

SIMULACIÓN ESTRUCTURAL

PIEZAS CRÍTICAS DEL PATINETE

Módulo de Simulación
2do trimestre
curso 2014/2015

Lucía López - 3ero GEDI
Pilar Ripoll - 3ero GDIS
Clara Viñals - 3ero GDIS

ÍNDICE

OBJETIVO

ANÁLISIS DE PIEZAS

1. PLATAFORMA

Análisis MPA
Factor de seguridad
Tensión de Von Mises
Desplazamientos
+ Gráficas de convergencia
Optimización

2. SOPORTE PLATAFORMA

Análisis MPA
Factor de seguridad
Tensión de Von Mises
Deformación de la pieza
+ Gráficas de convergencia
Comparación entre materiales

3. UNIÓN LATERAL

Análisis SPA
Comparación de SF, TVM y
desplazamientos entre dos mate-
riales.

ANÁLISIS DE CONJUNTOS

4. CHAPA FRENO

Análisis SPA
Factor de seguridad
Tensión de Von Mises
Desplazamientos
Análisis de fatiga

5. MANILLAR

Análisis SPA
Comparación de SF, TVM y
desplazamientos entre dos mate-
riales.

6. PATA

Análisis SPA
Comparación de SF, TVM y
desplazamientos entre dos mate-
riales.

CONCLUSIONES

OBJETIVO

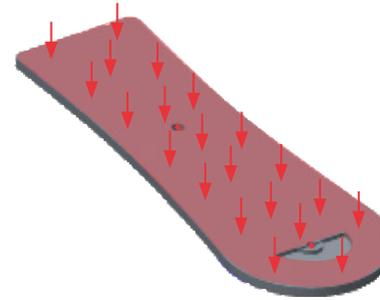
Queremos analizar las piezas que consideramos críticas de nuestro patinete para poder rediseñarlas y optimizarlas.

El patinete actual está diseñado de cara a ser fabricado en AL6061-T6, sin embargo, el objetivo de este estudio es compararlo con otros materiales (como el HM Graphite/Epoxy o el ABS), a fin de saber cual de los dos resulta más ventajoso.

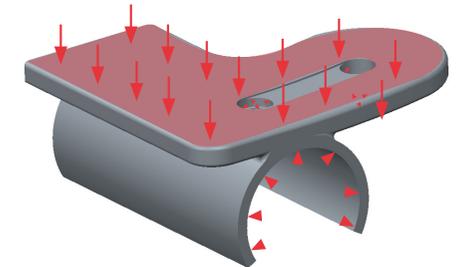
Ciertas piezas como la chapa del freno serán analizadas y producidas en AL6061-T6 con total seguridad, por lo tanto habrá que verificar si esta soporta la carga repetitiva (análisis de fatiga), del mismo modo, piezas como la plataforma y el soporte de la plataforma serán analizadas principalmente como piezas de ABS con 30% fibra de vidrio.

Una vez realizados los análisis y las comparativas decidiremos tanto optimizar las piezas como seleccionar aquellos materiales que nos aporten resistencia, tanto al desplazamiento como a la tensión, y ligereza.

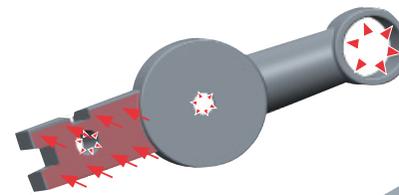
PIEZAS SELECCIONADAS



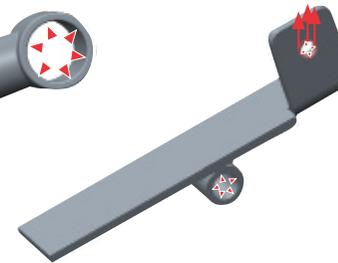
1. PLATAFORMA



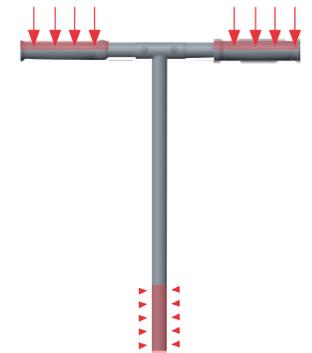
2. SOPORTE PLATAFORMA



3. UNIÓN LATERAL



4. PALANCA FRENO



5. CONJUNTO MANILLAR



6. CONJUNTO PATA

1. PLATAFORMA

Creamos una malla refinada donde el valor máximo de cada elemento es de 10mm, de tal manera que la malla queda más homogénea.

Realizamos un análisis MPA con una convergencia del 5%, con las cargas y restricciones indicadas en la figura.

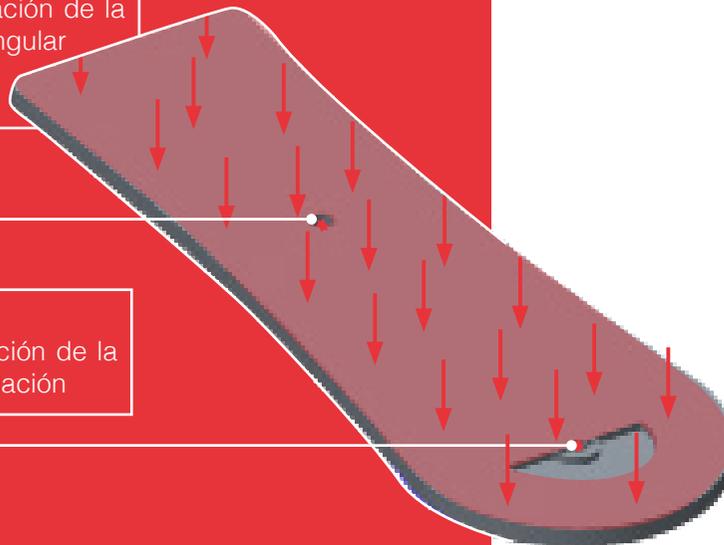
Persona de 100kg /
2plataformas =
Fuerza uniforme de 500N

Pasador d8mm

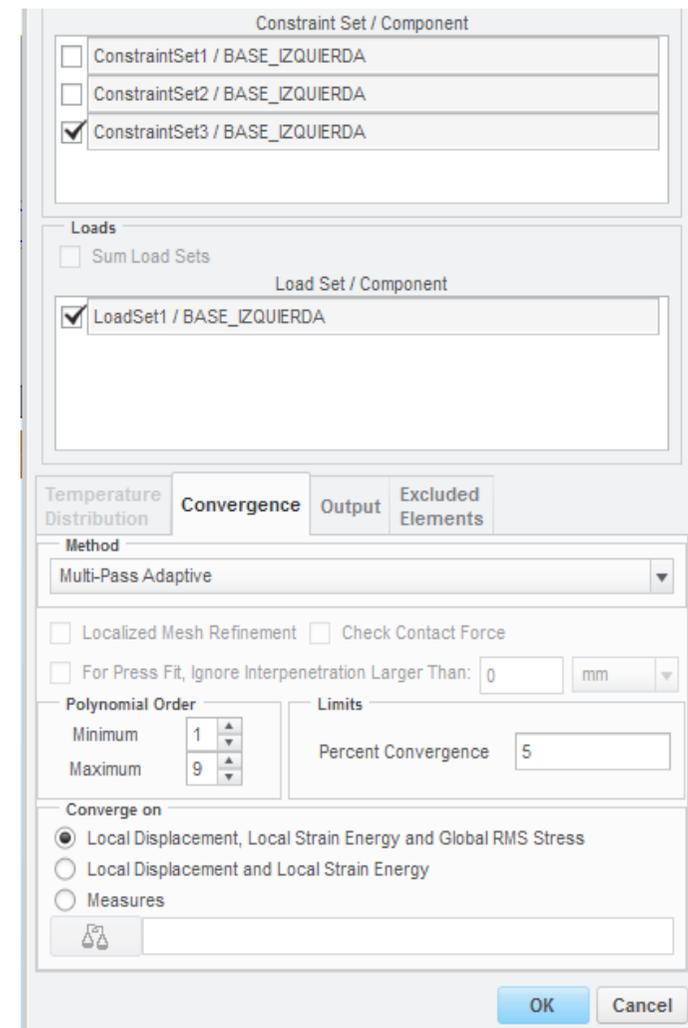
Restricción tipo pin con fijación de la traslación y libre rotación angular

Pasador d8mm

Restricción tipo pin con fijación de la rotación angular y libre traslación



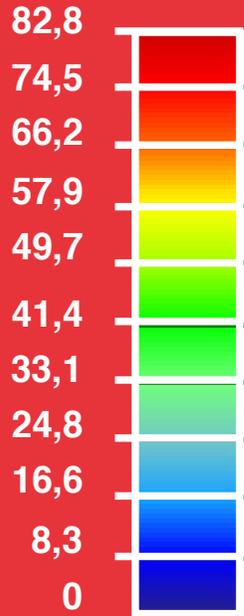
ANÁLISIS ESTÁTICO MPA



FACTOR DE SEGURIDAD

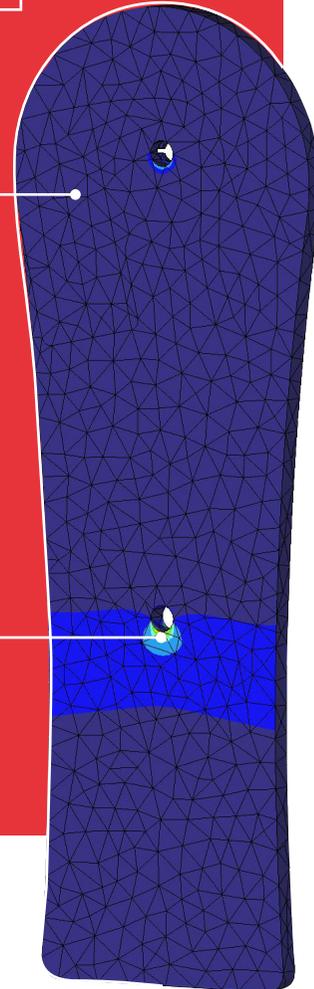
$$SF = \frac{T. \text{ del material}}{T. \text{ del diseño}} = \frac{89,4 \text{ MPa}}{82,76 \text{ MPa}} = 1,08$$

TENSIÓN DE VON MISES (MPa)



Mín. tensión VM
0 Mpa

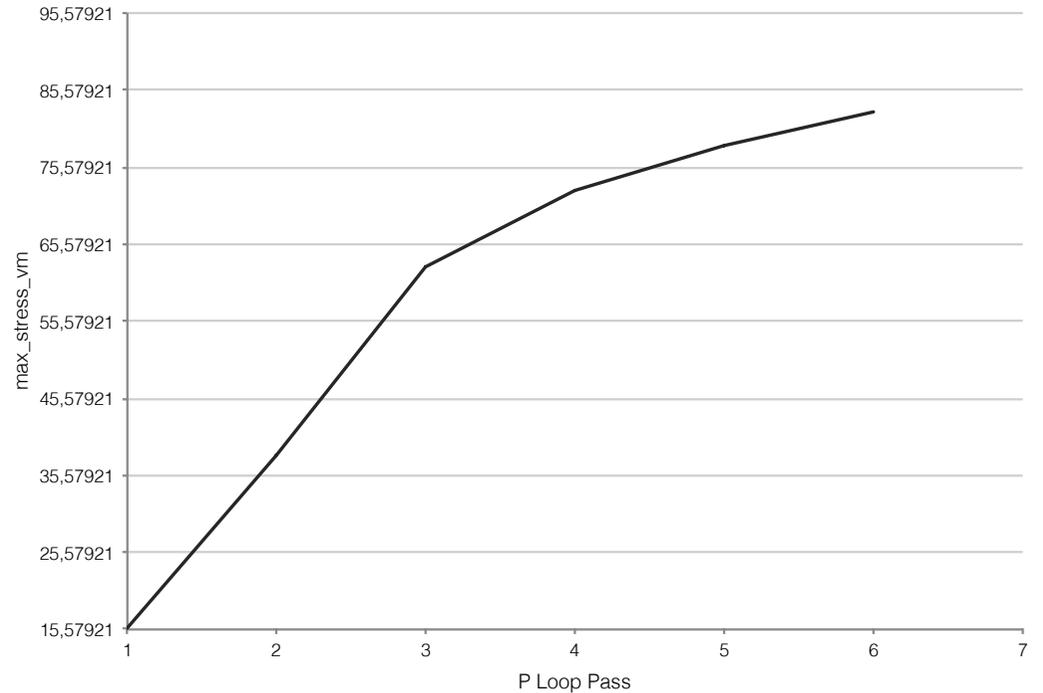
Máx. tensión VM
82,8 Mpa



GRÁFICA DE LA MÁXIMA TENSIÓN DE VON MISES

Para un porcentaje de convergencia del 5 %, necesitamos un grado de polinomio 6 en la malla para llegar a la máxima tensión de Von Mises constante, de 82,76 Mpa.

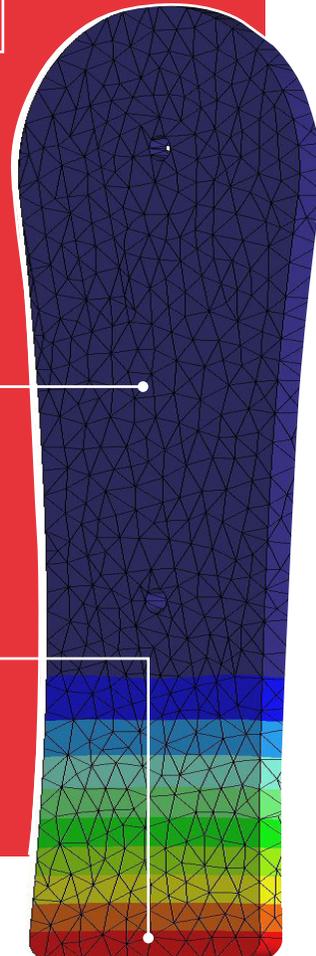
La fuerza en la superficie superior de la plataforma tiene como efecto en la pieza una tensión de 82,76 Mpa. Esto hace que el factor de seguridad sea tan solo de 1, por lo tanto vamos a hacer una optimización de la pieza para aumentar el factor de seguridad.



DESPLAZAMIENTOS

El máximo desplazamiento de la pieza corresponde a 2,2 mm en el extremo inferior de esta.

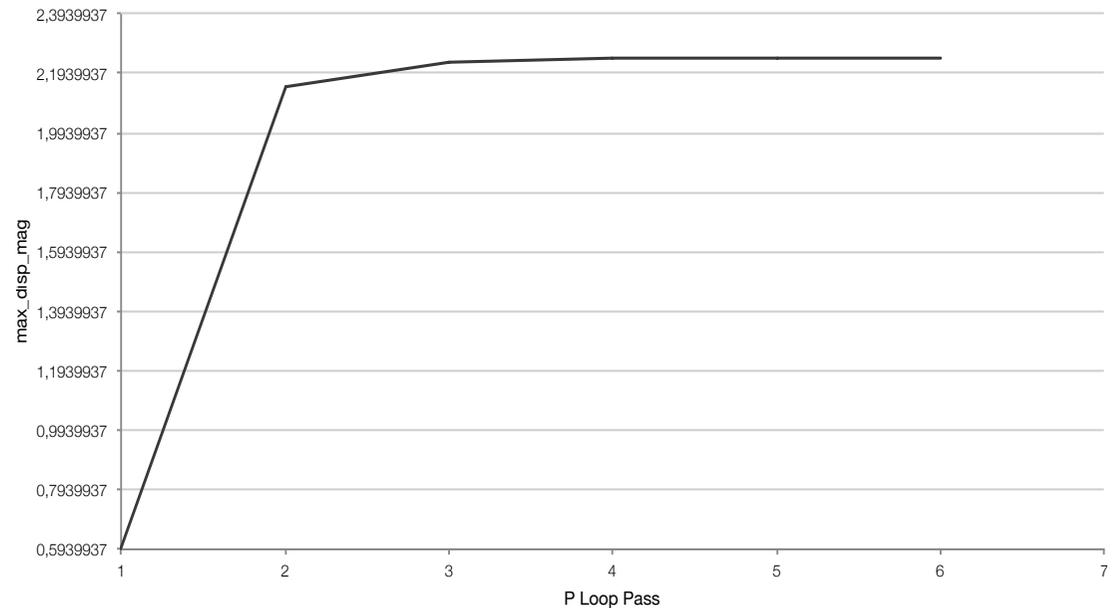
DESPLAZAMIENTO (MM)



GRÁFICA DEL MÁXIMO DESPLAZAMIENTO

Para un porcentaje de convergencia del 5 %, necesitamos un grado de polinomio 6 en la malla para llegar al máximo desplazamiento constante, de 2,2 mm.

Consideramos que es un resultado correcto, ya que estamos estudiando el caso estático más crítico que podría tener la plataforma.



REDISEÑO

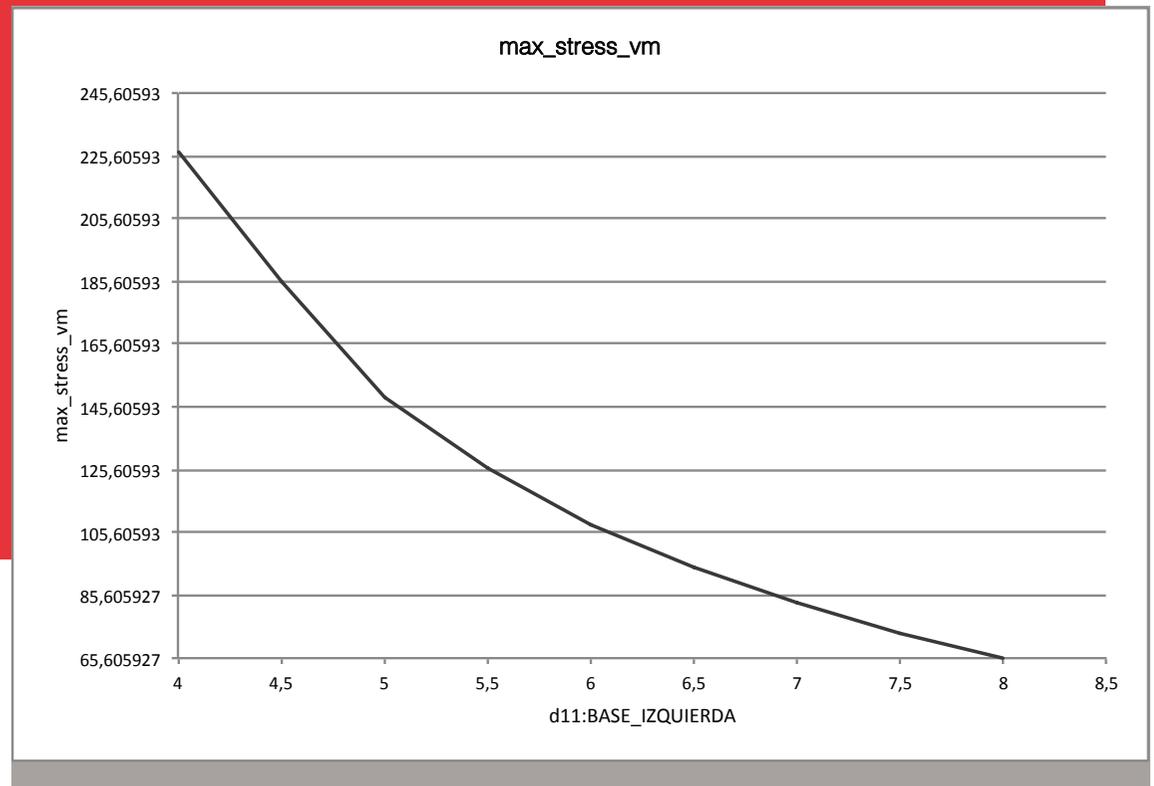
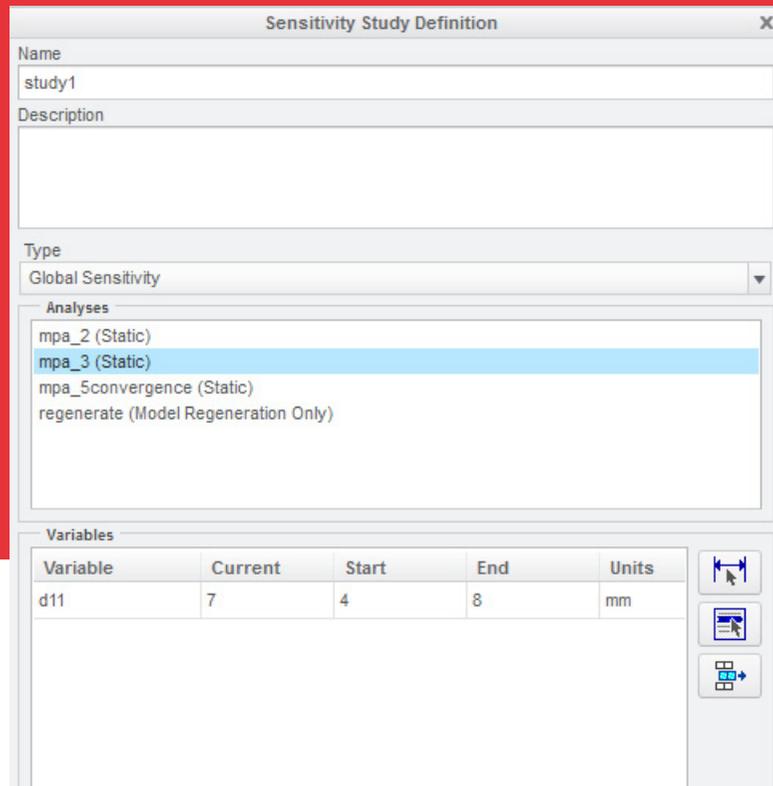
SENSITIVITY STUDY

Seleccionamos el análisis MPA 3, es decir aquel que hemos comentado anteriormente.

Como variable a cambiar seleccionamos el grosor de la plataforma, con la posibilidad de variar desde 4mm hasta 8mm.

Observamos en la gráfica que a medida que el grosor de la plataforma aumenta, la tensión que se genera en esta, va disminuyendo progresivamente.

La gráfica empieza con un valor de 4mm en la plataforma y una tensión de 225,6 Mpa, hasta llegar a los 8mm con una TVM de 65,6Mpa.



REDISEÑO

OPTIMIZATION STUDY

Si decimos que “x” es la tensión de diseño deseada para un factor de seguridad de 1,4, tenemos:

$$\frac{84,9 \text{ MPa}}{x} = 1,4 \quad \Rightarrow \quad x = 60 \text{ MPa}$$

Por lo tanto, para que el SF sea de 1,4 la máxima tensión de VM en la pieza no puede superar los 60 Mpa.

Observamos en la gráfica que a partir del aumento del grosor de la plataforma consigue llegar al límite de diseño de 60 Mpa.

Una vez que ha llegado a este límite podemos saber cual es el diseño óptimo de la plataforma para una factor de seguridad de 1,4

Optimization Study Definition

study2

Description

Type
Optimization

Goal
Minimize total_mass

Design Limits

Measure	Value	Units
max_stress...	60.000000	N / mm ²

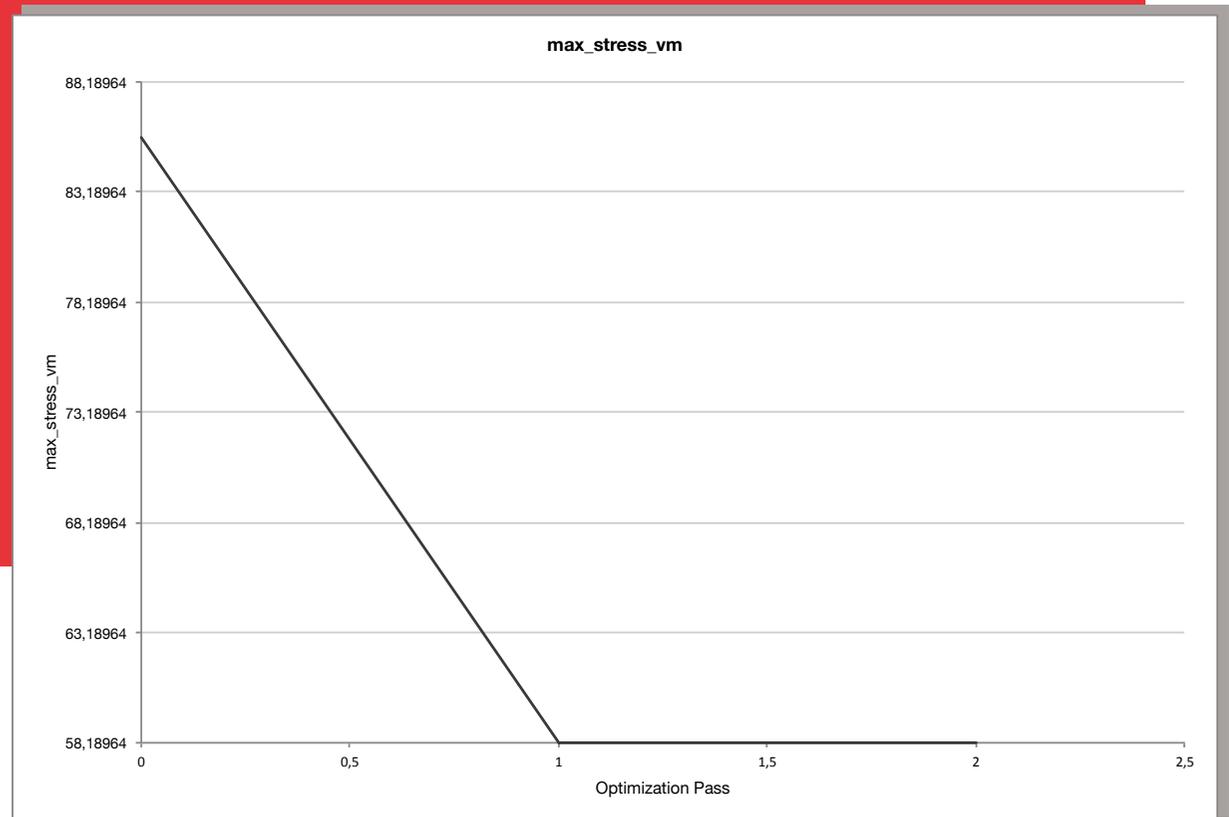
Analysis
mpa_3

Loadset

Name	Component
LoadSet1	BASE_IZQUIERDA

Variables

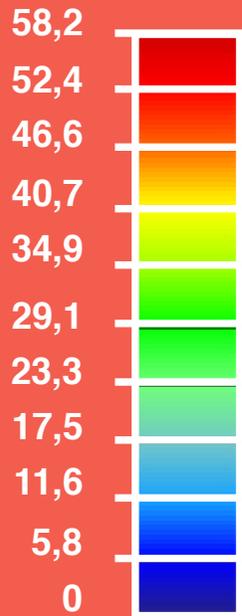
Variable	Current	Minimum	Initial	Maximum	Units
d11	7	6	7	9	mm



FACTOR DE SEGURIDAD

$$SF = \frac{T. \text{ del material } = 89,4 \text{ MPa}}{T. \text{ del diseño } = 60 \text{ MPa}} = 1,4$$

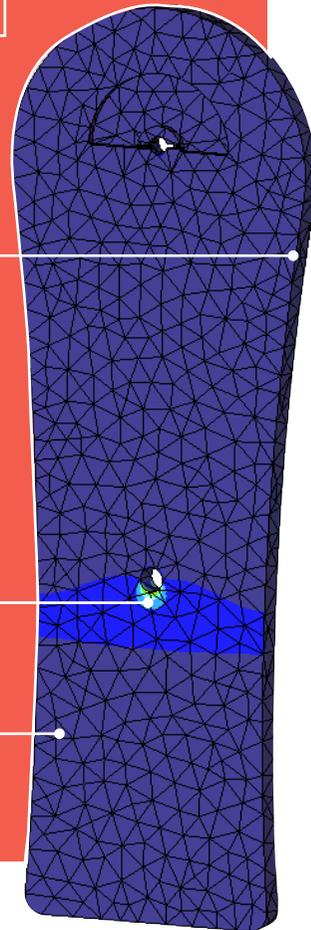
TENSIÓN DE VON MISES (MPa)



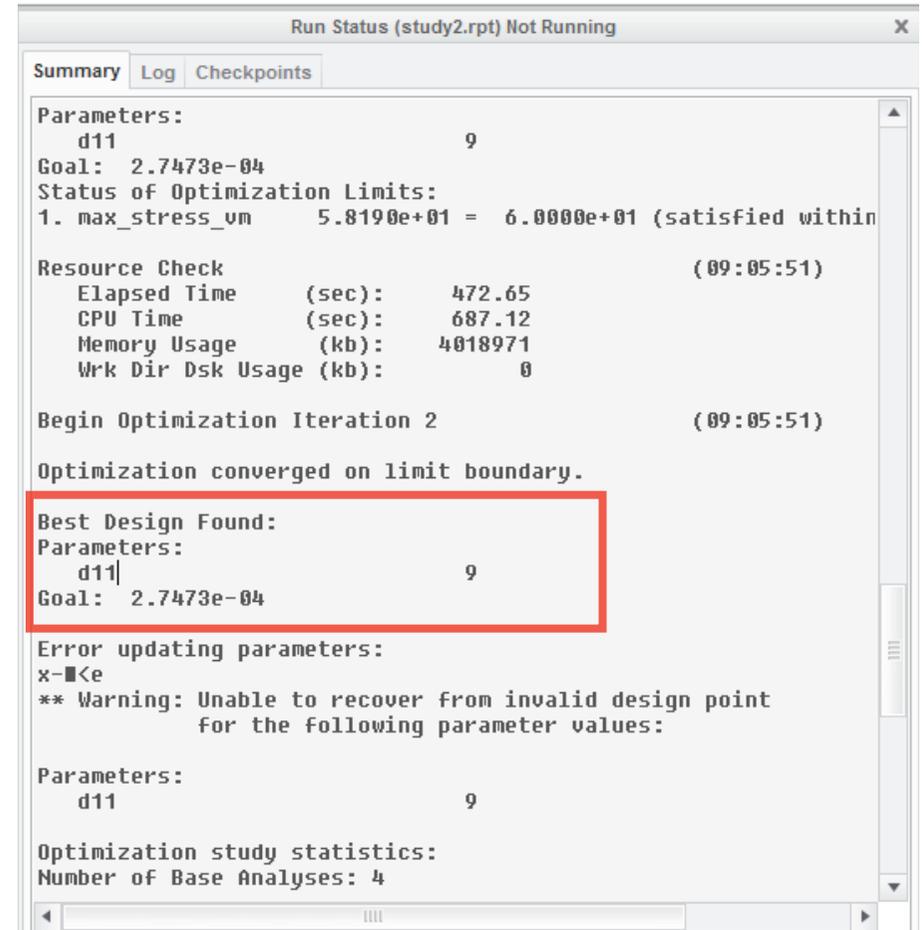
Grosor
9mm

Máx. tensión VM
60 Mpa

Mín. tensión VM
0 Mpa



DISEÑO ÓPTIMO



2. SOPORTE PLATAFORMA

Realizamos dos análisis MPA con una convergencia del 10%, con las cargas y restricciones indicadas en la figura.

Consideramos el soporte de la plataforma una pieza importante ya que debe soportar el peso del usuario.

Primero analizaremos la pieza con ABS 30% de fibra de vidrio y después con AL6061-t6.

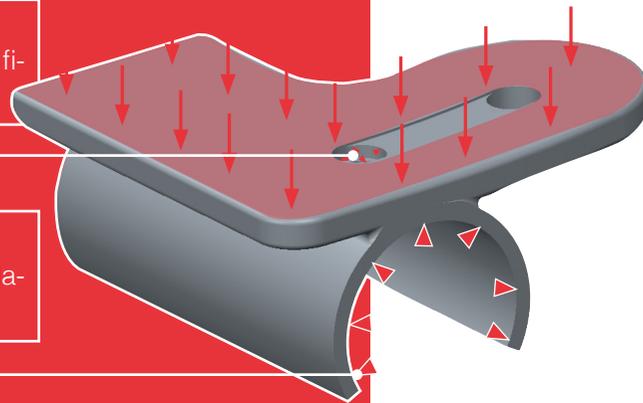
Fuerza uniforme de 500N
Una persona de 100kg

Pasador de d8 mm

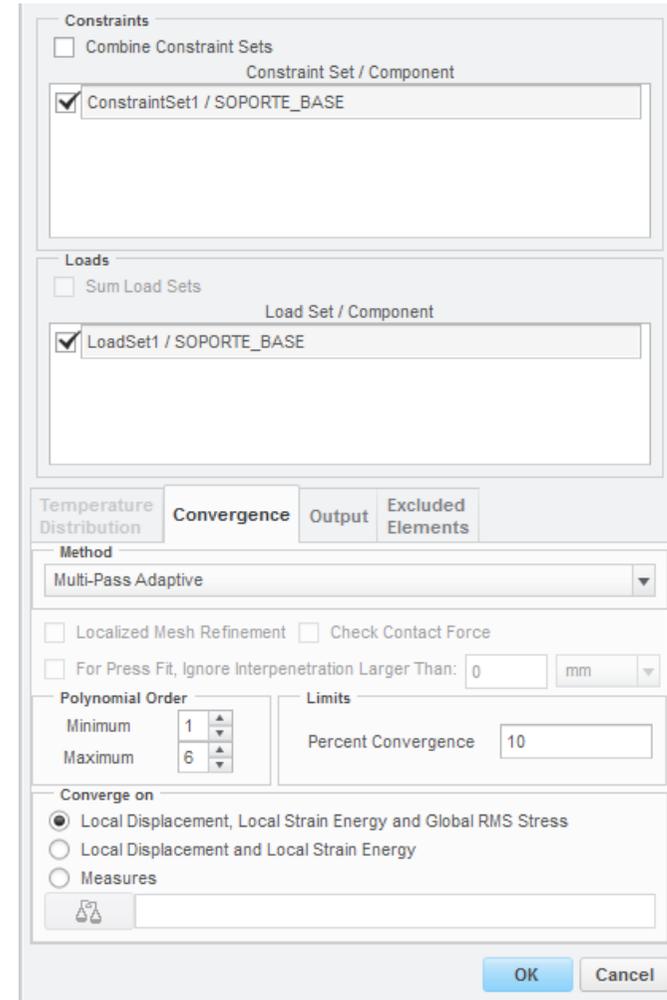
Restricción tipo pin de la superficie fijando la traslación y la rotación.

UNIÓN CON LA PATA

Restricción tipo pin fijando la traslación y la rotación.



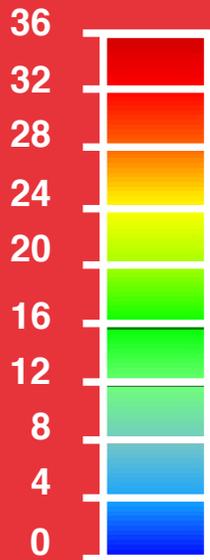
ANÁLISIS ESTÁTICO MPA



FACTOR DE SEGURIDAD

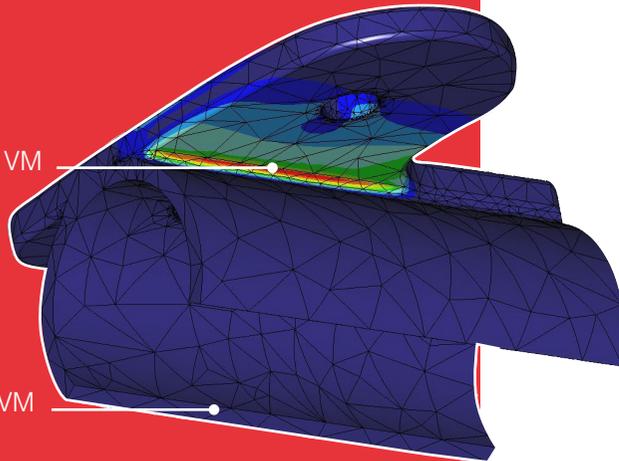
$$SF = \frac{T. \text{ del material}}{T. \text{ del diseño}} = \frac{84,9 \text{ MPa}}{35,9 \text{ MPa}} = 2,4$$

TENSIÓN DE VON MISES (MPa)



Máx. tensión VM
35,9 Mpa

Mín. tensión VM
0 Mpa



GRÁFICA DE LA MÁXIMA TENSIÓN DE VON MISES

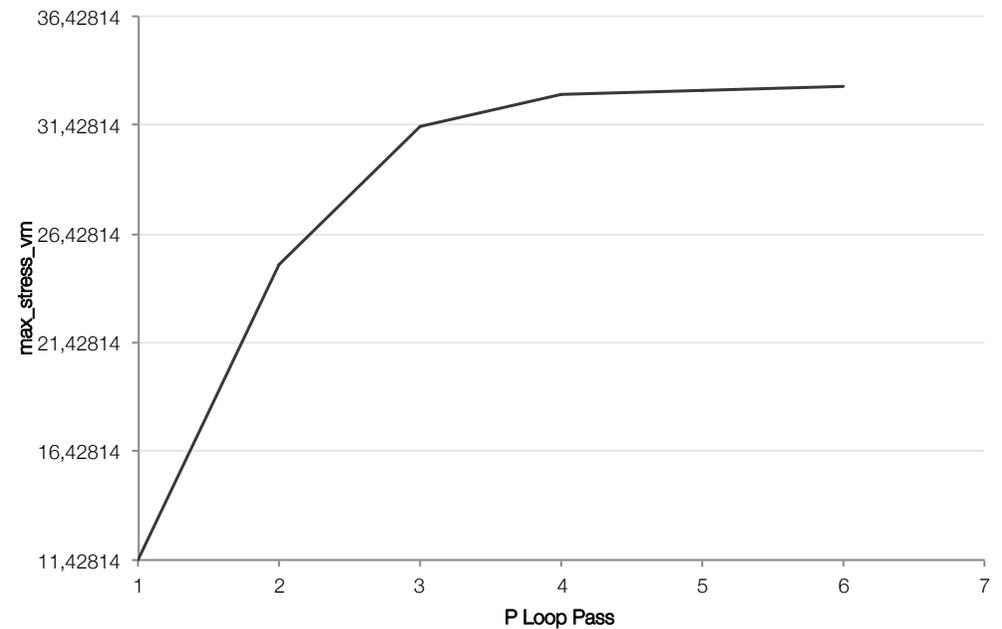
Para un porcentaje de convergencia del 10%, necesitamos un grado de refinamiento 6 en la malla para llegar a la máxima tensión de Von Mises constante, de 35,9 Mpa.

Considerando el momento crítico de la pieza cuando el usuario está utilizando el patinete, poniendo todo su peso en cada plataforma mientras se balancea para impulsarse, el peso que afecta a la platafor-

ma es de 1000 N.

Dado que está aguantada por dos soportes, cada soporte aguanta una fuerza de 500N. Según el análisis estructural, la tensión que se genera es de 36 MPa, por lo tanto, el factor de seguridad del soporte de la base con el material de ABS con 30% fibra de vidrio es de 2,4.

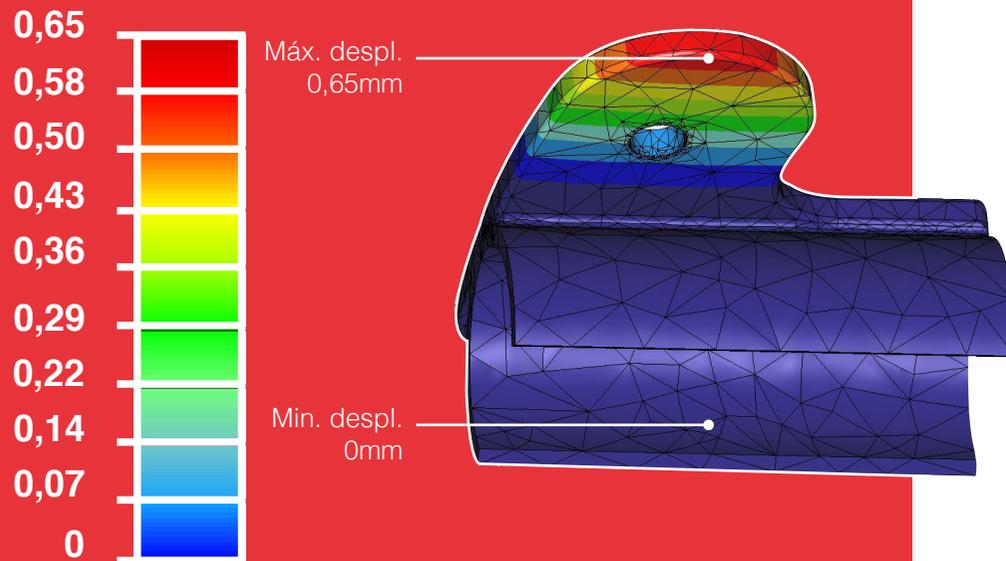
Podemos concluir, que la pieza está correctamente dimensionada.



DEFORMACIÓN

El máximo desplazamiento de la pieza corresponde al extremo de la parte en voladizo, siendo de 0,65mm

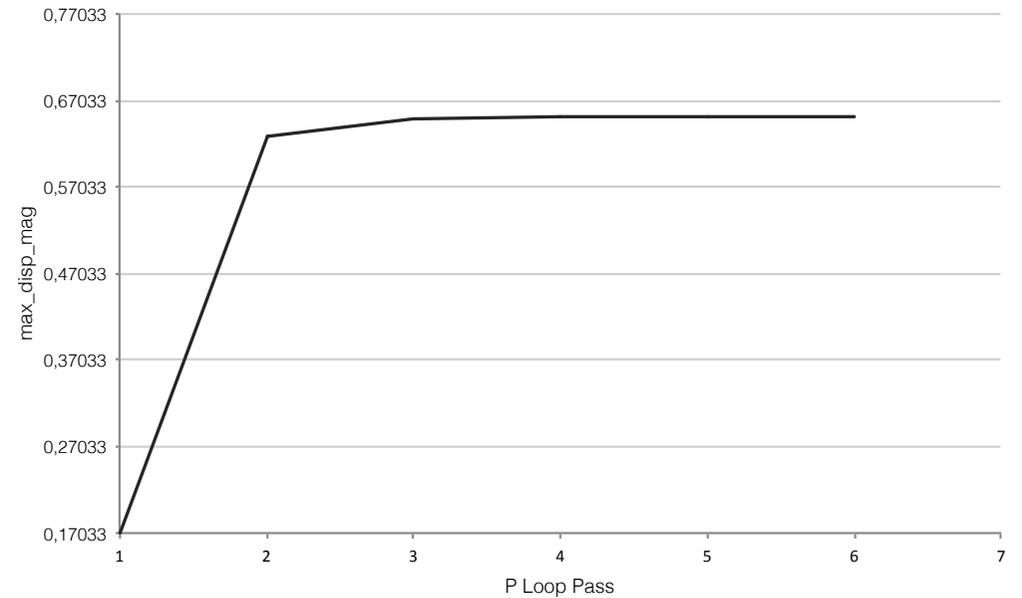
DESPLAZAMIENTO (MM)



GRÁFICA DEL MÁXIMO DESPLAZAMIENTO

Para un porcentaje de convergencia del 10 %, necesitamos un grado de polinomio 6 en la malla para llegar al máximo desplazamiento constante, de 0,65 mm.

Dado que hemos tenido en cuenta el momento más crítico de la pieza, un desplazamiento del 0,65mm es más que correcto.

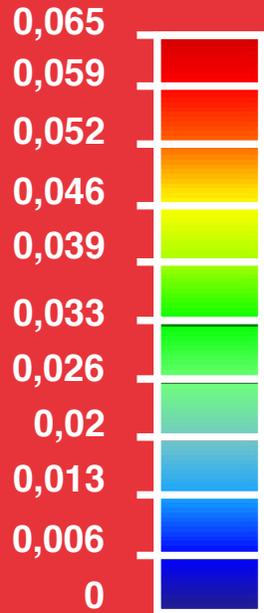


COMPARACIÓN CON EL AL6061-T6

DEFORMACIÓN

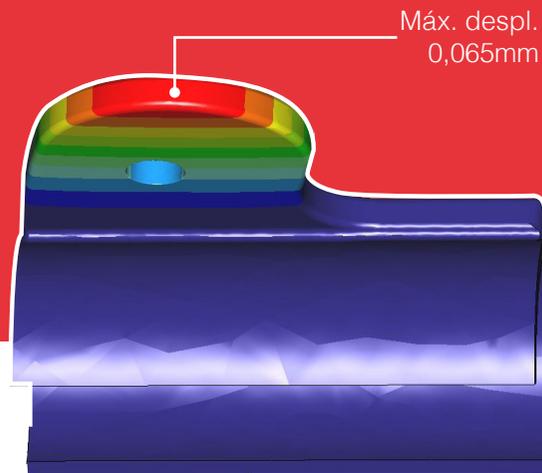
El máximo desplazamiento de la pieza con el AL6061-T6 corresponde a 0,065mm en el extremo del voladizo de esta.

DESPLAZAMIENTO (MM)



En comparación con los resultados obtenidos en el mismo análisis pero con distinto material, el ABS con 30% fibra de vidrio, la deformación máxima es diez veces mayor con el ABS que con el aluminio, pasando de tener una deformación del 0,6mm a 0,065mm.

Por lo tanto, podemos llegar a pensar que resulta más beneficioso el AL 6061-T6



FACTOR DE SEGURIDAD

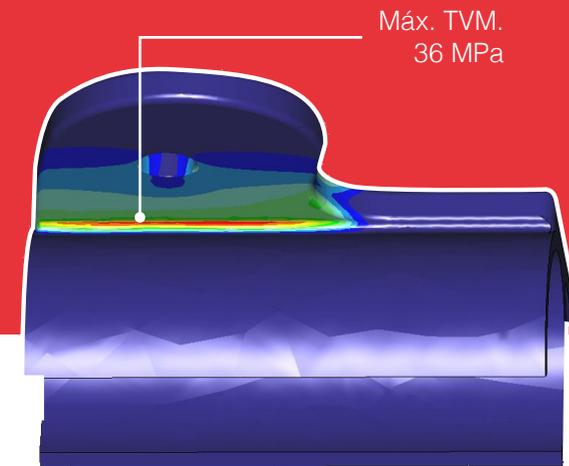
$$SF = \frac{T. \text{ del material}}{T. \text{ del diseño}} = \frac{276 \text{ MPa}}{36 \text{ MPa}} = 7,9$$

TENSIÓN DE VON MISES (MPA)



La tensión máxima de Von Mises soportada por la pieza es igual tanto en el caso de el ABS como en el AL6061-T6.

Sin embargo, como la tensión que soporta el material es mucho mayor, 276 Mpa en comparación con 84,9 Mpa, el factor de seguridad de la pieza con aluminio es tres veces mayor que con el ABS.



3. UNIÓN LATERAL

La pieza de la union lateral ha de ser lo suficientemen- te resistente como para aguantar los movimientos de un usuario al bascular este su peso para conseguir que el patinete avance, y es la union que conecta el movimiento de las patas con el eje de dirección.

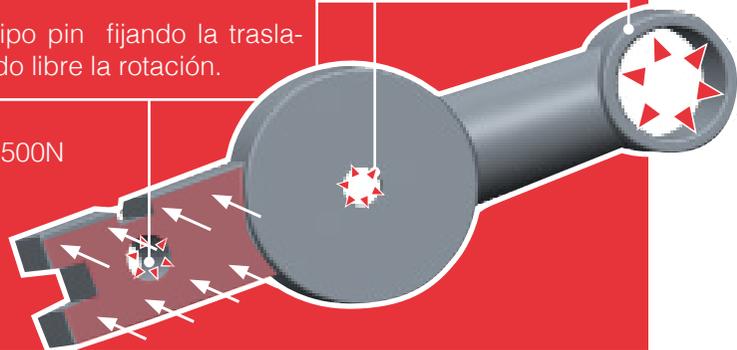
Por este motivo, hemos realizado un analisis de la pie- za en Aluminio 6061 - T6 y otro en ABS con un 30% de fibra de vidrio para decidir el material del que se fabricará la pieza.

Las restricciones aplicadas son las que se muestran en la figura, con una fuerza de 500N uniforme en una

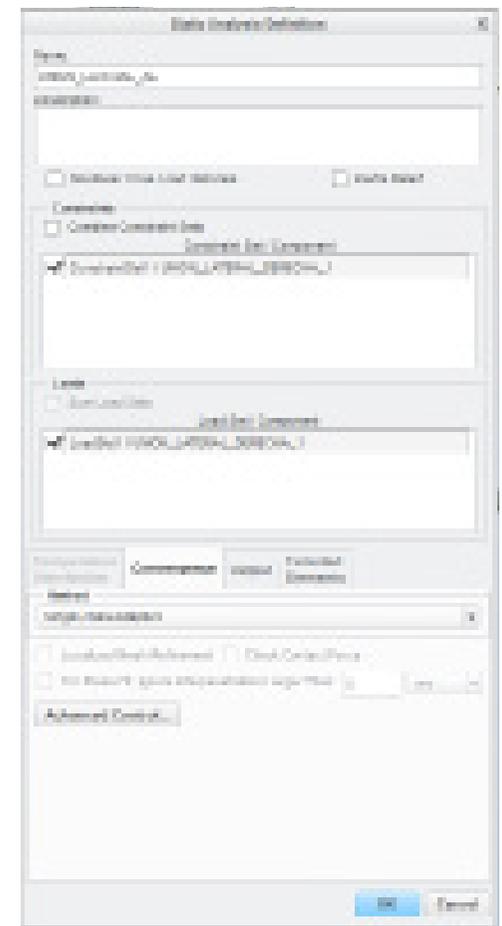
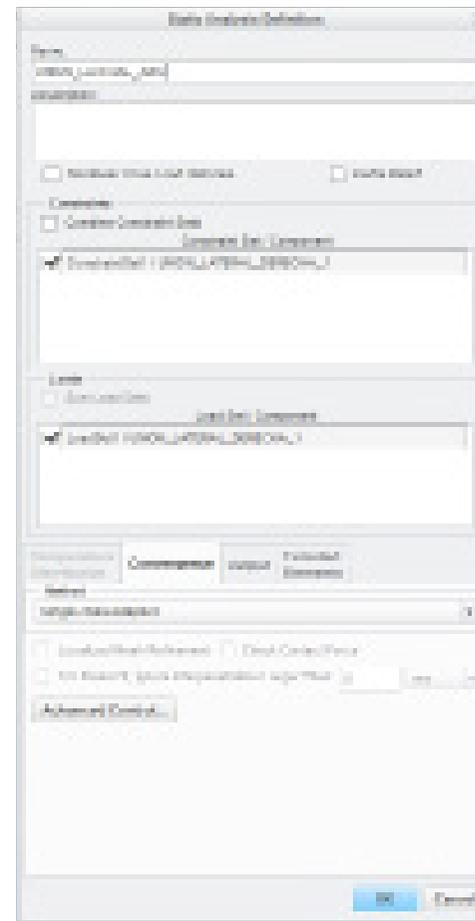
FIJACIÓN

Restricción tipo pin fijando la trasla- ción y dejando libre la rotación.

Fuerza uniforme de 500N



ANÁLISIS ESTÁTICO SPA



COMPARACIÓN DE TENSIONES

ABS CON 30% FIBRA DE VIDRIO

$$SF = \frac{T. \text{ del material}}{T. \text{ del diseño}} = \frac{89.4 \text{ MPa}}{15 \text{ MPa}} = 5,66$$

TENSIÓN DE VON MISES (MPa)



Como era de esperar, la máxima tensión de Von Mises aparece en la unión que conecta la pieza con la pata, donde ésta recibe la fuerza, acumulándose tensiones de 15 MPa, lo que podemos considerar una tensión baja.

Además las tensiones se acumulan en el agujero, por lo que podríamos decir que la tensión real sería aun más baja.

El factor de seguridad obtenido con este material es más que aceptable e indica que la pieza aguantara sin pro-



ALUMINIO AL6061-T6

$$SF = \frac{T. \text{ del material}}{T. \text{ del diseño}} = \frac{276 \text{ MPa}}{15 \text{ MPa}} = 18.4$$

TENSIÓN DE VON MISES (MPa)



Los resultados de tensión de Von Mises para la simulación de la pieza en Aluminio 6061 - T6 son las mismas que en la de ABS con fibra de vidrio, cambiando unicamente el factor de seguridad de la pieza, que en este caso es mejor aun que en el estudio del material anterior.

A falta de analizar los resultados de desplazamiento de ambos materiales, consideramos que en caso de que fuera de este material estaría sobredimensionada.

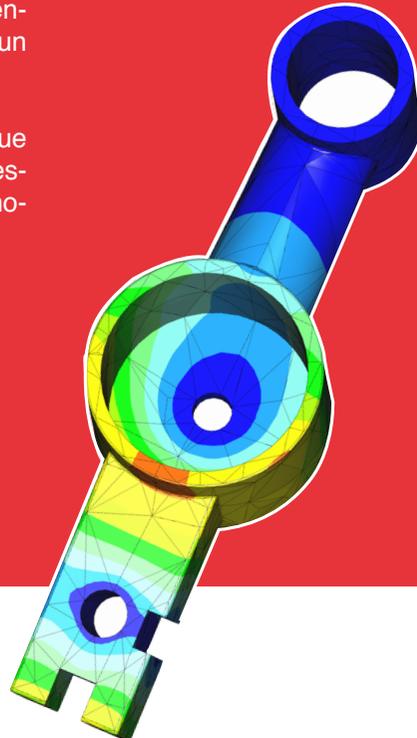


COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

ABS CON 30% FIBRA DE VIDRIO

El máximo desplazamiento de la pieza con el AL7075-T6 en el caso 2 corresponde a 2,5 mm en el extremo superior de esta.

DESPLAZAMIENTO (MM)



ALUMINIO AL6061-T6

El máximo desplazamiento de la pieza con el AL7075-T6 en el caso 2 corresponde a 2,5 mm en el extremo superior de esta.

DESPLAZAMIENTO (MM)

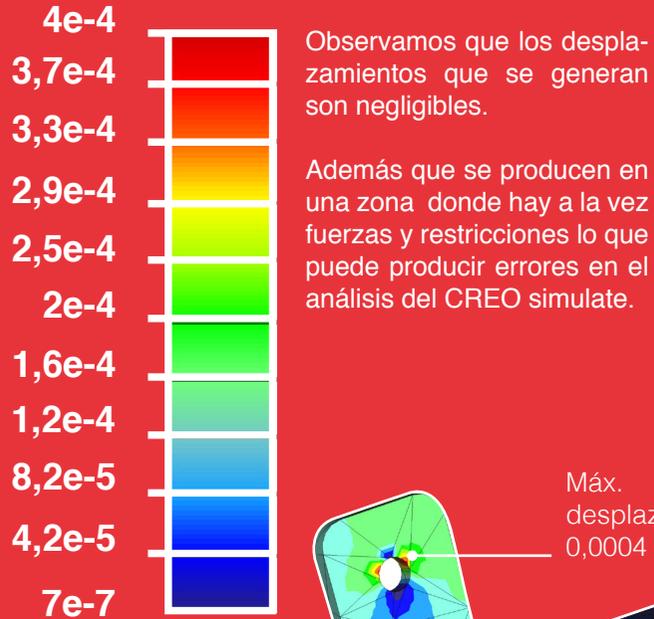


TENSIÓN Y DESPLAZAMIENTOS

DESPLAZAMIENTOS

El máximo desplazamiento de la pieza con el AL6061-T corresponde a 0,0004mm.

DESPLAZAMIENTO (MM)



Observamos que los desplazamientos que se generan son negligibles.

Además que se producen en una zona donde hay a la vez fuerzas y restricciones lo que puede producir errores en el análisis del CREO simulate.



TENSIÓN DE VON MISES

$$SF = \frac{T. \text{ del material}}{T. \text{ del diseño}} = \frac{276 \text{ MPa}}{41,7 \text{ MPa}} = 6,61$$

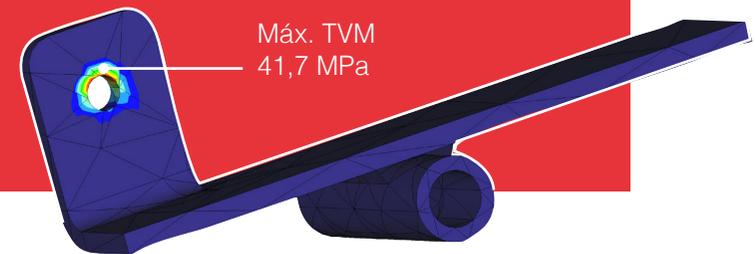
TVM (MPA)



La tensión máxima de Von Mises soportada por la pieza es de 41,7 Mpa.

Podemos observar que el factor de seguridad obtenido es de 6,61.

Puede ser que esté un poco sobredimensionado el grosor de la chapa.



ANÁLISIS DE FATIGA

FACTOR DE SEGURIDAD

sae num nustibus et denihil iminctas rera ni-
met officatium experum quatiunt quo cullia
corehen dandestiam fugiaectus duci quibus



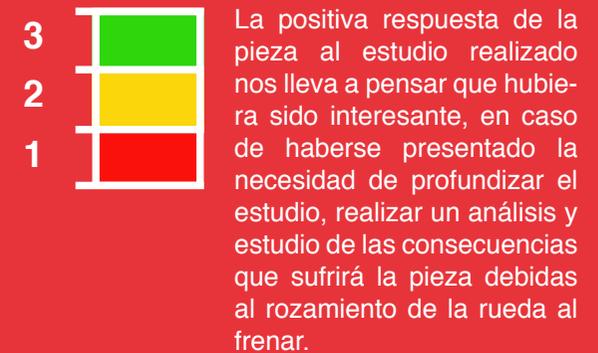
"LOG LIFE"

Minimum of shell top/bottom



"CONFIDENCE OF LIFE"

Minimum of shell top/bottom



5. CONJUNTO MANILLAR

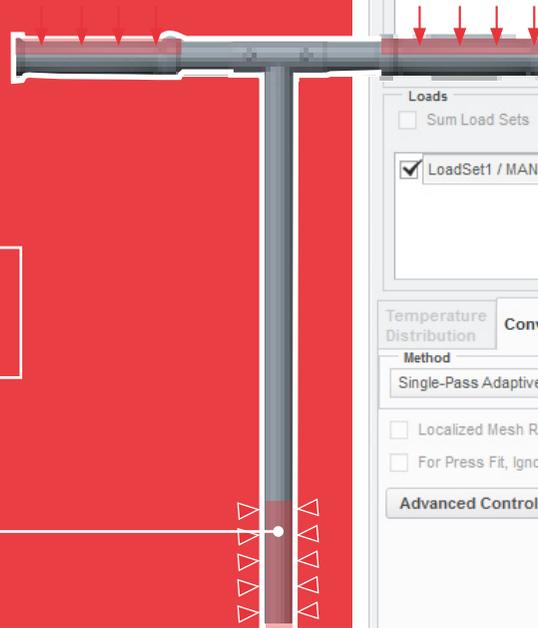
Realizamos dos análisis SPA para verificar cual de los dos materiales es más ventajoso utilizar para el conjunto del patinete, si el HM graphite / Epoxy o si el Al6061-T6.

Iremos comparando las TVM y los desplazamientos que se generan en los dos casos.

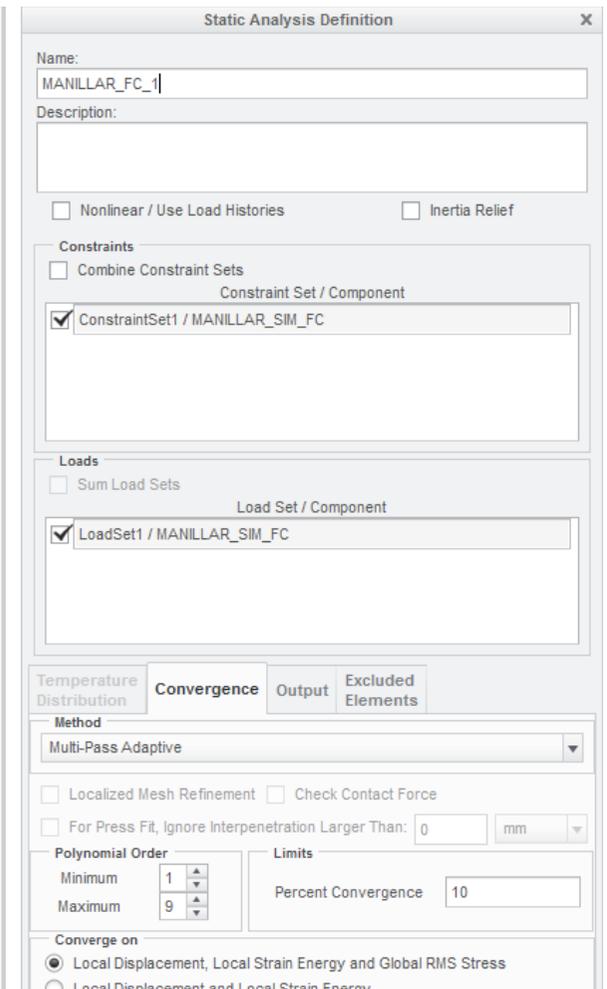
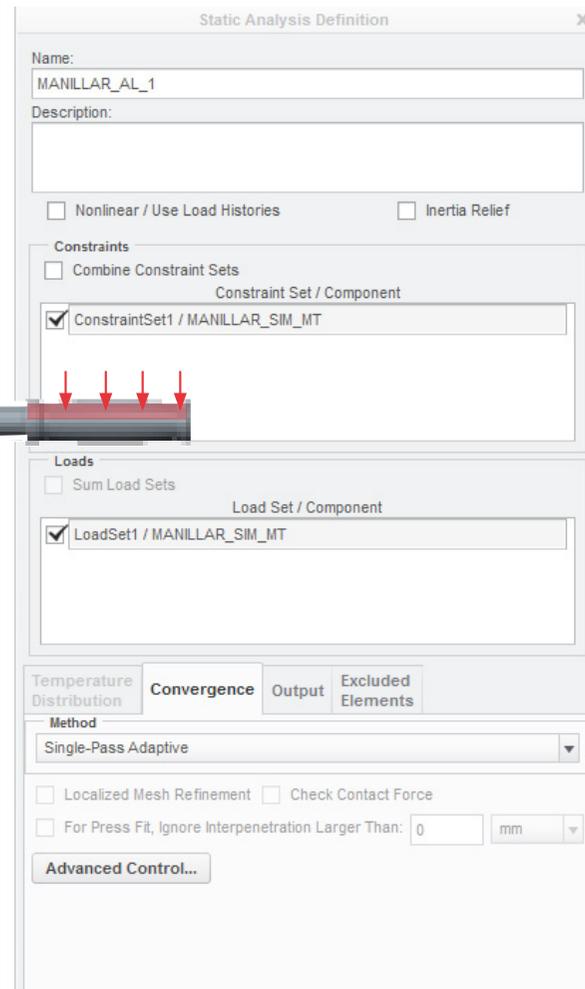
Fuerza uniforme en la parte superior del manillar de $y=200N$ y $z=350N$

Consideramos una persona de 100kg haciendo fuerza con una parte de su peso mientras se apoya en el manillar.

FIJACIÓN DEL EXTREMO
Restricción completa en x, y, z.



ANÁLISIS ESTÁTICO MPA

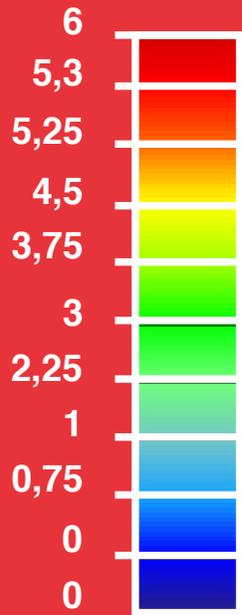


COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

HM GRAPHITE/EPOXY

El máximo desplazamiento del conjunto con la fibra de carbono corresponde a 4 mm en el extremo superior de este.

DESPLAZAMIENTO (MM)



Podemos observar visualmente, que aplicando la misma leyenda con la misma escala, el conjunto fabricado con aluminio se desplazaría

más en el extremo superior de la pieza, es decir, en la parte del manillar.



ALUMINIO AL6061-T6

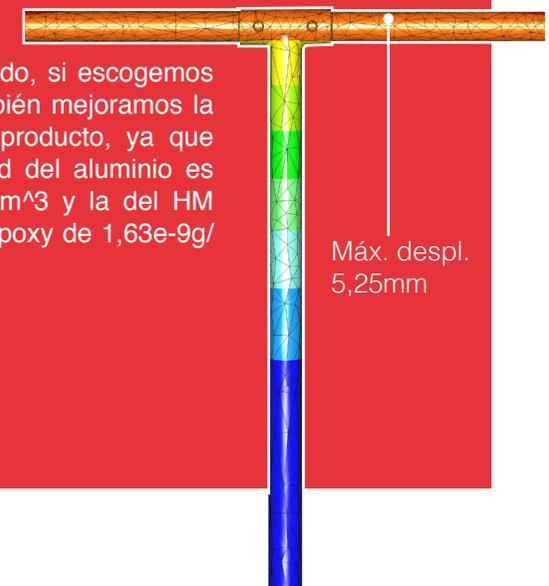
El máximo desplazamiento de la pieza con el AL6061-T6 corresponde a 5,3 mm en el extremo superior de esta.

DESPLAZAMIENTO (MM)



A partir de la leyenda observamos que el desplazamiento del conjunto fabricado con aluminio se desplaza 1,3mm más que el que está fabricado con FC.

Por otro lado, si escogemos la FC también mejoramos la masa del producto, ya que la densidad del aluminio es de $2,7 \text{ g/cm}^3$ y la del HM Graphite/Epoxy de $1,63 \text{e-}9 \text{ g/cm}^3$.



COMPARACIÓN DE TENSIONES

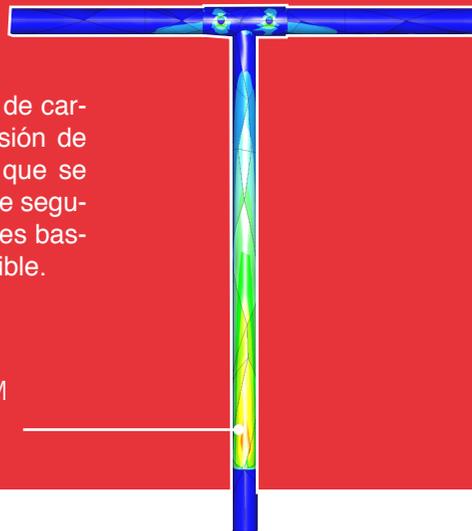
HM GRAPHITE/EPOXY

$$SF = \frac{1}{\text{failure index}} = \frac{1}{0,42} = 2,4$$

TENSIÓN DE VON MISES (MPA)



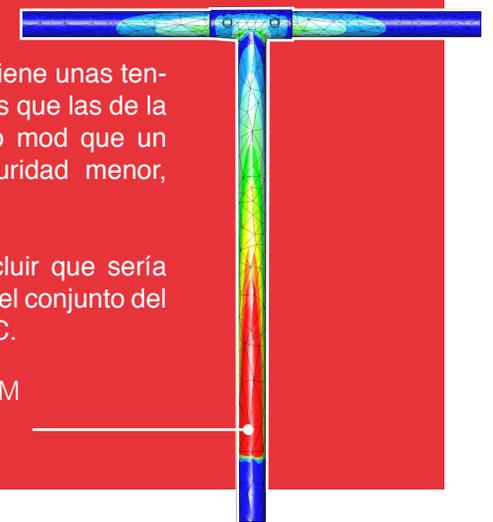
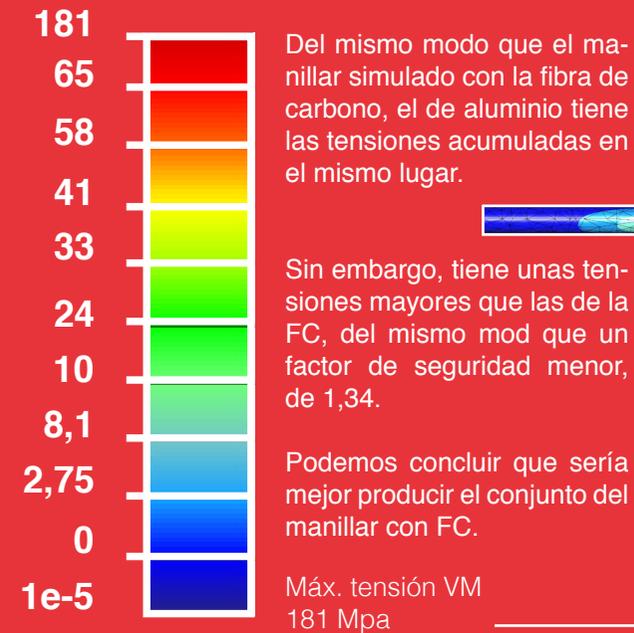
Máx. tensión VM
67,9 Mpa



ALUMINIO AL6061-T6

$$SF = \frac{1}{\text{failure index}} = \frac{1}{0,748} = 1,34$$

TENSIÓN DE VON MISES (MPA)

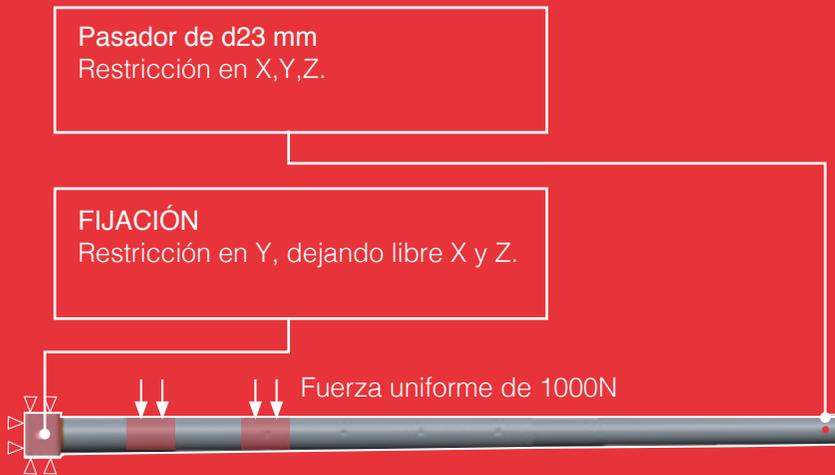


6. CONJUNTO PATA

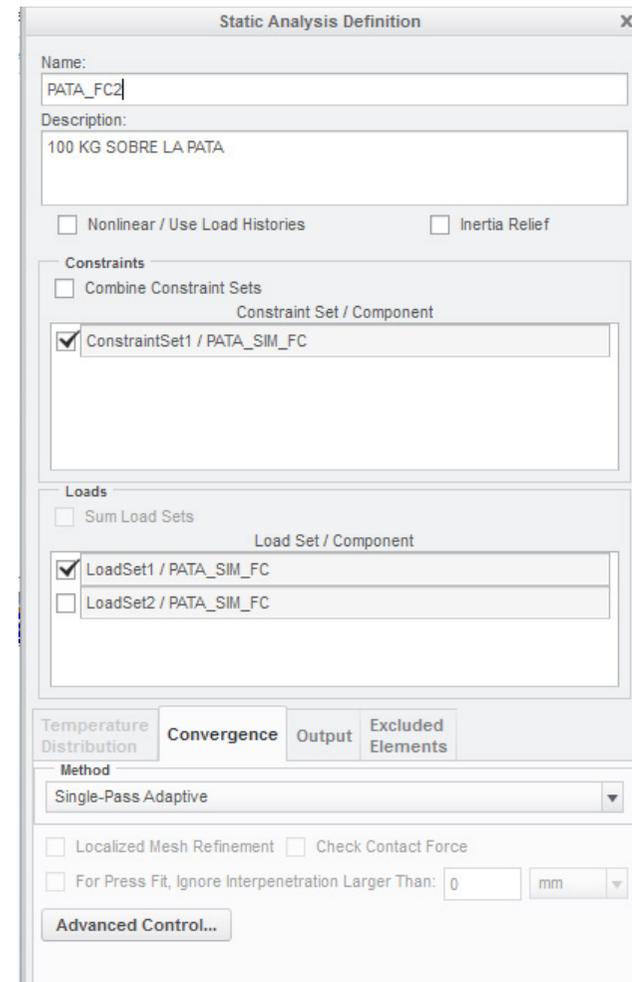
Del mismo modo que con el conjunto del manillar, realizamos dos análisis SPA para verificar cual de los dos materiales es más ventajoso utilizar para el conjunto del patinete, si el HM graphite / Epoxy o si el Al6061-T6.

Iremos comparando las TVM y los desplazamientos que se generan en los dos casos.

Aplicamos 1000N en la pata, por lo tanto en las dos habrá una suma de 2000N, como indica simular la norma UNE sobre patinetes.



ANÁLISIS ESTÁTICO MPA



COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

HM GRAPHITE/EPOXY

El máximo desplazamiento del conjunto con FC corresponde a 1,24 mm y está situado en medio de la pieza.

DESPLAZAMIENTO (MM)



ALUMINIO AL6061-T6

El máximo desplazamiento del conjunto con el AL6061-T6 corresponde a 1,73 mm y está situado en medio de este.

DESPLAZAMIENTO (MM)

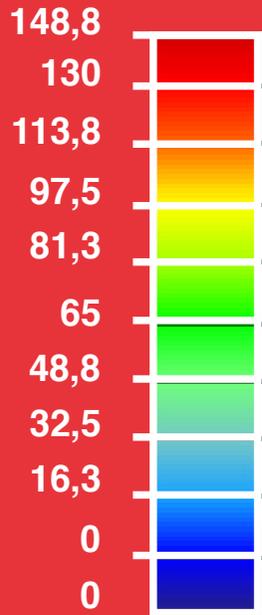


COMPARACIÓN DE TENSIONES

HM GRAPHITE/EPOXY

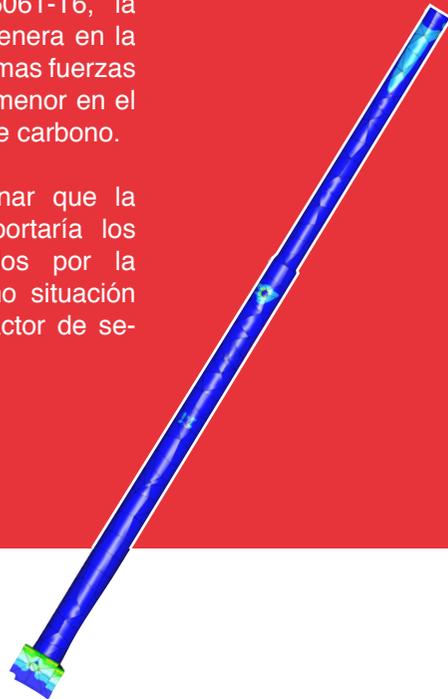
$$SF = \frac{1}{\text{failure index}} = \frac{1}{0,83} = 1,2$$

TENSIÓN DE VON MISES (MPA)



En comparación con los resultados obtenidos en el mismo análisis pero con distinto material, el AL6061-T6, la tensión que se genera en la pieza con las mismas fuerzas es cuatro veces menor en el caso de la fibra de carbono.

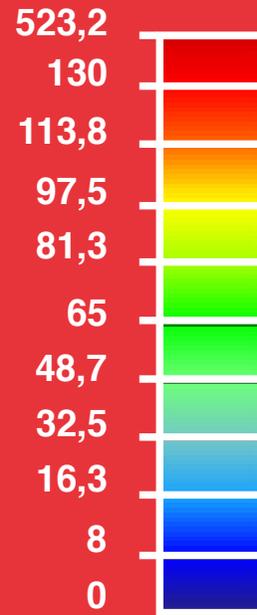
También mencionar que la pata tubular soportaría los 2000N estipulados por la norma UNE como situación crítica, con un factor de seguridad de 1,2.



ALUMINIO AL6061-T6

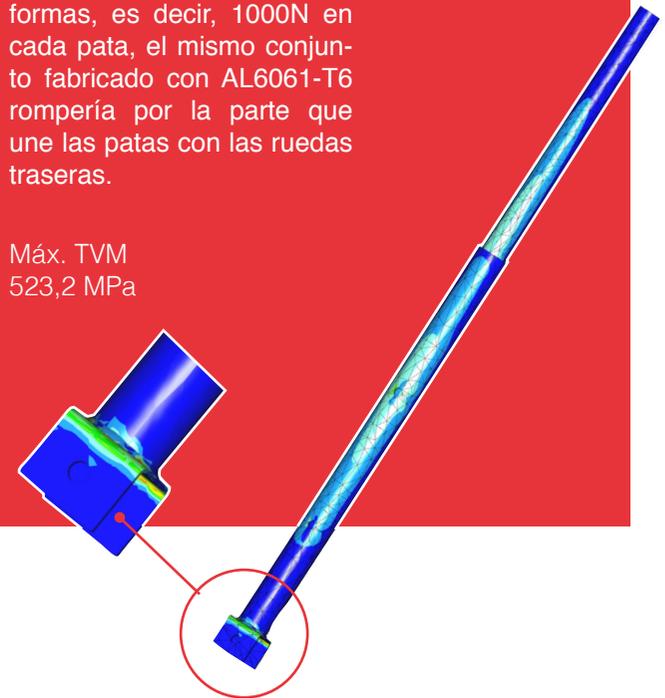
$$SF = \frac{T. \text{ material}}{T. \text{ de diseño}} = \frac{276 \text{ Mpa}}{523,2 \text{ Mpa}} = 0,53$$

TENSIÓN DE VON MISES (MPA)



Finalmente, observamos que en un caso crítico donde una persona generará una fuerza de 2000N sobre las plataformas, es decir, 1000N en cada pata, el mismo conjunto fabricado con AL6061-T6 rompería por la parte que une las patas con las ruedas traseras.

Máx. TVM
523,2 MPa



CONCLUSIÓN

En vista de los resultados obtenidos en los estudios anteriormente comentados, y dado que el objetivo de éstos no se centraban en el presupuesto del proyecto, hemos decidido fabricar las piezas analizadas en polímeros (para los casos de comparativa entre Aluminio y ABS con 30% de fibra de vidrio y el análisis de la base) y en HM Graphite/ Epoxy para los casos de las patas y el manillar (junto con el resto del eje de dirección).

Somos conscientes de que esto haría que el presupuesto del proyecto se elevara considerablemente, pero hemos decidido primar la disminución del peso del producto, ya que este ha constituido uno de nuestros principales objetivos desde el inicio del mismo.