ISOTROPIC MODELING OF A COMPOSITE PANEL OF THE STERN OF A FIBER BOAT POWERED BY OUTBOARD

MODELACIÓN ISOTRÓPICA DE LOS ESFUERZOS DEL ESPEJO DE UN BOTE DE FIBRA IMPULSADO POR MOTOR FUERA DE BORDA

M.Sc. Patrick Townsend Valencia
Ingeniero Naval - Profesor de la Escuela Superior Politécnica del Litoral – ESPOL
Master en Ciencia y Tecnología de Polímeros – Uned Madrid España
Presidente del IPIN Ecuador
Presidente de Consultoría Naval Oceánica S.A. - Navalocean
ptownsen@espol.edu.ec, ptownsen@live.com
Guayaquil – Ecuador
5934+2448711, 5939+1527396, fax 5934+2331698

EL PROBLEMA CONSIDERADO

OBJETIVO

REALIZAR EL ANÁLISIS ESTÁTICO DEL PROBLEMA DEL ESPEJO DE UN BOTE DE FIBRA CON EL FIN DE:

DELINEAR EL PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LOS MEJORES RESULTADOS

- EMPLEAR UN SOFTWARE
- MODELAR EL PROBLEMA
- DERIVAR ANÁLISIS FUTUROS
- ESTABLECER CONCLUSIONES
- ANALIZAR EL MATERIAL POLIMÉRICO

DESARROLLO DEL TRABAJO

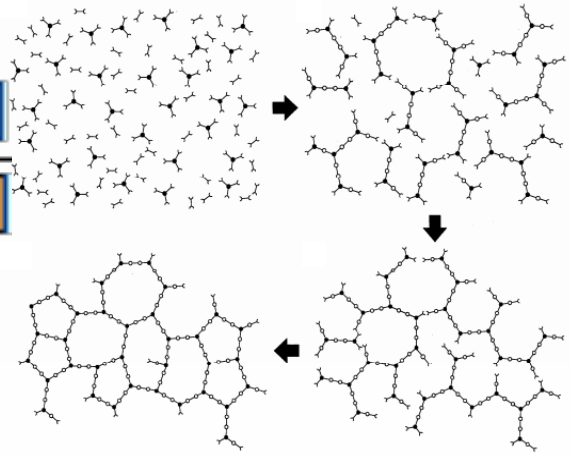
- Material empleado en el modelo.
- Desarrollo del modelo matemático empleando el Método de Elementos
- Análisis de los esfuerzos sobre el espejo.
- Ensayo de laboratorio
- Conclusiones.
- Perspectivas para futuros análisis.

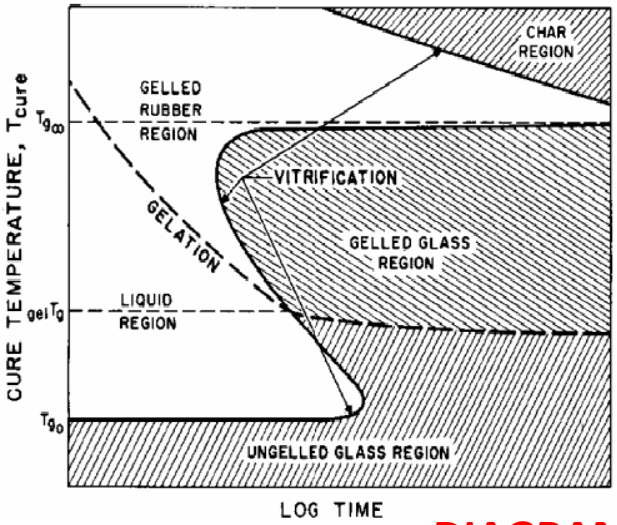
MATERIAL EMPLEADO EN EL MODELO

INFLUENCIA EN LA REACCIÓN

$$v_i = \frac{2 f k_d [I] k_i [M]}{k_i [M] + k_z [Z]}$$

$$v_p = \frac{k_p [M] v_i}{k_z [Z]}$$





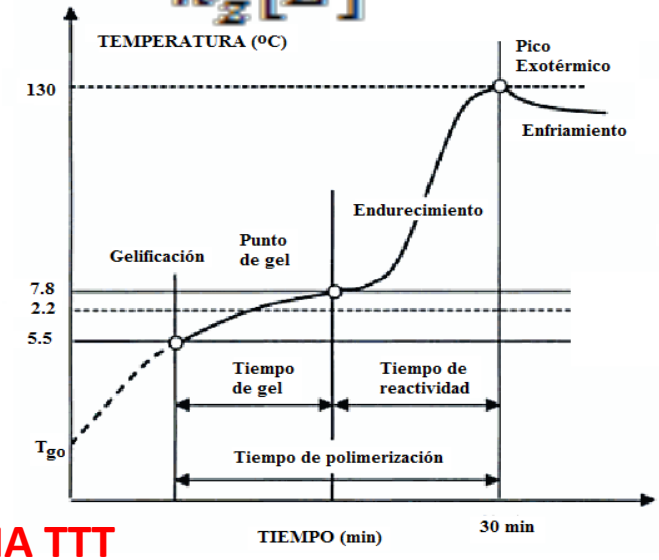
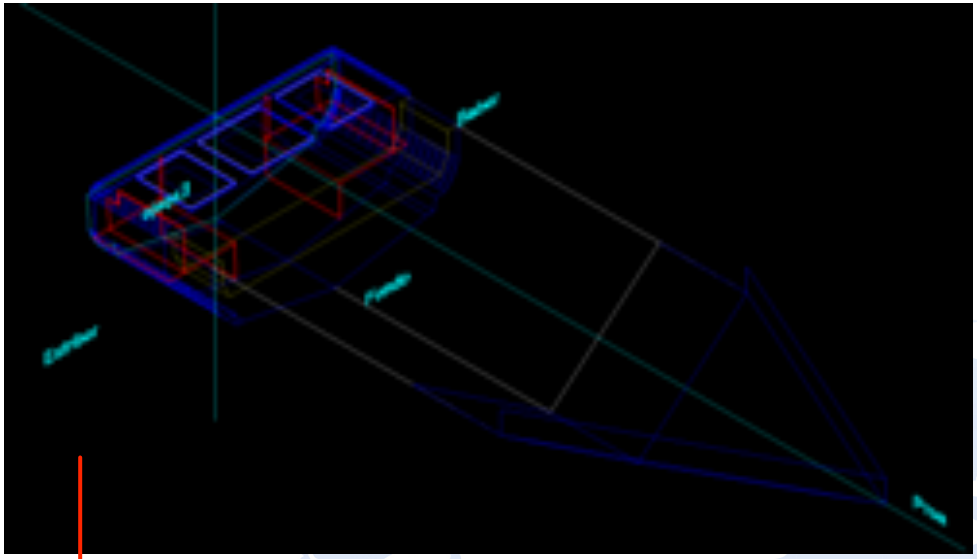
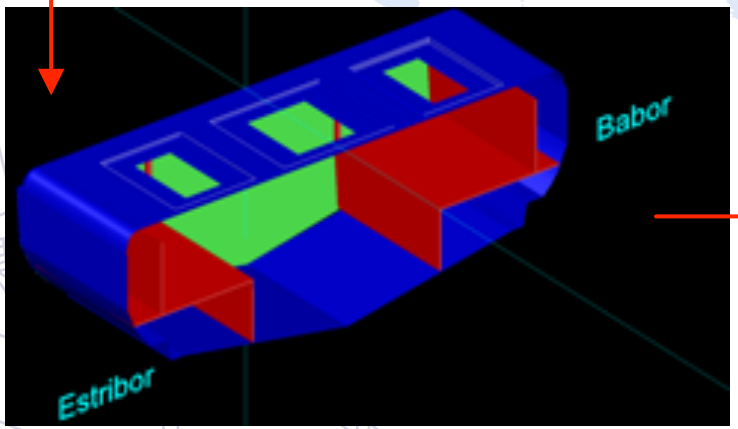


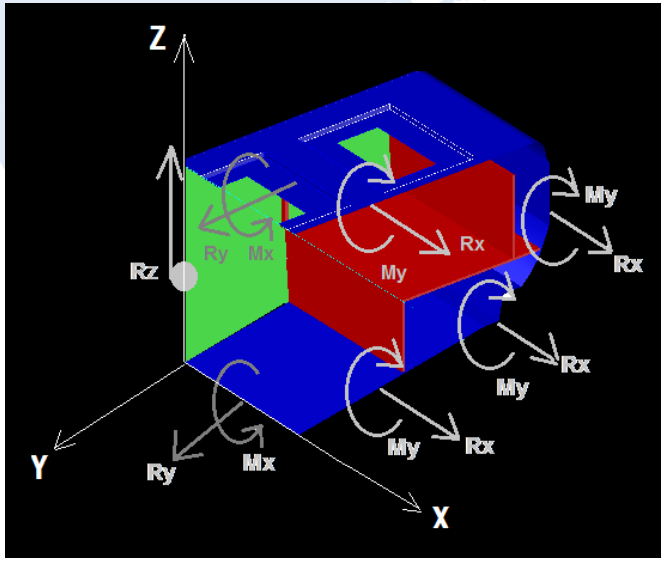
DIAGRAMA TTT

VOLVER

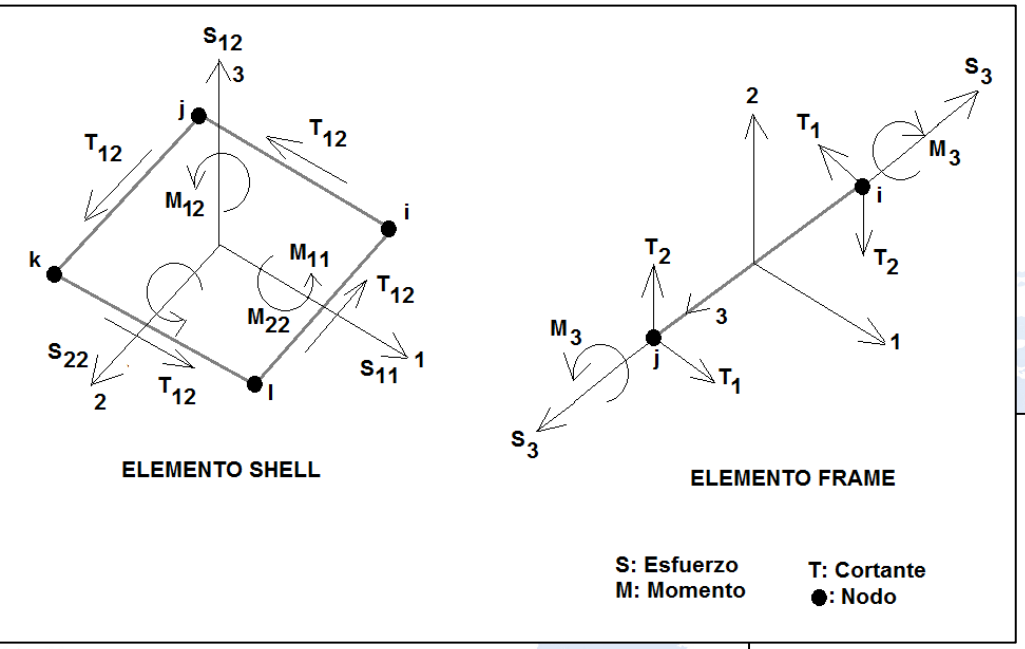
SELECCIÓN DEL MODELO Y CONDICIONES DE FRONTERA





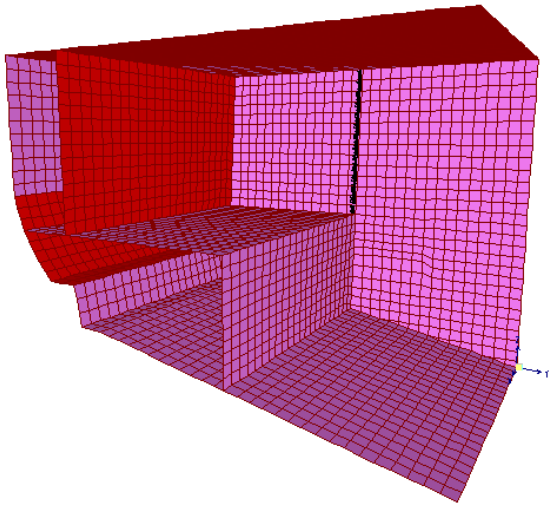


USO DEL PROGRAMA SAP2000



ELEMENTOS DEL PROGRAMA SAP 2000

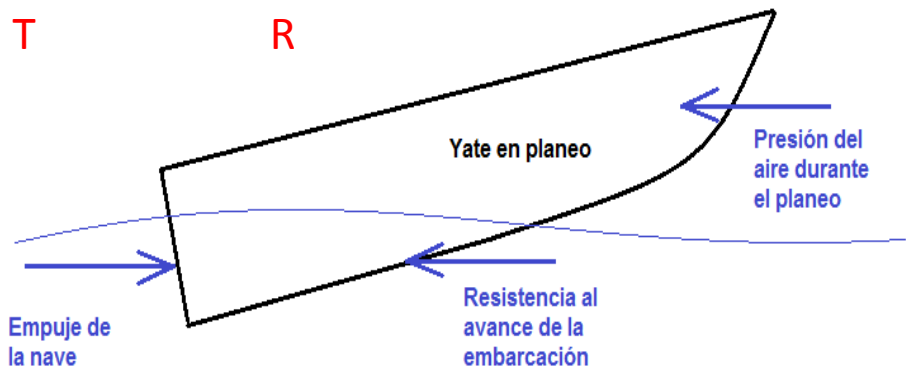
MODELO DISCRETIZADO

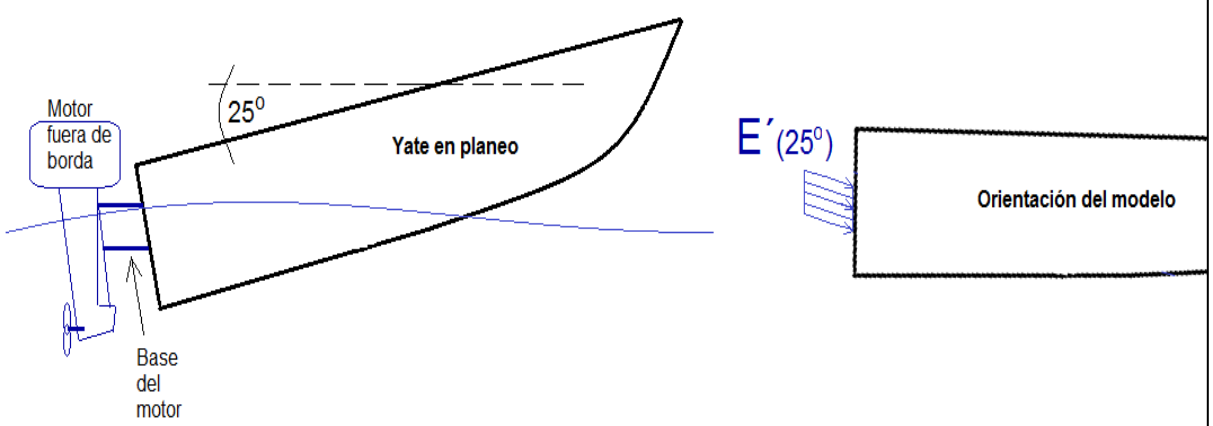


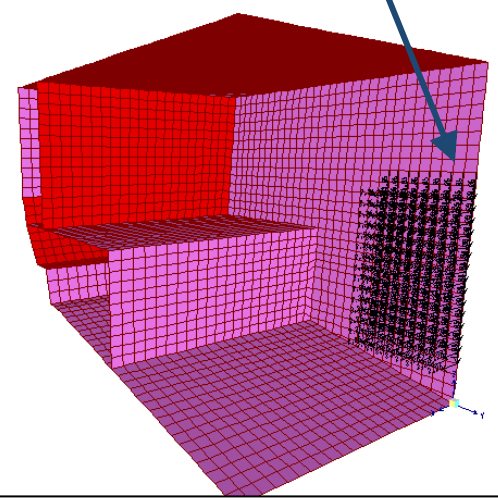
ESTIMACIÓN DE LAS CARGAS ACTUANTES SOBRE EL MODELO

$$E' = P_a + R + T$$

CARGA TOTAL SOBRE EL MODELO

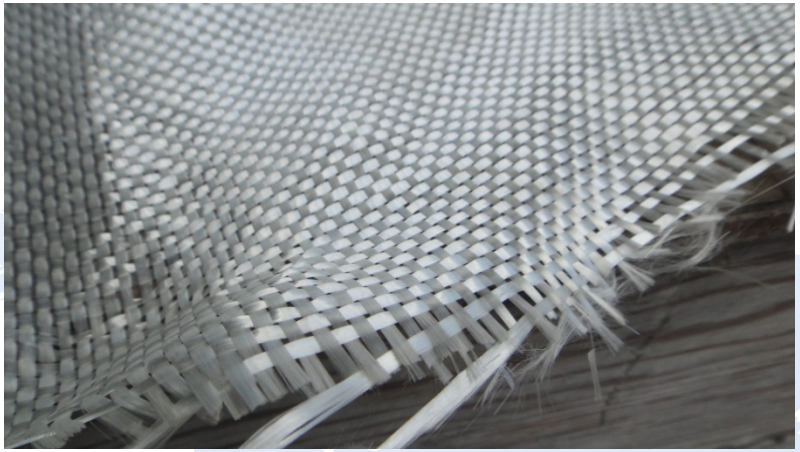






AJUSTE DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ANISOTRÓPICO A ISOTRÓPICO

EJEMPLO:
TELA ROVING



$$E_{\parallel} = E_f \phi_f + E_r (1 - \phi_f)$$

$$E_{\perp} = \frac{E_r E_f}{\phi_f E_r + \phi_r E_f}$$

$$E_{compuesto} = \frac{E_r (1 + \xi \eta \phi_f)}{1 - \eta \phi_f}$$

AJUSTE DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ANISOTRÓPICO A ISOTRÓPICO

$$U^* = \frac{\sigma\varepsilon}{2} + \sigma_0\varepsilon$$

$$\int_V \{du\}^T\{\bar{p}\}dV + \int_S \{du\}^T\{\bar{q}\}\,dS = \int_V \{d\varepsilon\}^T(\{\sigma\} + \{\sigma_0\})\,dV$$

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \varepsilon_{xy} \\ \varepsilon_{xz} \\ \varepsilon_{yz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & 0 & 0 & 0 \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & 0 & 0 & 0 \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C_{55} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_{66} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{xz} \\ \tau_{yz} \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} \hat{\sigma}_{mem} \\ \hat{\sigma}_{mto} \\ \hat{t} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{mem} & E_{mem-mto} & 0 \\ E_{mem-mto} & E_{mto} & 0 \\ 0 & 0 & G \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \hat{\varepsilon}_{mem} \\ \hat{\varepsilon}_{mto} \\ \hat{\gamma} \end{Bmatrix}$$

$$\hat{\sigma}_{mem} = \sum_{k=1}^{n} \int_{t_{k-1}}^{t_{k+1}} [\sigma_x \quad \sigma_y \quad \tau_{xy}]_k^T dz$$

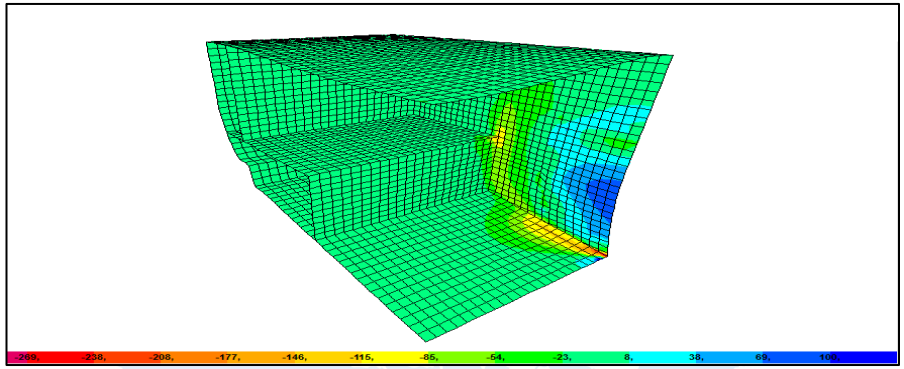
$$\hat{\sigma}_{mem} = \sum_{k=1}^{n} \int_{t_{k-1}}^{t_{k+1}} z[\sigma_x \quad \sigma_y \quad \tau_{xy}]_k^T dz$$

$$\hat{t} = \sum_{k=1}^{n} \int_{t_{k-1}}^{t_{k+1}} [\tau_{xz} \quad \tau_{yz}]_k^T dz$$

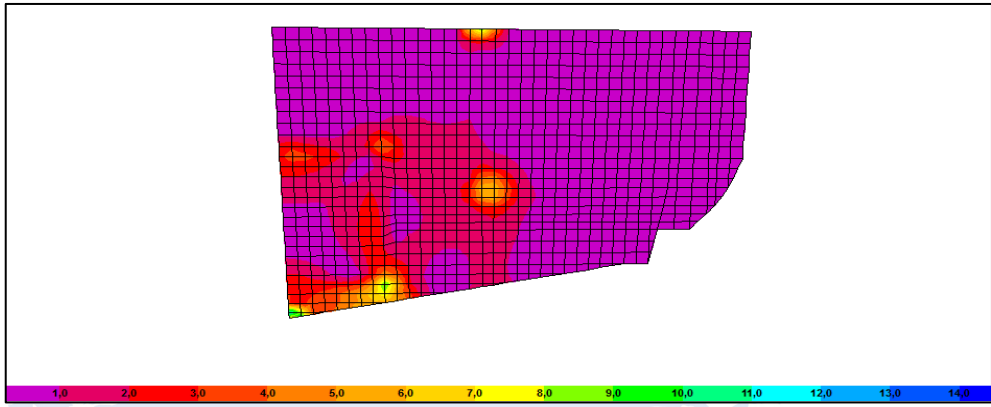
[1] Teoría presentada por E. Car, S. Oller, E. Oñate en la página 47 de "Tratamiento numérico de los materiales compuestos",

VOLVER

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESFUERZOS



ESFUERZO DE FLEXIÓN MÁXIMO



ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO

- Los esfuerzos están en el orden del 50% del límite de rotura.
- Condiciones más críticas del mar, no serían causa de rotura del espejo.
- Las condiciones de preparación de la resina y su temperatura generada no son causa de la rotura del espejo

VOLVER

COMPARACIÓN EXPERIMENTAL: PREPARACIÓN

OPERARIO ENTUSIASMADO

APLICACIÓN CASI UNIFORME DE LA RESINA

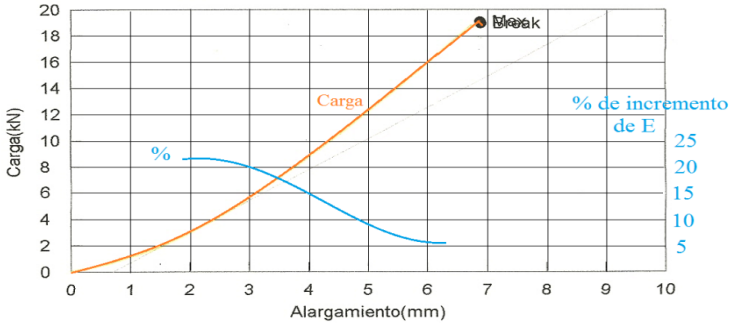
APLICACIÓN DE LA TELA MAT

COMPUESTO CONCLUIDO

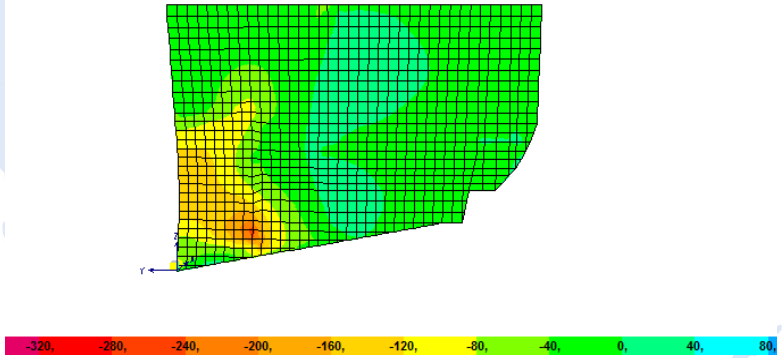
COMPARACIÓN EXPERIMENTAL: RESULTADOS

MÁQUINA DE ENSAYO

ROTURA POR TENSIÓN



RESULTADOS SOBRE EL MÓDULO



RESULTADOS EN EL PROGRAMA SAP2000

VOLVER

CONCLUSIONES

1. Se emplearon las herramientas satisfactoriamente en el análisis estático.
2. El modelo propuesto para un análisis preliminar, es una excelente herramienta para el diseño de este tipo de embarcaciones.
3. Definitivamente el problema de las fisuras no es por concentración de esfuerzos
4. El proceso exotérmico de la resina no influye en la rotura del espejo
5. El ensayo experimental es un buen soporte para estas conclusiones.

VOLVER

PERSPECTIVAS A FUTURO

1. Por los resultados numéricos, la falla debe relacionarse con problemas de vibración o fatiga

2. Deben hacerse ensayos de laboratorio en otras orientaciones de las probetas.

3. Comparar muestras a diferente temperatura ambiente para verificar la reacción exotérmica.

4. Considerar que el análisis presentado es a nivel estructural secundario, y es conveniente relacionarlo con análisis de nivel primario y terciario.

GRACIAS POR LA ATENCIÓN