

ANALISIS COMPARATIVO DE LOS NIVELES DE ESFUERZO EN PANELES REFORZADOS UTILIZANDO MEF Y MODELOS SIMPLES

Diego Felipe Sarzosa Burgos

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo



Sao Paulo, 24 de Octubre del 2007



SUMARIO

- INTRODUCCION
- METODOS UTILIZADOS
 - TEORÍA SIMPLE DE VIGAS
 - TEORÍA DE LA PLANCHA ORTOTROPICA
 - MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS
- APLICACIONES
- RESULTADOS
- CONCLUSIONES



INTRODUCCION

- MOTIVACION
- ESCANTILLONES DE UNA ESTRUCTURA
 - Sociedades clasificadoras
 - Métodos racionales
 - Métodos numéricos
- REALIZAR COMPARACION ENTRE DIFERENTES METODOLOGIAS
- PARTE DEL PROCESO DE DISEÑO
 - Conceptual
 - Preliminar
 - Definitivo
- COSTO :
 - Tiempo y recursos



MÉTODO DE LA TEORÍA DE VIGAS

- Estimar los niveles de esfuerzo de un modo “rápido” y “aceptable”.
- Es necesario :
 - Calcular el cargamento: Cargas concentradas y/o cargas distribuidas
 - Escoger condición de apoyo que mejor representa el comportamiento de la viga en función de las cargas aplicadas.
 - Seleccionar escantillones.
 - Seleccionar el punto de análisis.
 - Calcular el momento flector máximo producido por la carga aplicada.
 - Determinar la inercia de la sección transversal, incluyendo el ancho efectivo de la plancha colaborante que sea solidaria a la viga.



MÉTODO DE LA TEORÍA DE VIGAS

- Estimación del esfuerzo producido por la flexión pura de la viga utilizando la conocida expresión:

$$\sigma_{FLEXION} = \frac{M \times y}{I}$$

- Cuando es aplicada la teoría de vigas para estimar los esfuerzos en paneles reforzados los siguientes efectos son negados:
 - Efectos cortantes
 - Rigidez torsional del panel
 - Efecto de poisson
 - Unión con los otros elementos.



TEORIA DE LA PLANCHA ORTOTROPICA

- En este método el panel reforzando es representado por una Plancha Ortotrópica equivalente cuya rigidez a la flexión y torsión varia en dos direcciones ortogonales.
- El grado de aproximación depende fuertemente del número de refuerzos en cada dirección y de la uniformidad del mismo
- Si el espesor de la plancha ortotrópica rectangular es relativamente pequeño en comparación a las otras dimensiones, ($a, b/t > 40$), el esfuerzo normal y el efecto de deformación por corte pueden ser despreciados
- Las relaciones constitutivas para una plancha ortotrópica son:

$$\begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} = \frac{1}{1 - \nu_x \nu_y} \begin{bmatrix} E_x & E_x \nu_y & 0 \\ E_y \nu_x & E_y & 0 \\ 0 & 0 & G(1 - \nu_x \nu_y) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix}$$



TEORIA DE LA PLANCHA ORTOTROPICA



- Shade (1941) introdujo curvas de diseño basado en planchas ortotrópicas.
- Asumió que la deflexión es pequeña en comparación con la espesura de la plancha ($w_{MAX}/t < 0.5$) y utilizó cuatro tipos diferentes de paneles reforzados:
 - Tipo A: Fuertemente reforzado en ambas direcciones
 - Tipo B: Refuerzos repetitivos en una sola dirección y solo uno en la otra dirección.
 - Tipo C: Refuerzos en una sola dirección.
 - Tipo D: Plancha sin refuerzos.



TEORIA DE LA PLANCHA ORTOTROPICA

- Para cada uno de los tipos anteriores se pueden admitir cuatro casos de condiciones de frontera:
 - Todos los lados simplemente apoyados.
 - Los lados menores empotrados y los mayores simplemente apoyados.
 - Los lados mayores empotrados y los menores simplemente apoyados.
 - Todos los lados empotrados.
- Parámetros iniciales a ser conocidos:
 - Presión lateral, geometría del panel (largo, ancho, separación entre refuerzos largos y cortos, Inercias, etc.)



TEORIA DE LA PLANCHA ORTOTROPICA

- Para cada uno de los tipos de paneles se debe calcular varios parámetros con el fin de utilizar las gráficas propuestas por el Dr. Shade. Por ejemplo para un panel "Tipo A", las expresiones para cada parámetro son:

$$i_a = \frac{I_{na}}{S_a} + 2 \frac{(I_a - I_{na})}{b} \quad i_b = \frac{I_{nb}}{S_b} + 2 \frac{(I_b - I_{nb})}{a}$$

rigidez unitaria dado que representan el momento de inercia por largo unitario

$$\rho = \frac{a}{b} \sqrt[4]{\frac{i_b}{i_a}}$$

"razón de aspecto virtual", puesto que representa la razón de aspecto del panel alterado por la razón de rigidez unitaria en cada una de las direcciones.

$$\eta = \sqrt{\frac{I_{pa} I_{pb}}{I_{na} I_{nb}}}$$

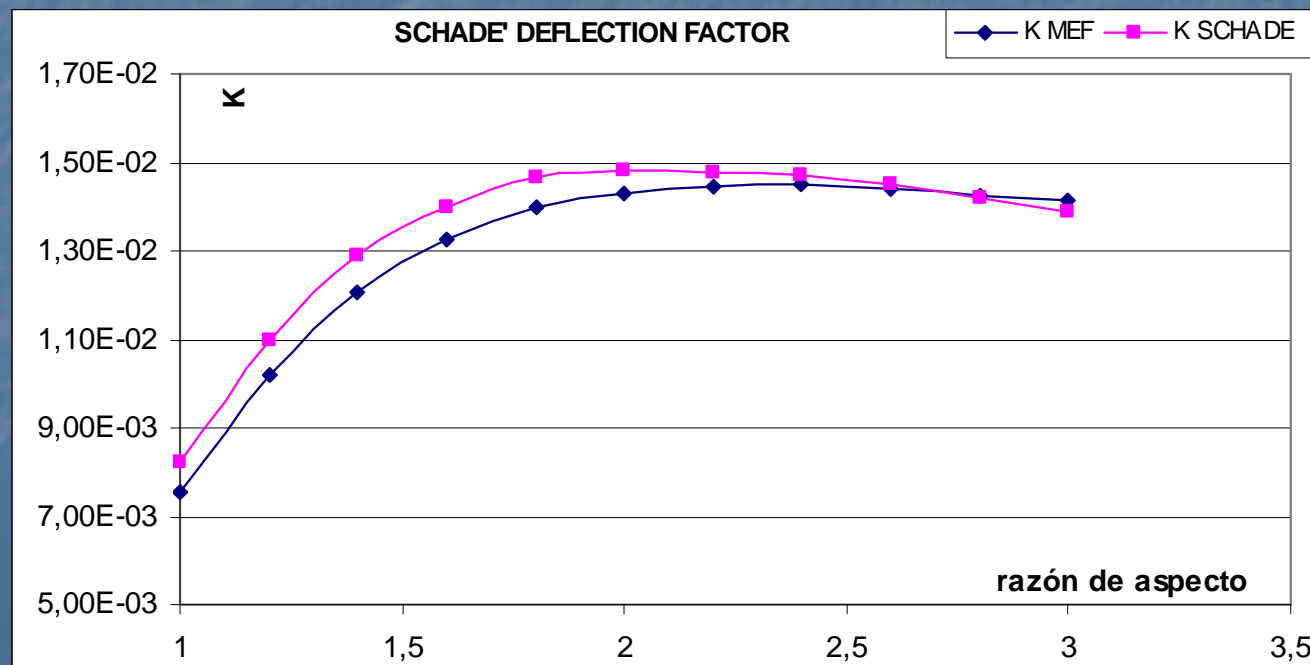
"coeficiente de torsión" pues representa la relación entre la inercia del material sujeto a corte y la inercia del material sujeto a flexión.



TEORIA DE LA PLANCHA ORTOTROPICA



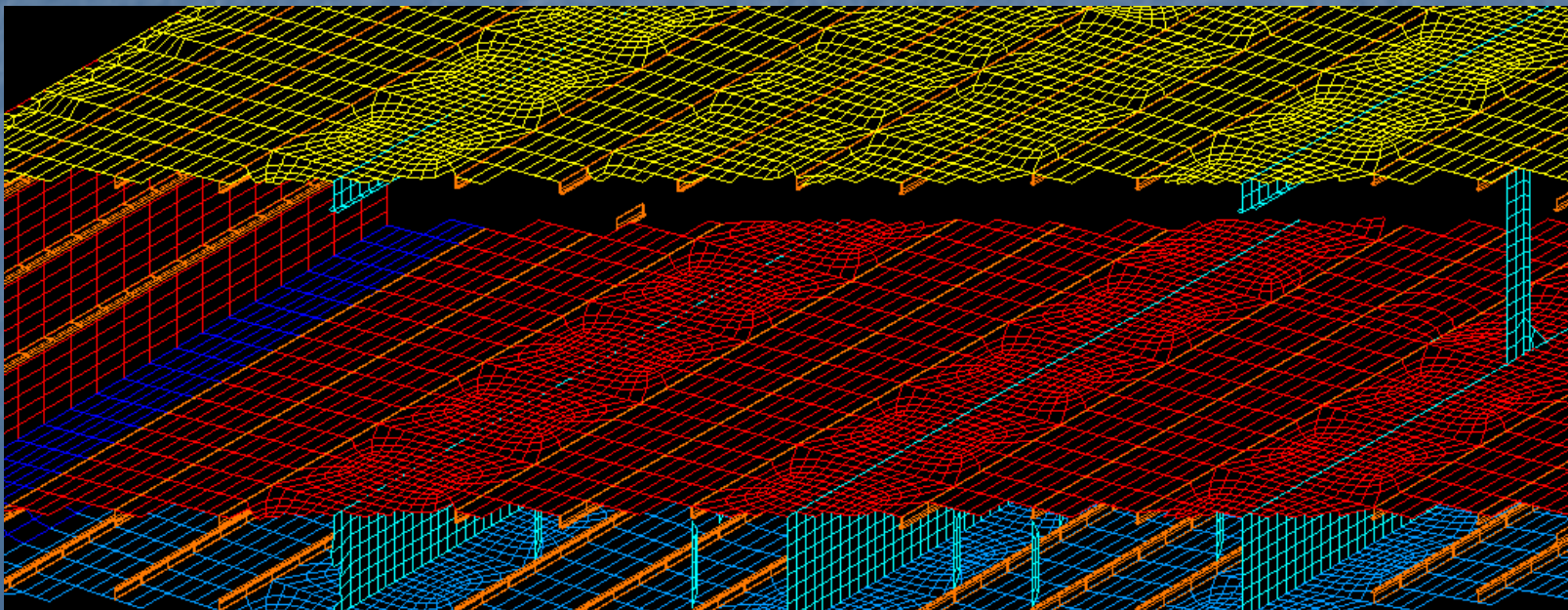
- Shade (1941) indica posibles variaciones del método de la plancha ortotrópica para lugares con concentración de rigidez.
- Galindo (2007) realizó varios experimentos para identificar el grado de exactitud del método de la plancha ortotrópica para posibles concentraciones de rigidez.
- Realizó modelos con elementos finitos de diversos paneles reforzados, variando la razón de aspecto y la intersección o no de reforzadores en el centro del panel.





MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

- Este método es muy utilizado para realizar análisis estructurales complejos con un alto grado de exactitud
- El método consiste en dividir una estructura en varias partes llamadas "elementos finitos", y describir el comportamiento estructural de cada elemento resolviendo el conjunto de ecuaciones de equilibrio que gobierna el sistema.
- Cuando surge la necesidad de utilizar el método de elementos finitos la primera pregunta que surge es relacionada a la clasificación del problema en función de la geometría, modelo del material constituyente y tipo de cargas.
- El modo como el MEF es formulado y aplicado depende, en parte, de las simplificaciones inherentes a cada tipo de problema. Los tipos de análisis realizados pueden ser estáticos o dinámicos, los mismos que pueden ser lineales o no lineales





MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS



- Los fenómenos físicos que son resueltos con MEF pueden ser modelados con una de las siguientes formulaciones:

$$Kq = F$$

$$C \dot{q} + Kq = F$$

$$M \ddot{q} + C \dot{q} + Kq = F$$

La construcción de un modelo utilizando MEF puede ser dividido en las siguientes partes:

- Creación de la geometría
- Estimación de las cargas a ser aplicadas
- Escoger las condiciones de frontera acorde al tipo de cargamento aplicado



APLICACIONES

- Dos paneles son escogidos para hacer las estimativas de los niveles de esfuerzo mediante los 3 métodos.
- La carga aplicada: Columna de agua de 4 y 2 metros.
- El punto de referencia para calcular los esfuerzos será el centro del panel, en la parte inferior de la plancha para ambos casos

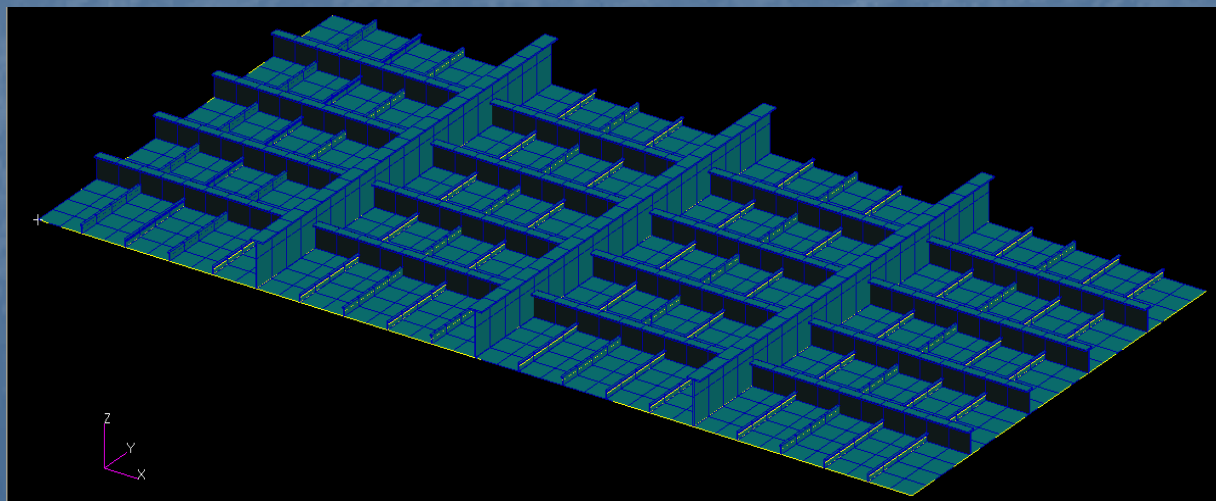


APLICACIONES



■ Panel 1:

- Largo: 10 m (Boca)
- Ancho: 5 m (Separación entre Mamparos)
- Ref. Longitudinal: 400x12+150x12 mm (Quilla)
- Ref. transversal: 200x12+100x12 mm (Varenga)
- Ref. Longitudinal Ligeros: L 75x25x10 mm
- Espesor Plancha: 10 mm
- Calado: 4 m
- Separación Ref. Long: 2.5 m
- Separación Ref. Trans: 1 m
- Separación Ref. Leves: 1 m
- Bordes cortos empotrados y bordes largos simplemente soportados

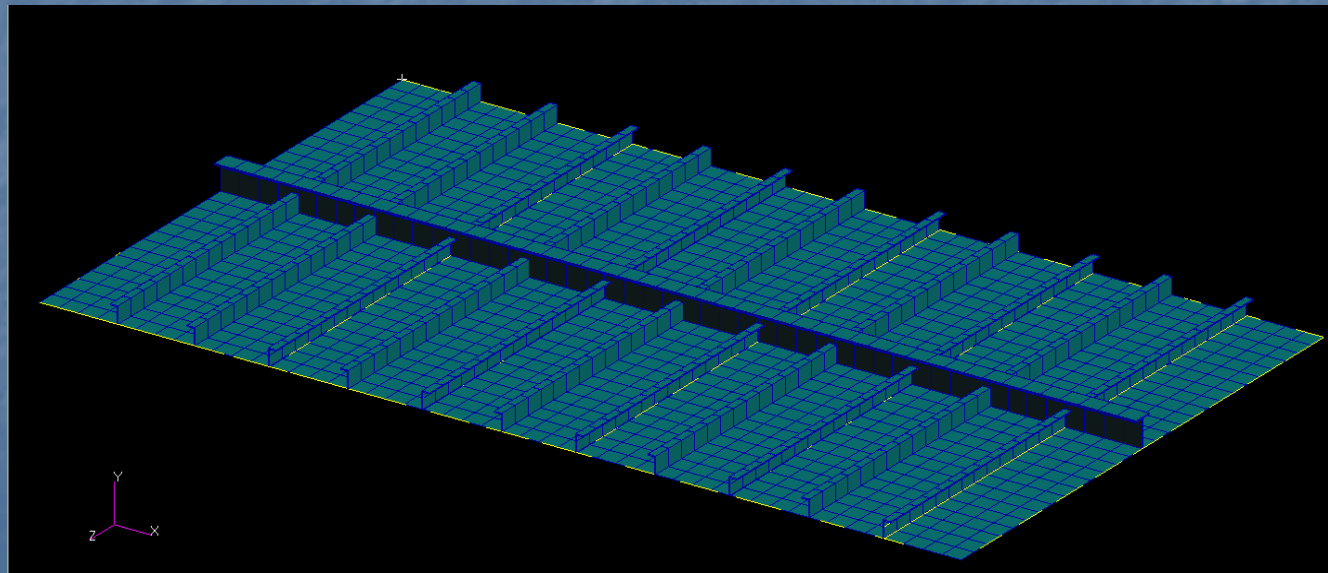




APLICACIONES



- Panel 2:
 - Largo: 12 m
 - Ancho: 7m
 - Ref. Longitudinal: T 350 x 9.53+250x12 mm (Largo)
 - Ref. Transversal: L 20.32x10.16x1.27 mm (Corto)
 - Espesor Plancha: 7 mm
 - Calado: 2 m
 - Separación Ref. Largo: 3.5 m
 - Separación Ref. Corto: 1.2 m

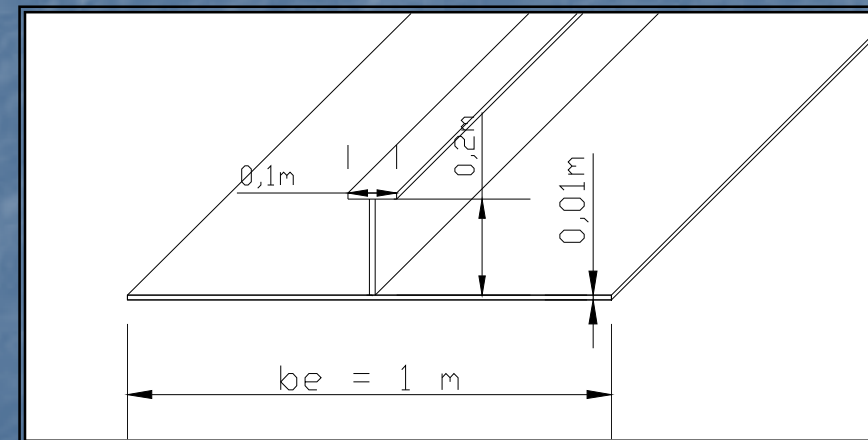
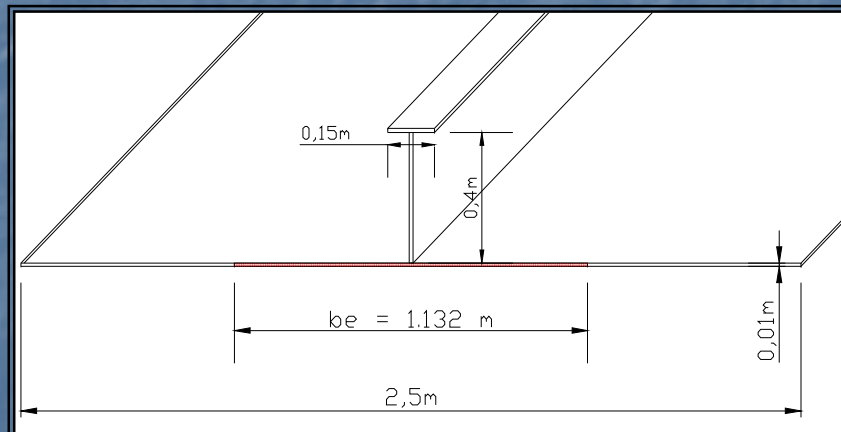
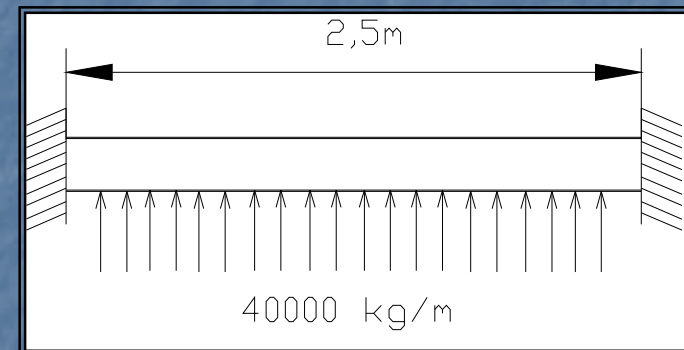
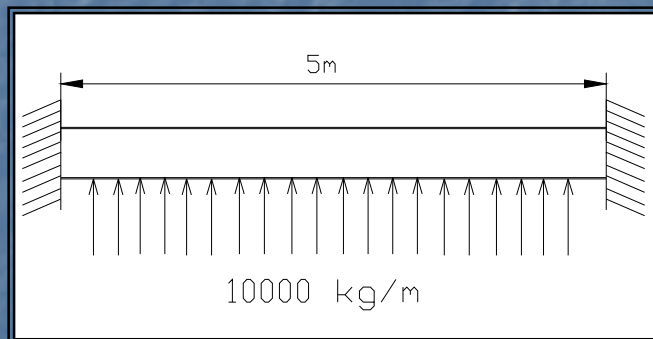




APLICACIONES

Dirección corta:

Dirección larga



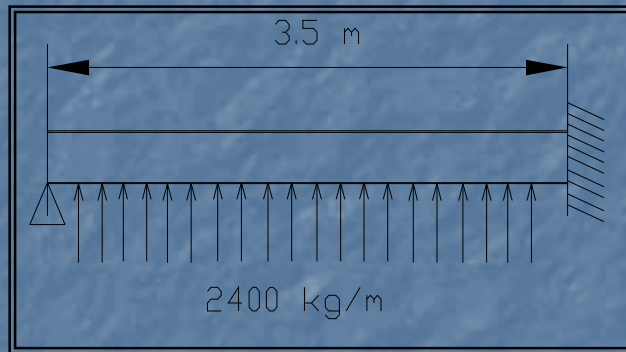
PANEL # 1



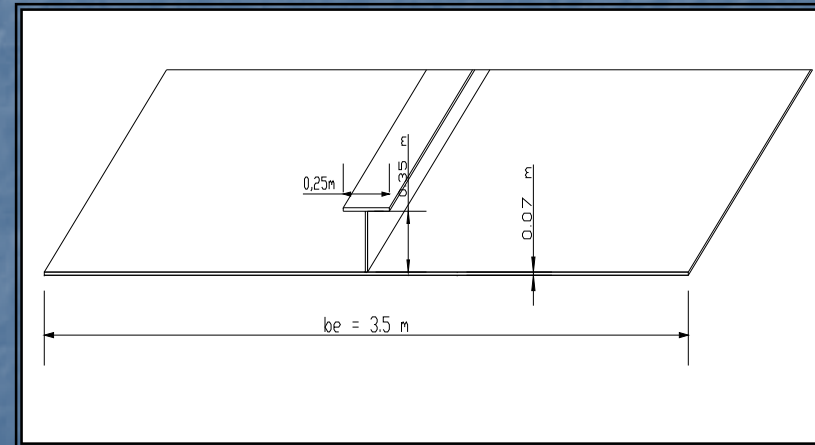
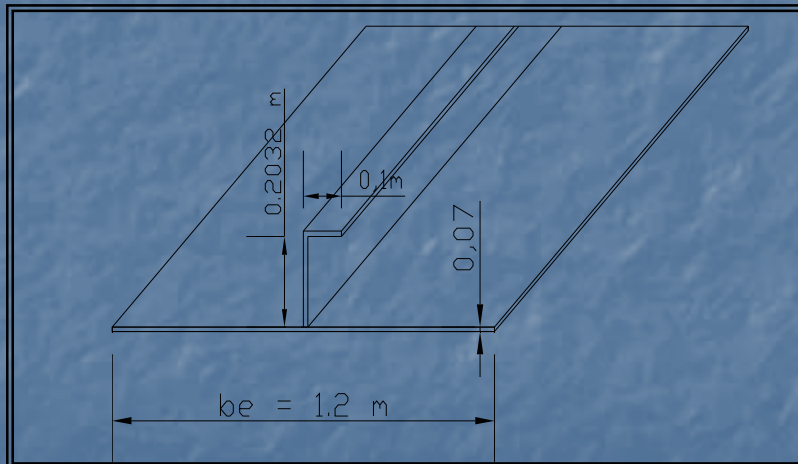
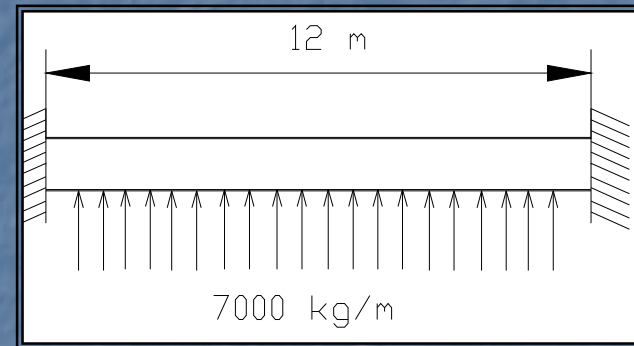
APLICACIONES: Teoría de Viga



Dirección corta:



Dirección larga



PANEL # 2



APLICACIONES: Plancha Ortotrópica

Panel TIPO A

Caso 3

$a=10$ m

$b=5$ m

$\rho=4000$ kg/m²

$S_a=1$ m

$S_b=2.5$ m

$I_{n_a}=I_a=7.129e-5$ m⁴

$I_{n_b}=I_b=4.0871e-4$ m⁴

R. Corto

$$\left. \begin{array}{l} i_A = 7.129 e - 5 \text{ m}^3 \\ i_B = 1.63 e - 4 \text{ m}^3 \\ \rho = 3.028 \\ \eta = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow k = 0.013$$

R. Largo

$$\left. \begin{array}{l} i_A = 7.129 e - 5 \text{ m}^3 \\ i_B = 1.63 e - 4 \text{ m}^3 \\ \rho = 3.028 \\ \eta = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow k = 0.0465$$

PANEL # 1



APLICACIONES: Plancha Ortotrópica

Panel TIPO B

Caso 2

$a=12$ m

$b=7$ m

$\rho=0.2$ kg/cm²

$S_a=1$ m

$S_b=1.2$ m

$I_a=55896$ cm⁴

$I_{nb}=I_b=6510$ cm⁴

Ref. Corto

$$\left. \begin{array}{l} i_A = 159.56 \text{ cm}^3 \\ i_B = 54.25 \text{ cm}^3 \\ \rho = 1.31 \\ \eta \cong 0 \end{array} \right\} \Rightarrow k = 0.082$$

Ref. Largo

$$\left. \begin{array}{l} i_A = 159.56 \text{ cm}^3 \\ i_B = 54.25 \text{ cm}^3 \\ \rho = 1.31 \\ \eta \cong 0 \end{array} \right\} \Rightarrow k = 0.079$$

PANEL # 2

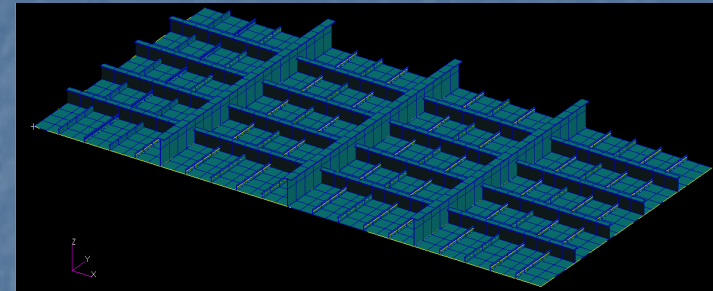


RESULTADOS

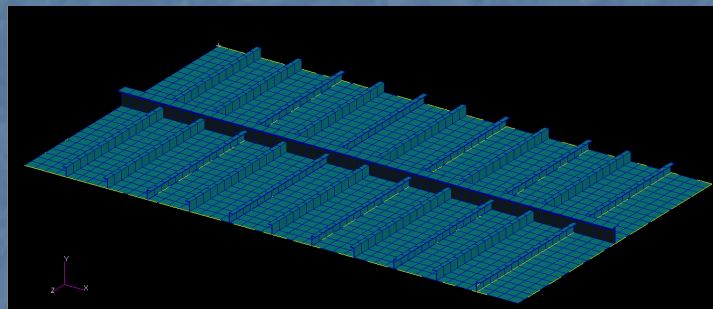


PANEL # 1

ESFUERZOS (MPa)			
Método de Cálculo	QUILLA	VARENGA	
Chapa Ortotrópica	28,388	4,906	
Teoria de Vigas	25,481	11,906	
MSC.Patran 2005	Componente	27,2	23,95
	Von Misses	26,05	



PANEL # 2



ESFUERZOS (MPa)			
Método de Cálculo	QUILLA	VARENGA	
Chapa Ortotrópica	55,898	71,585	
Teoria de Vigas	50,835	27,18	
MSC.Patran 2005	Componente	51,075	16,796
	Von Misses	66,504	

FACTOR DE SEGURIDAD (F.S)					
Panel	Elemento	Método			
		Componente (MEF)		Von Misses (MEF)	
		Chapa Ortotrópica	Teoria Vigas	Chapa Ortotrópica	Teoria Vigas
1	QUILLA	1,044	0,937	1,090	0,978
	VARENGA	0,205	0,497	0,188	0,457
2	QUILLA	1,094	0,995	0,841	0,764
	VARENGA	4,262	1,618	1,076	0,409



CONCLUSIONES

- Las teorías simplificadas expuestas mostraron ser eficientes para estimar los niveles de esfuerzo en cada una de las direcciones en una estructura típica.
- En general el método de teoría de vigas muestra ser menos conservadora cuando es comparada con plancha ortotrópica.
- Antes de la aparición de MEF para comprobar el adecuado comportamiento de una estructura en un navío, eran estas metodologías las más usadas para realizar diseños y proyecciones de estructuras y que en la mayoría de veces trabajaron correctamente.
- Se recomienda la utilización de estas metodologías simples y rápidas (en comparación con un modelo de MEF) para estimativas preliminares de escantillones de estructuras típicas en un navío.
- En etapas más avanzadas del proceso de diseño se recomienda realizar análisis con mayor nivel de detalles según los requisitos de cada proyecto.

- PREGUNTAS?
- PERGUNTAS?
- QUESTIONS?