

OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL EN SILLA DE RUEDAS POR MODELIZACIÓN CON ELEMENTOS FINITOS

Juan Lacoste (*), Ana Laura Cozzarín, [Marcelo Zegarra](#), Alfredo González

ProInTec I&D, Departamento de Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, (UNLP), 1900, BA, Argentina

(*) Email: juan.lacoste@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN

Disponiendo del conjunto de piezas constitutivas de un modelo de silla de ruedas en formato digital y físico, se ha desarrollado una serie de actividades tendientes a esclarecer el estudio de adaptación de su estructura a las condiciones funcionales deseadas por el fabricante. Las tareas han consistido principalmente en el ensayo de diferentes opciones de mecanizado a partir de las geometrías existentes, con el objetivo de reducir a la mínima expresión el peso total de la estructura sin comprometer su aptitud y funcionalidad. Todas las opciones planteadas, se han estudiado a través de un programa de simulación digital por el método de elementos finitos. Las condiciones operativas se basan en un sujeto de prueba de 100 kg de peso, y la utilización de una aleación de aluminio AA6061 T6 para la construcción estructural. Es importante destacar que sólo se plantean operaciones de mecanizado, ya que las piezas a estudiar se encuentran sometidas a una configuración geométrica de diseño invariable debido a la existencia de un único perfil de matricería para su fabricación. La necesidad de obtener una estructura final de bajo peso se sustenta principalmente en los usuarios de la silla, los cuales tienen como característica lesiones en medula ósea pero cuentan con movilidad propia, por lo que un producto final de menor peso garantizará la independencia por parte del paciente, por ejemplo, al subir y bajar de un automóvil. Luego de llevar a cabo la etapa de modelado y adecuación de piezas mediante operaciones de mecanizado, se ha logrado reducir sustancialmente el peso de la estructura de la silla, en un valor cercano a los 1000 gramos, lo que representa una disminución superior al 10 % respecto de la estructura original.

INTRODUCCIÓN

La primera silla de ruedas creada con el propósito que hoy en día conocemos, data del año 1595 y fue creada para el rey Felipe II de España. Desde entonces se han ido mejorando sus características tales como: reducción en el peso y tamaño, mejor maniobrabilidad y autonomía, mejoras ergonómicas; y se han llegado a generar sillas: eléctricas, que permiten subir escaleras, para bipedestación, para practicar deportes, etc.

Las sillas de ruedas ultralivianas de uso convencional han sido diseñadas especialmente para entregar autonomía a personas con lesiones en medula ósea pero que cuentan con movilidad propia.

El presente trabajo surge de la convocatoria de una empresa que se dedica al diseño, fabricación y comercialización de sillas de ruedas que luego de efectuar el diseño, la confección de las matrices para la fabricación de los perfiles de aluminio, prensar la aleación de aluminio seleccionada y posteriormente conformar la silla se han dado cuenta que la resultante de todo el trabajo efectuado no es competitivo con el mercado exterior dado que el producto resulta pesado. Debido a las características del usuario de la silla tener peso de más en el producto le imposibilita la movilidad independiente, por ejemplo maniobrar la silla al subir o bajar de un auto. En pos de lograr la competitividad en el mercado se nos ha

convocado para intentar modificar las piezas estructurales de la silla, reduciendo el peso de cada una de ellas y así obtener un producto final que permita al usuario la autonomía.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

El desarrollo de tareas tendientes a lograr la optimización estructural de la silla de ruedas bajo estudio se ha realizado mediante un análisis integral a partir de la consideración particular de cada una de las piezas presentes en la estructura, susceptible de ser modificada mediante operaciones de mecanizado. Para ello se ha efectuado un análisis consistente en la determinación de la naturaleza de los esfuerzos a los que la estructura se encuentra expuesta y como se transmiten a través de cada una de las partes constitutivas en función de la morfología y vinculación mecánica existente. En todas las piezas sometidas a estudio se han logrado reducciones de peso, obteniendo en el mejor de los casos una reducción superior a los 1000 g para la estructura completa. En función de la limitación impuesta en cuanto a la extensión del presente documento, sólo se tratará el estudio realizado sobre la brida portarodamiento de la silla de ruedas, la cual ha tenido un trato resolutivo análogo al resto de las piezas estudiadas pero con un grado de exigencia superior.

Brida portarodamiento original

La brida portarodamiento es una pieza de protagonismo esencial en el conjunto estructural de la silla de ruedas ya que es la que vincula la estructura de caños que sostiene el asiento con las ruedas delanteras. Esta pieza de la silla resulta crítica debido a que a través de ella se transmiten todos los esfuerzos asociados a las imperfecciones del suelo, impactos, cargas propias del sujeto transportado, etc.

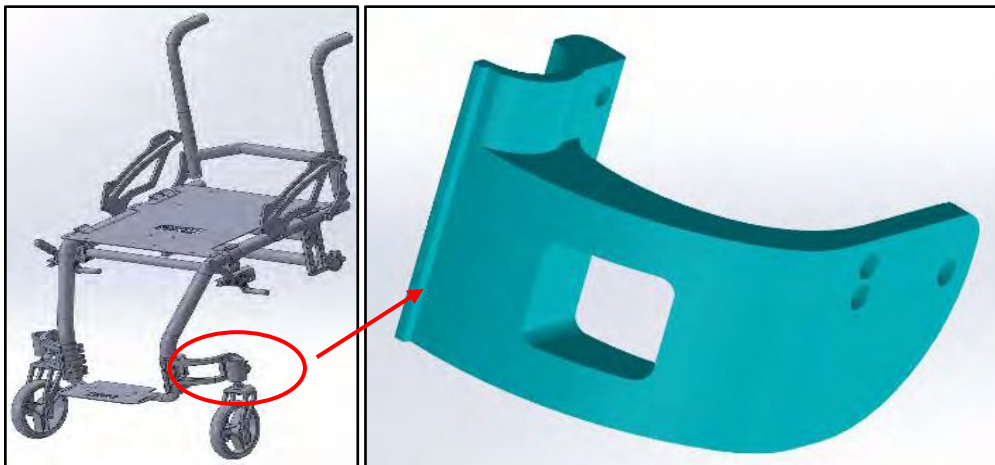


Figura 1. Diseño de silla de ruedas con detalle de ubicación de la pieza bajo estudio (Izquierda).Detalle de Brida Portarodamiento Original (Derecha).

La figura 1 (Derecha) representa la pieza original, la cual se encuentra fabricada en aleación de aluminio AA6061 T6, mediante un proceso de extrusión y cuenta con un peso de 446 g. A partir de esta condición se comienza el estudio y análisis tensional de pieza como así también sus posibles modificaciones por mecanizado.

Para esta pieza se han planteado operaciones de mecanizado combinadas, en la dirección de la extrusión, perpendicular a esta, sobre la superficie de ensamble con el caño correspondiente a la estructura y también una operación adicional entre los tornillos de sujeción al caño citado. Tal situación da como resultado una pieza compleja sustancialmente diferente a la original que se puede observar en las figura 2.

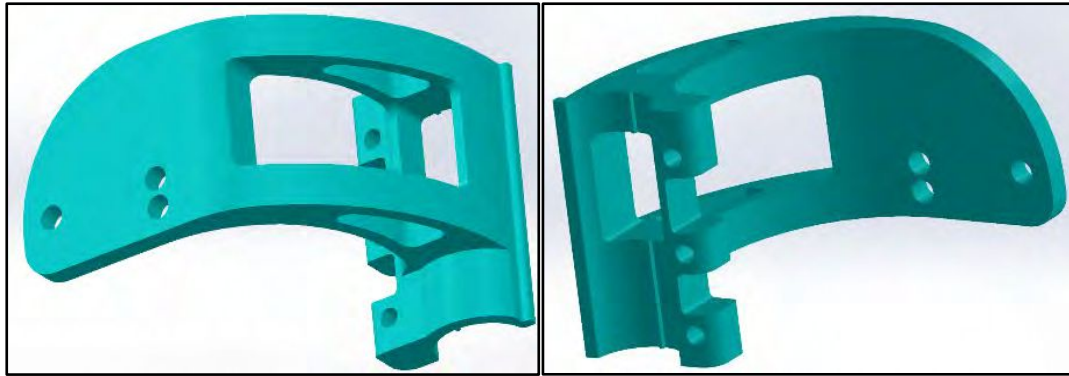


Figura 2. Diferentes vistas de la brida portarodamiento con diversas operaciones de mecanizado propuestas para ser sometida a evaluación.

La geometría que se presenta tiene un peso de 300 g, es decir, 146 g menos que la original. Teniendo en cuenta que de esta pieza se encuentra por duplicado en la silla, se están restando 292 g respecto al peso original.

Estado de cargas planteado para la modelización

Peso de una persona sentada (estado de carga 1): Carga remota con transferencia directa. La ubicación de la carga remota es en el centro de gravedad de la persona sentada (2" por delante del ombligo). La carga es de 50 kg ya que se supone todo el peso repartido en las ruedas de adelante y en ambos lados (esta situación resulta altamente conservativa ya que en realidad el peso se distribuye preferencialmente en las ruedas principales, pero ante el pivoteo de la silla sobre las ruedas delanteras, por ejemplo, al subir un escalón, este escenario resulta factible). La carga se ubicará en la semicircunferencia de la pieza que se encuentra en contacto con el caño, ya que por allí se transmite la carga desde el centro de gravedad de la persona.

Golpe de una vereda (estado de carga 2): Carga remota con conexión rígida, debido a que el golpe se lleva a cabo en la rueda, y esta tiene vinculación rígida o semirrígida hasta alcanzar la pieza bajo análisis. La ubicación se sitúa en la periferia de la rueda, donde se supone el punto de contacto entre ésta y el cordón de la vereda. La carga es de 600 N y resulta de la aceleración de la silla (medida con acelerómetro), la masa del cuerpo y las leyes físicas de Newton para impacto, bajo la suposición que el cordón es un cuerpo rígido indeformable, toda la energía cinética producto del impacto es absorbida por la rueda. La carga será ubicada en los tornillos de agarre del Portarulemán, por ser el medio de conexión a partir del cual se transmite el esfuerzo desde la rueda.

Conexión: Fija en los orificios de agarre con Portarulemán, que simulan los tornillos de agarre para el estado de carga 1. Fija en la semicircunferencia que se encuentra en contacto con el caño estrella para el estado de carga 2, ya que cambia la posición de la carga remota.

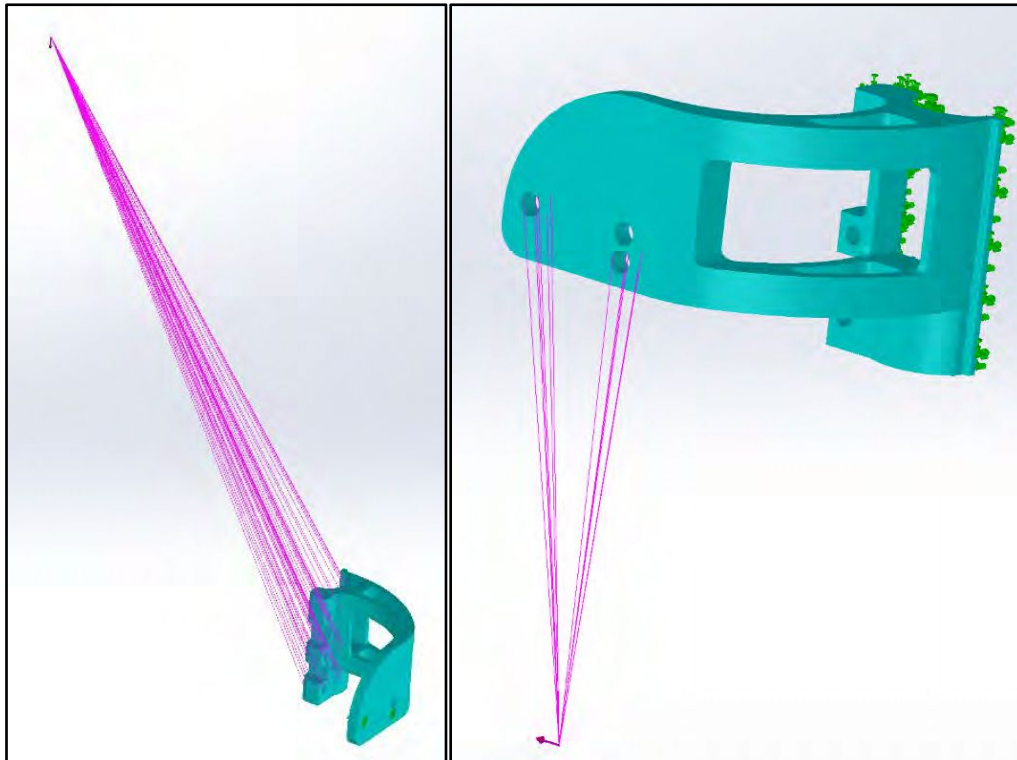


Figura 3. Estado de carga 1 (Izquierda). Estado de carga 2 (Derecha).

Una vez planteado el estado de cargas y la metodología de transmisión de las mismas se procedió a evaluar el desempeño evaluando el estado tensional por el método de Von Mises y los desplazamientos producto de las tensiones aplicadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En función de la simulación efectuada utilizando SolidWorks se han obtenido los siguientes resultados en términos de respuesta a las cargas aplicadas para el estado de cargas 1 y 2.

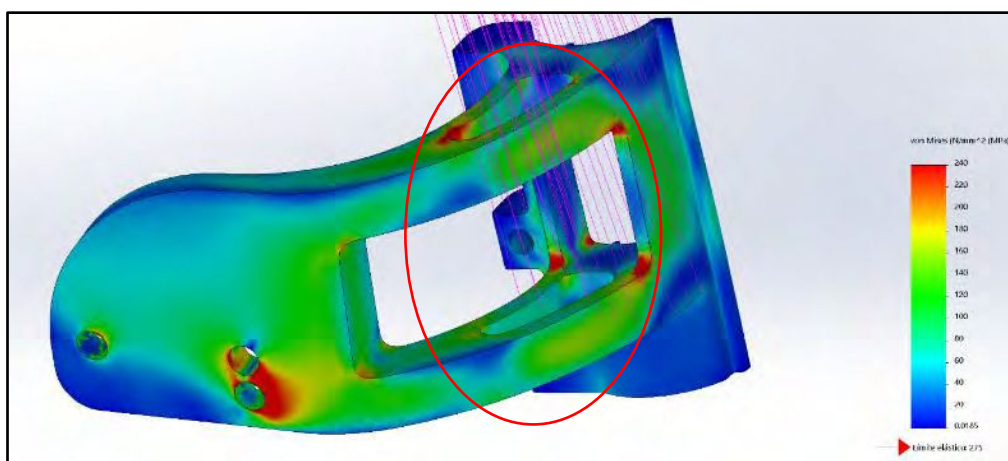


Figura 4. Respuesta de la pieza para tensiones de Von Mises en el estado de carga 1.

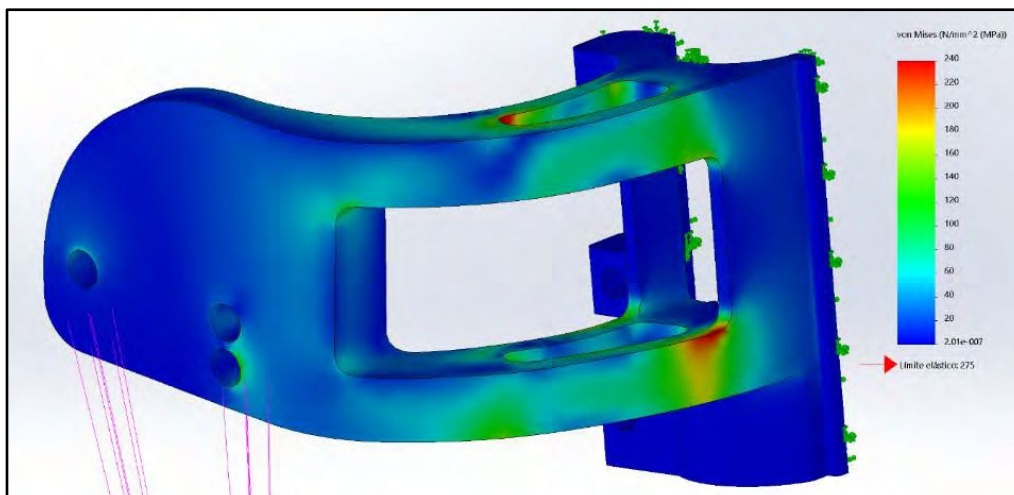


Figura 5. Respuesta de la pieza para tensiones de Von Mises en el estado de carga 2.

Para el estado de carga 1, se percibe concentración de tensiones en los orificios de agarre del portarulemán, situación que resulta esperable pero no conflictiva. No se recomienda continuar disminuyendo la sección recuadrada en la figura 4 debido a que posiblemente ante un esfuerzo de impacto severo, si el área efectiva resulta menor a la indicada podría existir un estado tensional que genere una deformación excesiva de carácter permanente. Para el estado de carga 2 no resulta necesario detenerse en ningún sector en particular, debido a que los esfuerzos manifiestan magnitudes moderadas. Por este motivo, en términos de tensiones, la disminución de material producto de las operaciones de mecanizado no resulta riesgosa para la integridad de la pieza.

A continuación se presenta los desplazamientos generados en la pieza como consecuencia de la aplicación de las cargas correspondientes a los estados 1 y 2.

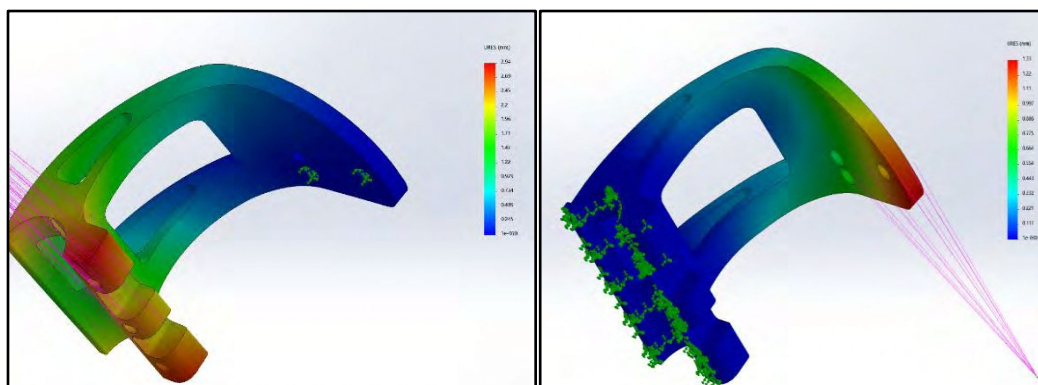


Figura 5. Respuesta de la pieza en términos de desplazamientos para el estado de carga 1 (Izquierda) y estado de carga 2 (Derecha).

Como se puede apreciar en las imágenes anteriores, en términos de desplazamientos, la pieza cumple de manera satisfactoria para ambos estados de carga, motivo por el cual resulta factible la propuesta de mecanizado planteada, tanto en tensiones como desplazamientos.

El mecanizado propuesto genera una reducción del peso de la pieza de 146 g, lo que se traduce en una reducción total para la estructura de 292 g, sólo en estos componentes.

Si bien como se dijo, sólo se trata la tarea realizada para el portarodamiento, análogas situaciones fueron planteadas y llevadas a cabo para el asiento, el apoya pies y las contenciones laterales de la silla, logrando una reducción de peso de la silla, superior a los 1000 g, lo cual resulta sustancial.

CONCLUSIONES

En función de los estudios realizados y las modificaciones planteadas en las piezas bajo estudio, principalmente en el portarodamiento, que es la pieza que se trata en detalle en este documento, se visualiza que las deformaciones y tensiones generadas se encuentran dentro del rango permisible establecido para la aleación AA6061 T6. Se destaca que los resultados alcanzados se han logrado a partir del modelado de un sujeto de prueba de 100 kg de peso. Si bien las pruebas digitales han resultado positivas, se ha propuesto llevar a cabo la fabricación de un prototipo real que permita evaluar el desempeño en campo de la estructura planteada en pos de verificar la correspondencia y el acierto conceptual del planteo tensional digital, respecto de lo que ocurre realmente sobre la silla de ruedas.

De los estudios efectuados para cargas estáticas y sujeto de prueba de 100 kg, se desprende que las modificaciones planteadas presentan un impacto sustancial en el peso final de la estructura, alcanzando en el mejor de los casos, una reducción en el peso total superior a los 1000 g, lo cual representa un porcentaje de disminución en el peso superior al 10 % del peso original. Esta situación no sólo redundará en una notable mejora de la maniobrabilidad de la silla para el desempeño diario del paciente sino que también, en términos competitivos, le propina a la empresa un notable salto de calidad en la prestación de su servicio, debido a que logra ubicar el producto en un rango de peso destacable para su segmento.

Bibliografía

- [1] Joseph Edward Shigley - John Joseph Uicker, Jr. Teoría de Máquinas y Mecanismos. McGraw Hill (2001)
- [2] Handbook of Aluminium. Physical Metallurgy and Processes (2003)
- [3] Norma IRAM 687. Aluminio y sus aleaciones. Productos extruidos.