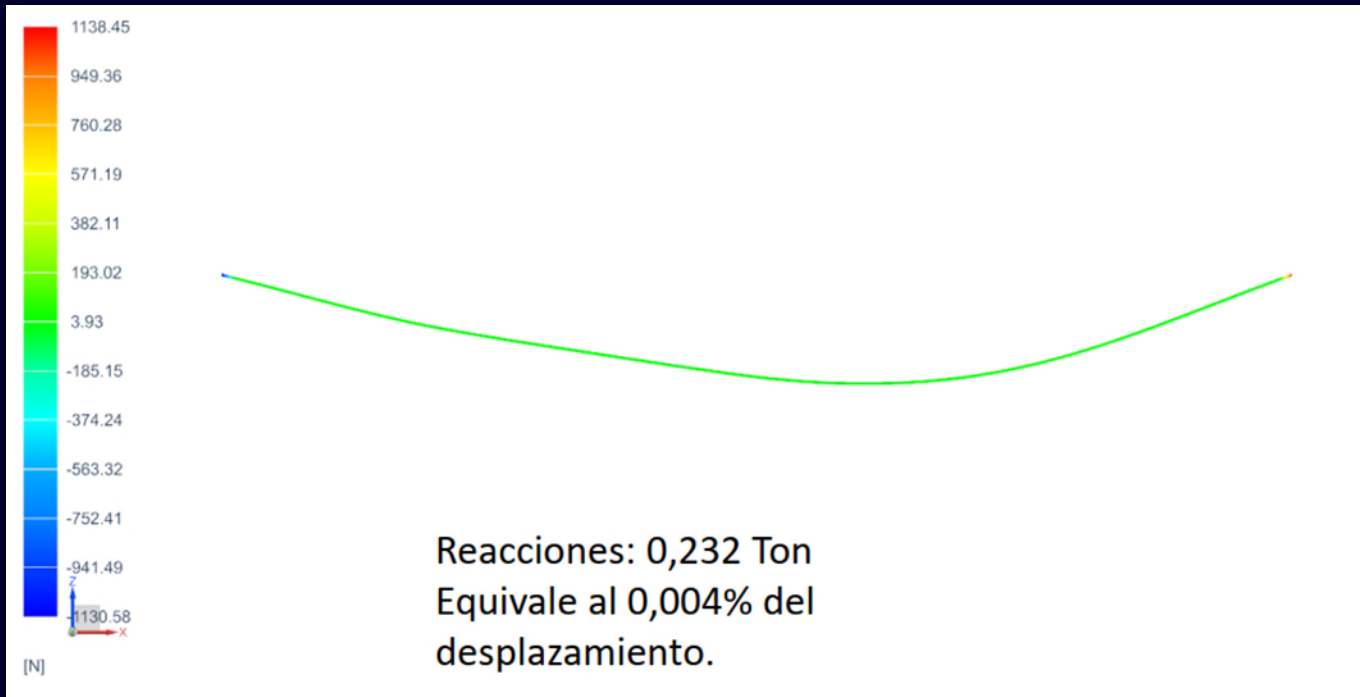


## Comparación del campo tensiones:

- ❑  $\sigma_{Cubierta\_ABS} = \frac{M_t}{SM_{Cubierta}} = 27.93 \text{ MPa}$
- ❑  $\sigma_{Fondo\_ABS} = \frac{M_t}{SM_{Fondo}} = 13.68 \text{ MPa}$
- ❑  $\sigma_{Cubierta\_FEA} = 29.85 \text{ MPa} / \text{dif} = 6.87\%$
- ❑  $\sigma_{Fondo\_ABS} = 13.66 \text{ MPa} / \text{dif} = 0.15\%$
- ❑  $\sigma_{adm\_ABS} = 175 \text{ MPa}$



# Caso de estudio: Verificación de reacciones. Post-pro



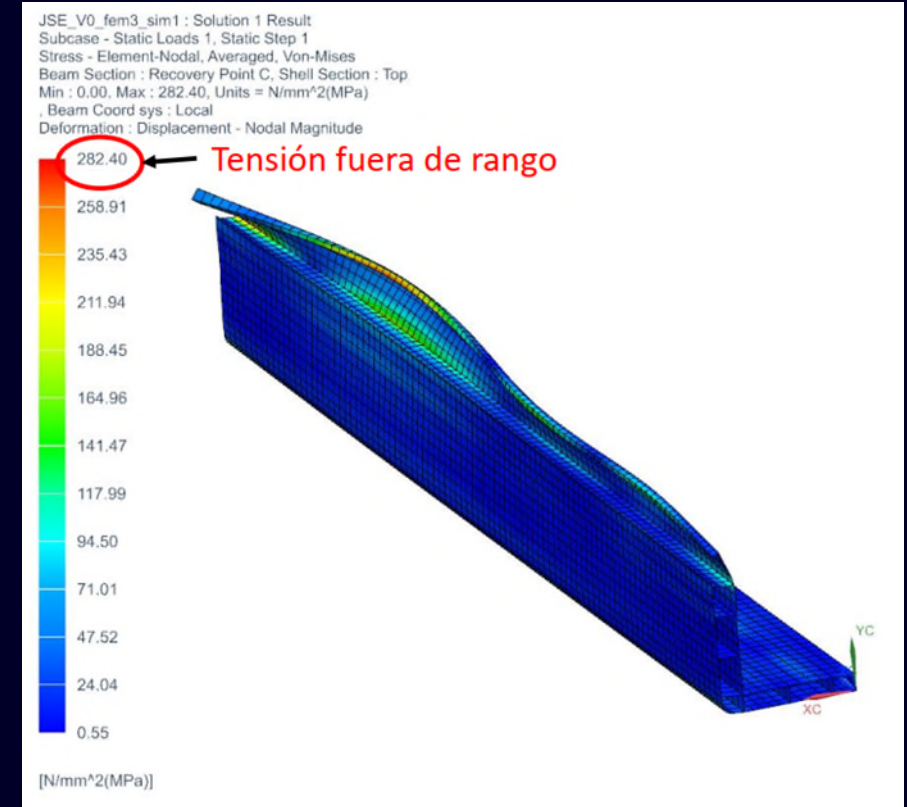
- ❑ Problema de condiciones de bordes naturales.
- ❑ Reacciones de vínculo despreciables.

- ❑ Mediante este modelo se pueden corroborar y replicar los resultados dados por la Sociedad de Clasificación definida en el proyecto
- ❑ El modelo presentado verifica los chequeos propuestos para validar los resultados. Reacciones nulas y rigidez del eje neutro ficticio.

## Otros modelos/ Próximos pasos.



- ❑ Incluir refuerzos transversales para evaluar si hay discrepancias con el análisis presentado.
- ❑ Evaluar otras condiciones de carga.
- ❑ Evaluar problemas donde la sollicitación por torsión sea más determinante.



# CONCLUSIONES

# CONCLUSIONES

- Implementación de software de cálculo y de diseño
- Incorporación a las materias del ciclo profesional
- Rol del desarrollador de software
- Proyección del software desde la universidad hacia el mercado
- Formación docente
- Hardware adecuado
- Entornos web / Tecnología

# MUCHAS GRACIAS



Expert  
Partner

Digital Industries Software





# | Contacto

**Ing. Norberto Fiorentino**  
Director de Carrera Ing. Naval  
ITBA

Iguazú 341, CABA  
Mobile +54 9 11 6516 7458

E-mail [nfiorent@itba.edu.ar](mailto:nfiorent@itba.edu.ar)

**Ing. Pablo Medina**  
Doctorando / Jefe de Trabajos Prácticos  
ITBA

Iguazú 341  
Mobile +54 9 11 6874 6890

E-mail [pmedina@itba.edu.ar](mailto:pmedina@itba.edu.ar)