



ANEXO II



5-2 ANEXO II. Análisis Estructural

5-2.1 Análisis Estructural Cargas:

Las cargas a aplicar serán las indicadas en la norma UNE-EN 14206 Pasarelas para embarcaciones de pasajeros Requisitos y Ensayos, ya que no existe una normativa específica para nuestro proyecto:

- Carga sobre la superficie de paso: $5,5 \text{ KN/m}^2$.
- Carga sobre el extremo superior de la barandilla en cualquier dirección: $1,5 \text{ KN}$ en cada candelero.

5-2.2 Análisis Estructural Materiales:

5-2.2.1 Acero Estructural:

La pasarela se fabricara en **Acero S275J0 y S235J0 con las características mecánicas mínimas según UNE EN 10025:**

ACERO S275J0:

- Tensión de limite elástico $F_y = 275 \text{ N/mm}^2$ para espesores nominales menores de 16 mm .
- Tensión de rotura $F_u = 410 \text{ N/mm}^2$ para espesores nominales entre 3 y 100 mm .
- Temperatura del ensayo Charpy $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

ACERO S235J0:

- Tensión de limite elástico $F_y = 235 \text{ N/mm}^2$ para espesores nominales menores de 16 mm .
- Tensión de rotura $F_u = 360 \text{ N/mm}^2$ para espesores nominales entre 3 y 100 mm .
- Temperatura del ensayo Charpy $0 \text{ }^\circ\text{C}$.



Las siguientes características son comunes para todos los aceros:

- Modulo de Elasticidad: E	210.000	N/mm ²
- Modulo de Rigidez: G	81.000	N/mm ²
- Coeficiente de Poisson: ν	0.3	
- Coeficiente de Dilatación Térmica: α	$1,2 \cdot 10^{-5}$	(°C ⁻¹)
- Densidad: ρ	7.850	Kg/m ³

5-2.2.2 Bronce:

Los casquillos de las ruedas inferiores serán fabricados en **Bronce para cojinetes resistente al agua de mar según CuSn7ZnPb DIN 1705:**

- Tensión de limite elástico $F_y = 130 \text{ N/mm}^2$
- Tensión de rotura $F_u = 270 \text{ N/mm}^2$
- Alargamiento $A_l = 13 \%$
- Modulo Elástico $E = 70.000 \text{ N/mm}^2$
- Coeficiente de Dilatación Térmica: $\alpha = 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$
- Densidad $\rho = 8.800 \text{ Kg/m}^3$

5-2.3 Tornillos, tuercas y arandelas:

Características mecánicas mínimas de los aceros de los tornillos de calidades normalizadas en la normativa ISO:

Clase	4,6	5,6	6,8	8,8	10,9
Tensión de limite elástico $F_y \text{ (N/mm}^2\text{)}$	240	300	480	640	900
Tensión de Rotura $F_u \text{ (N/mm}^2\text{)}$	400	500	600	800	1000

- Se entenderá por tornillo el conjunto tornillo, tuerca y arandela.

5-2.4 Materiales de Aportación:

- Las características mecánicas de los materiales de aportación serán en todos los casos superiores a las del metal base.
- Las calidades de los materiales de aportación ajustadas a la norma UNE-EN ISO 14555: 1999 se consideran aceptables.



5-2.5 Análisis Estructural Cálculo:

5-2.5.1 Calculo Estructural Escalones:

Aplicaremos una carga de $5,5 \text{ Kn/m}^2$ sobre la superficie de paso, la superficie de paso esta compuesta por 29 escalones de $0,810 \times 0,325 \text{ m}$ con lo cual la superficie de un escalón será:

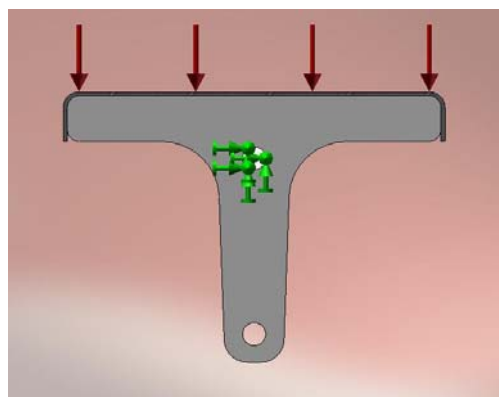
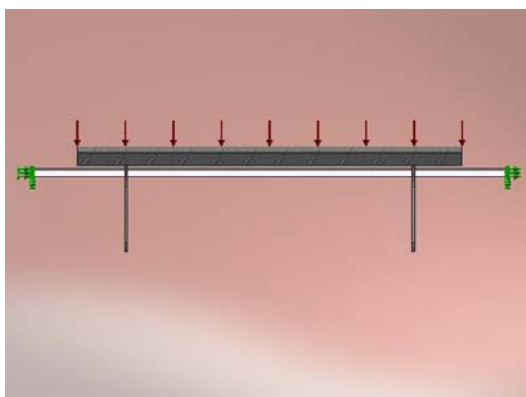
- Superficie del escalón: $0,810 \times 0,325 = 0,264 \text{ m}^2$
- Carga a aplicar sobre el escalón: $5,5 (\text{KN/m}^2) \times 0,264 (\text{m}^2) = 1,452 \text{ Kn}$

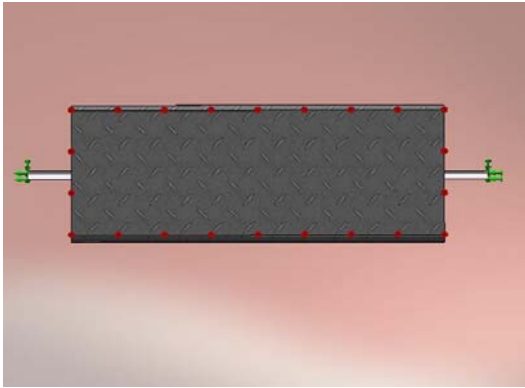
Obtenemos una carga total por escalón de $1,452 \text{ Kn}$ que seria equivalente al peso de una persona de 148 Kg .

Realizamos el estudio estructural con una aplicación del software SolidWorks, esta aplicación se denomina CosmosWorks y realiza un tipo de análisis por elementos finitos:

La superficie de paso estará compuesta por chapa lagrimada 3/5, las bielas se formaran a partir de chapa lisa de espesor 6 mm y el eje será de acero macizo de diámetro 20 mm .

Aplicamos una carga uniforme de $5,5 \text{ Kn/m}^2$ sobre la superficie de paso (flechas Rojas), colocaremos restricciones en el eje simulando la unión con la estructura portante, estas restricciones son de tipo empotramiento (flechas Verdes).





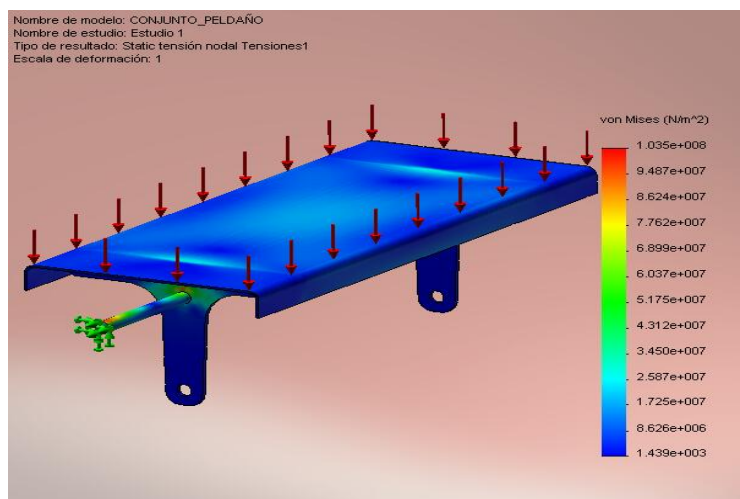
Realizamos un estudio con un mallado de elementos tetraédricos con un tamaño de elementos de 12mm, tolerancia de 0,6mm y una calidad de malla de elementos cuadráticos de alto orden.

El cálculo se realiza con la teoría de la energía de distorsión (Von Mises), ya que estamos trabajando con un material isotrópico elástico lineal.

$$\text{Tensión de Von Mises} = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}$$

Donde $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ son las tensiones principales.

Obtenemos como resultado una tensión máxima de $1,035\text{e}+008 \text{ N/m}^2$ ($103,5 \text{ N/mm}^2$) ubicada en el punto (130.5, 52.5, -852.7) en el eje.

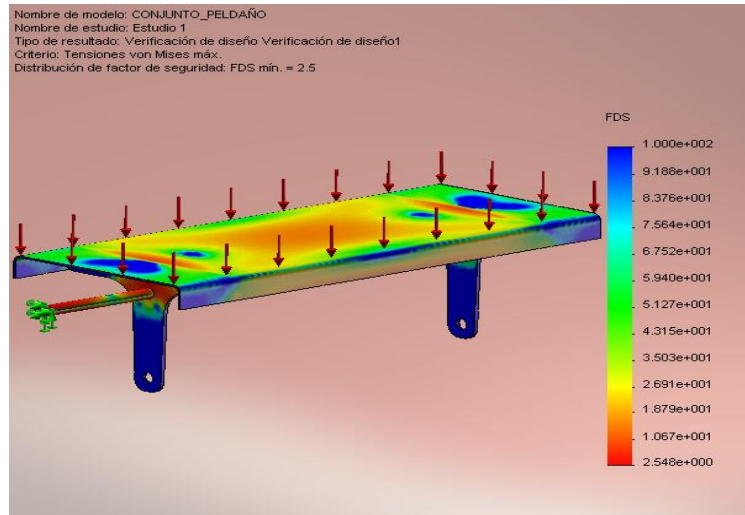


Vamos a comprobar cual es el factor de seguridad mínimo y la distribución de este en la pieza:

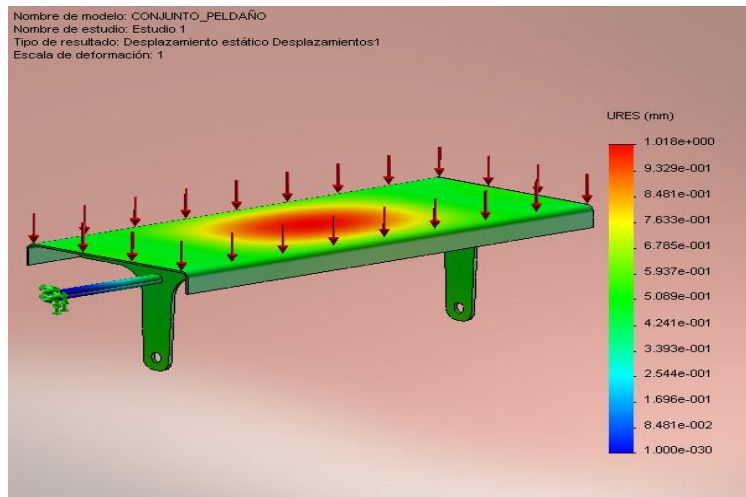


$$\text{Factor de seguridad} = n = \frac{\sigma_{\text{elastico}}}{\sigma_{\text{max ima}}} = \frac{275}{103,5} = 2,5$$

Como se puede observar tenemos un factor de seguridad mínimo de $n=2,5$ y la distribución de este se puede observar en el grafico.

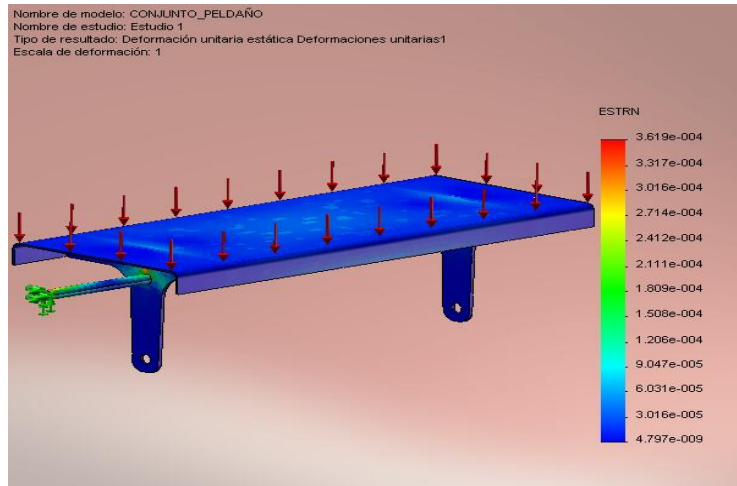


Una vez obtenidas las tensiones vamos a ver cual es el desplazamiento máximo y en que zona de la pieza se produce:

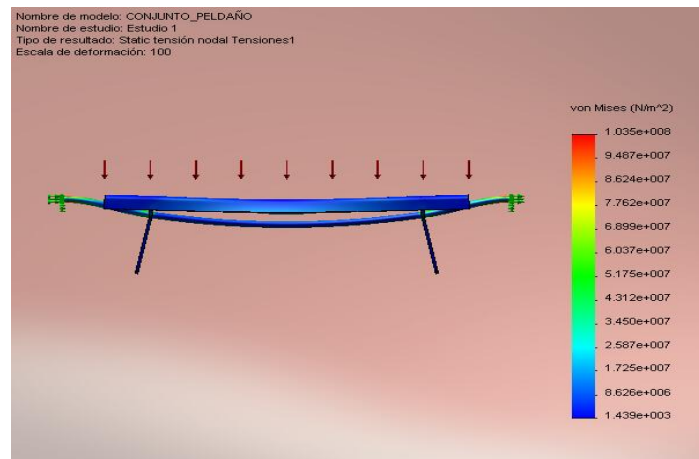


Como se puede observar tenemos un desplazamiento máximo de 1mm en la zona central de la chapa lagrimada.

Ahora vemos el grafico de las deformaciones unitarias:



Como podemos observar tenemos una deformación unitaria estática máxima de $3,69\text{e-}004$.



Por ultimo observamos la deformación estimada de la pieza con una escala aumentada 100 veces.

En función de los resultados obtenidos podemos decir que nuestra pieza cumple con todas las especificaciones para la que a sido diseñada con gran garantía ya que disponemos de un factor de seguridad mínimo de $n=2,5$ y las deformaciones que se producen quedan dentro de las tolerancias mínimas.

5-2.5.2 Calculo Estructural Estructura Portante:

Cargas que actúan sobre la Estructura Portante:

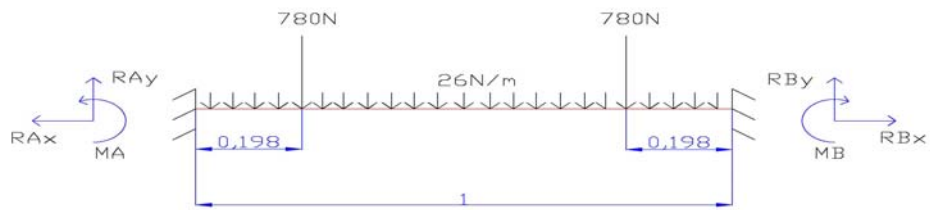
Cargas procedentes de los peldaños:

- Sobrecarga de uso: 1452 N.



- Peso Chapa lagrimada 3/5: 8,78 Kg \longrightarrow 86 N.
- Peso Biela: 1,12 Kg \longrightarrow 11,2 N. \longrightarrow 2 Unidades \longrightarrow 22,4N
- Peso Eje: 2,62 Kg \longrightarrow 26,2 N.

Configuración estructural del Eje:



Obtenemos las reacciones de esta configuración, que serán las fuerzas que se transmitirán a la estructura portante:

- $RAy = RBy = 805 \text{ N}$
- $MA = MB = 128 \text{ N}\cdot\text{m}$
- $RAx = RBx = 0$