

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL AL CHASIS DE UN GO-KART DE ALUMINIO 6061**

Christian Patricio Cabascango Camuendo

ccabascango@istte.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4927-0832>

Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano - Ecuador

Rodrigo Alexander Aucapiña Guaman

raucapina@istte.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1375-9143>

Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano - Ecuador

Recibido: 01/04/23

Aceptado: 15/06/23

Publicado: 01/07/23

**RESUMEN**

El presente estudio se enfoca en el análisis teórico de las características mecánicas de un material ferroso y no ferroso, utilizando un software de simulación, con el que se defina el comportamiento del material alterno utilizado en la fabricación de una estructura para *go-kart*. Se intenta sustituir al acero 1015, 1018 y 1020 que son utilizados frecuentemente en la fabricación de autopartes y en especialmente para estructuras de *go-karts*. El tipo de estudio utilizado es transversal, con un diseño cuasi - experimental, porque se realizó simulaciones en el acero 1020 y aluminio 6061, que fueron sometidos al análisis estático y de frecuencia, donde se reflejaron valores de 0,08mm de desplazamiento en el acero 1020, de 0,7mm para el aluminio 6061. Adicional, se determinó un factor de seguridad de 4,5 en el acero 1020, mientras que con el aluminio 6061 presentó un factor de seguridad de 3,8. El acero 1020, presentó una tensión de 350 MPa, en el aluminio 6061 se obtuvo un valor de 275MPa. El aluminio, al presentar un valor de densidad más bajo que el acero, reduce el peso sostenido de la estructura, sin embargo, al tener un menor peso, esto conlleva a una mayor frecuencia de vibraciones.

**PALABRAS CLAVE:** aluminio 6061, acero 1020, *go-kart*, simulación, esfuerzo.

**STRUCTURAL ANALYSIS OF A 6061 ALUMINUM GOKART CHASSIS****ABSTRACT**

The present study focuses on the theoretical analysis of the mechanical characteristics of a ferrous and non-ferrous material, using simulation software, to define the behavior of the alternative material used in the manufacture of a Go-kart structure. The aim is to substitute steel 1015, 1018 and 1020, which are frequently used in the manufacture of auto parts and especially for Go-kart structures. The type of study used is transversal, with a quasi-experimental design, because simulations were performed on steel 1020 and aluminum 6061, which were subjected to static and frequency analysis, where values of 0.08mm of displacement were reflected in steel 1020 and 0.7mm for aluminum 6061. Additionally, a safety factor of 4.5 was determined for steel 1020, while aluminum 6061 presented a safety factor of 3.8. The 1020 steel had a stress of 350 MPa, while the 6061 aluminum had a value of 275 MPa. Aluminum, having a lower density value than steel, reduces the sustained weight of the structure; however, having a lower weight, this leads to a higher frequency of vibrations.

**KEY WORDS:** aluminum 6061, steel 1020, go-kart, simulation, effort.

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante años, la industria, en particular el ámbito automotriz, ha utilizado elementos plásticos derivados del petróleo, sintéticos, metálicos, etc., pero, el componente con mayor uso por razones económicas y ecológicas es el acero. Este ha sido utilizado en varios componentes, como chasis, puertas, techo, paneles de la carrocería y rines. Dicho elemento representa alrededor de 1.350 kilogramos del peso promedio en un vehículo.

Los fabricantes optan por utilizar acero en la mayor parte de la carrocería por su buena formabilidad, bajo costo y buena soldabilidad. Por ejemplo, el acero dulce presenta “una simple microestructura ferrítica, con bajo contenido de carbón y una distribución mínima de elementos aleantes, por lo que su formabilidad en frío es excelente. Además, se puede utilizar como base para la comparación con otros materiales” (Barajas, García, Equihua y Castruila, 2016). También se ha utilizado aceros martensíticos “que forman parte de los refuerzos para parachoques, puertas, vigas de intrusión, refuerzos, travesaños laterales, y la línea del cinturón de refuerzo” (Mallen, 2008). Sin embargo, este material ha evolucionado, desde los aceros de primera generación:

que incluyen a aceros convencionales, aceros de segunda generación, los que ya se emplean en la industria automotriz y aceros de tercera generación, los cuales se han estado investigando y proponiendo, pero aún no están disponibles en el mercado, aunque prometen un mejor equilibrio entre sus propiedades. (Keeler y Kimchi, 2014)

En el campo de la ingeniería y la construcción, la selección adecuada de materiales y métodos de fabricación desempeña un papel crítico en la creación de estructuras sólidas y seguras, destinadas al ámbito automotriz, en búsqueda de la eficiencia energética que combine un aporte de conocimiento al ámbito industrial. Las innovaciones tecnológicas en la industria, en especial en los sectores relacionados al transporte y al ámbito automotriz, se encuentran en constante transformación, sobre todo en las últimas décadas, siendo una de las industrias más dinámica que, con cada implementación, transforman al mercado y su comportamiento, generando efectos importantes en términos de productividad, desarrollo tecnológico y competitividad (Quinde, Vera, Ordeñana y Silvera, 2021). Además, desde el punto de vista de ecología, eficiencia y economía, la reducción de masa tiende a mejorar las propiedades del automotor, sin embargo, realizar este proceso conlleva el uso de diferentes disciplinas de la ingeniería (Kleiner, Geiger y Klaus, 2017).

Fabricar un prototipo con un material alternativo y buscar la reducción de peso, sin bajar la calidad del producto conllevaría a la aplicación de técnicas de construcción que especifiquen los medios disponibles, el análisis del material y los procesos de fabricación (Kleiner, Geiger y Klaus, 2017).

Las tendencias de fabricación y el uso de tecnologías para la fabricación de elementos automotrices cada vez más elaborados apuntalan a esta industria como

una de las de mayor influencia en la economía de un país. Esto no solo promueve la importación y venta de autopartes, sino también el ensamblaje de vehículos. La fabricación de partes de vehículos involucra artículos de otras cadenas, como metal metálico y petroquímica (plástico y caucho) entre otras (FENALCO, 2009).

“El problema de la máxima rigidez con restricción de volumen es de gran importancia en Ingeniería Mecánica e Ingeniería de Estructuras, pues permite reducir el peso final del elemento mecánico o estructural, conservando su rigidez y funcionalidad” (Meza, Tamayo y Franco, 2015, p. 73). Además, “la reducción de la inercia en partes en movimiento sea maquinaria o vehículos, disminuye la cantidad de energía necesaria para su operación” (Meza, Tamayo y Franco, 2015, p. 73).

El presente estudio se enfoca en el análisis teórico de las características mecánicas de un material ferroso y no ferroso, utilizando un software de simulación, para definir el comportamiento del material alternativo utilizado en la fabricación del prototipo del *go-kart*, que podrían sustituir al acero 1015, 1018 y 1020, que son utilizados frecuentemente en la fabricación de autopartes, especialmente para estructuras de *go-karts*.

## 2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS / MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio empleado en esta investigación es de tipo transversal, porque la fabricación de la estructura del *go-kart*, depende del tipo del material, características mecánicas y la geometría de la estructura. Además, se emplea un diseño de investigación cuasi-experimental, ya que, este diseño se asemeja a un plan de trabajo con el que se pretende estudiar el impacto de los procesos de cambio, en situaciones donde los sujetos o artefactos observados no han sido asignados de acuerdo con un criterio aleatorio y más bien se ha tomado en cuenta la característica de este diseño, por su relación de causa y efecto entre el sujeto y el objeto (Fernández, Vallejo, Livacic y Tuero, 2014).

También, se analizará el comportamiento de la estructura al aplicar ciertas cantidades de fuerza y movimiento. Para observar la relación material - comportamiento se utilizará un proceso de simulación asistido por ordenador y el software *SolidWorks*.

La selección del tipo de material alternativo a utilizarse en el estudio se definió mediante la revisión bibliográfica y la disponibilidad de este en Ecuador, las características tomadas en cuenta se presentan en la Tabla 1. Las características principales que se tomarán en cuenta para el estudio son la densidad y módulo de tensión.

**Tabla 1**

*Propiedades de los materiales.*

<b>Características</b>	<b>Al</b>	<b>Mg</b>	<b>Acero</b>	<b>Ti</b>
P Densidad [kg dm-3]	2.8	1.74	7.83	4.5
E Modulo de Tensión [GPa]	70	45	210	110
Rm Esfuerzo de tensión [N mm-2]	150-680	100-380	300-1200	910-1190
Rm/p esfuerzo específico [10 <sup>6</sup> N mm kg <sup>-1</sup> ]	54-243	57-218	38-153	202-264
E/p rigidez específica [10 <sup>9</sup> N mm kg <sup>-1</sup> ]	25.0	25.9	26.8	24.4
√Rm/p resistencia a abolladuras [10 <sup>6</sup> N <sup>1/2</sup> mm <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> ]	9.3	11.2	4.4	7.7
√E/p resistencia superficial [10 <sup>7</sup> N <sup>1/3</sup> mm <sup>7/3</sup> kg <sup>-1</sup> ]	14.7	20.4	7.6	10.6

Fuente: "Manufacturing of Lightweight Components by Metal Forming" por Kleiner, Geiger y Klaus, (2017), p. 522.

Las aleaciones de magnesio y titanio tienen características muy favorables para reemplazar a las aleaciones de acero, sin embargo, este tipo de materiales tienen un costo muy elevado para la fabricación de prototipos. El aluminio, al ser un elemento que se encuentra muy difundido en el medio y no estar tan presente en la fabricación de estructuras de *go-karts*, su costo, en comparación con el magnesio y titanio es más conveniente y sumado a los datos presentados en la Tabla 1, contribuyen a que esta aleación cuenta con las características mínimas para sustituir al acero.

La estructura sometida al estudio corresponde a la identificación CIK/J ICA ICC 352/99 353/99 354/99, fabricado en acero 1020. Para determinar el tipo de material del que está fabricado el *go-kart* se realizó un análisis del material utilizando un espectrómetro de chispa marca BRUKER modelo Q4TASMAN. En la Tabla 2 se puede observar la distribución de los elementos. Además, los estudios realizados por Kumar, Malla, Kotha, Radhakrishnan, Tharun y Kashyap (2022), (Kumar, Singh, Maurya y Ajay (2019) y Mahapatra, Arora, Aggarwal, Singh, y Manocha (2020) concuerdan en que el acero 1020 es el más común en el mercado, por sus características mecánicas que soportan tensiones extremas durante las condiciones de manejo, se encuentra presente en la mayoría de las estructuras para *go-kart*.

**Tabla 2**

*Composición de elementos del material*

	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Mo	%Cu	%Al	%Ce	%Pb	%Fe
1020	0.145	0,009	0,839	0,004	0,005	0,005	0,003	0,006	0,023	0,053	0,007	98,85

Fuente: autoría propia, 2024.

El acero 1020, según el estudio realizado por Kalpakjian y Schmid (2021), es utilizado en elementos automotrices como el árbol de levas por sus características de resistencia a esfuerzos. Adicional, dentro de sus características tiene una resistencia última a la tensión de 393MPa, lo que le confiere una elongación del 35%. En la Figura 1 se puede observar un cuadro comparativo de los principales aceros que se utilizaron en el estudio de Kumar, Singh, Maurya y Ajay (2019) para

fabricar la estructura de un go-kart. En estos datos se basará este estudio para realizar el análisis del material seleccionado y que se evaluará mediante simulación.

**Figura 1**

*Características mecánicas de los aceros utilizados para la fabricación de go-karts.*

Propiedad	AISI 1018	AISI 1026	AISI 4130	AISI 1020
Módulo de Young (GPa)	200	200	210	205
El coeficiente de Poisson	0,29	0.3	0.3	0,29
Resistencia a la tracción, rendimiento (MPa)	370	415	435	297,74
Densidad( / )	7850	7858	7850	7870

Fuente: Kumar, Singh, Maurya y Ajay (2019).

Las características generales de las aleaciones de aluminio, develan que es un elemento que soporta esfuerzos de tracción de alrededor de 251,51MPa, con una deformación máxima de 0,160mm, con una dureza Rockwell B promedio de 49RB y que presenta una oposición a la compresión de 924,34MPa. “Estos datos son similares a los presentados por Kleiner, Geiger y Klaus (2017), con una densidad de 2710g/cm<sup>3</sup>, un módulo de Young de 70GPa y una resistencia última a la tensión de 260Mpa, con una elongación del 17%” (Beer, Johnston, Dewolf y Mazurek, 2020, p. 753). Este material, por su costo y la resistencia que presentan sus aleaciones, los colocan entre los materiales más versátiles desde el punto de vista de la fabricación (Budynas, y Nisbett, 2018). En el país, la aleación de aluminio 6061-T6 se aplica a productos que no se encuentran en la industria automotriz, sin embargo, sus características mecánicas se ajustan a los requerimientos que se exigen en la industria. Dicha aleación presenta la siguiente distribución de materiales en la Figura 2.

**Figura 2**

*Distribución de elementos de la aleación de aluminio.*

E. Q	% Al	%Mg	%Si	%Fe	%Cr	%Ti	%Zn	%Mn	%Cu	%Ga	%V
Aleación <b>6061</b>	98,96	0,4522	0,385	0,166	0,017	0,010	0,0013	0,0013	0,001	0,008	----

Fuente: Chica, Rocha, Martínez y Cabascango (2019).

La composición de los elementos en el aluminio 6061 que se presentaron en la Figura 2, le atribuyen características específicas del comportamiento que puede tener el material y en qué ámbito de la industria puede ser utilizado. A continuación, en la Figura 3, se detallan algunas de las características relacionadas con los componentes presentes en la aleación.

**Figura 3**

Elementos químicos de las aleaciones de aluminio familia 6061.

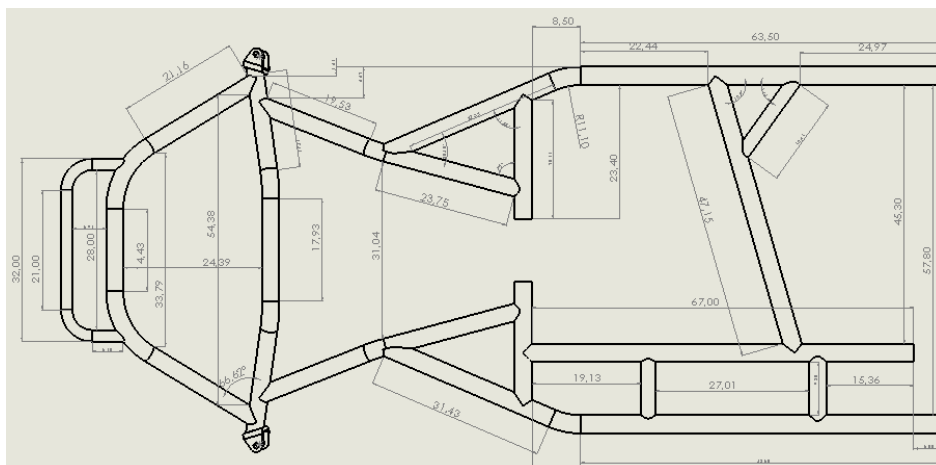
Propiedades	Elementos Químicos	%Mg	%Si	%Fe	%Ti	%Zn	%Mn	%Cu
Resistencia Mecánica		-----	Mayor	Mayor	-----	-----	Mayor	Mayor
Dureza		-----	-----	-----	-----	-----	Mayor	Mayor
Ductilidad		Mayor	-----	Menor	-----	-----	Notable	-----
Resistencia en Caliente		-----	Mayor	Mayor	Mayor	Mayor	-----	Menor
Resistividad Térmica		Menor	Mayor	-----	-----	-----	-----	-----
Resistencia a la Corrosión		Mayor	-----	-----	-----	-----	Igual	Menor

Fuente: Chica, Rocha, Martínez y Cabascango (2019).

Con el material definido se procede a realizar el modelado del go-kart en el software de simulación. El diseño del plano que se observa en la Figura 4 se realizó con el comando miembro estructural, utilizando el tipo tubular, con un tamaño de 26,9 x 3,2, con el que se procederá a realizar un análisis estático y un análisis de frecuencia. Esto, con la finalidad de evaluar el comportamiento de la estructura a una carga de 588N, que es el peso promedio que se le aplica al bastidor de este tipo de estructuras, ya que en competencias profesionales su peso es de alrededor de 70 - 75 kg (Mahapatra, Arora, Aggarwal, Singh, y Manocha, 2020).

**Figura 4**

Planos de la estructura de go-kart.



Fuente: autoría propia, 2024.

El diseño de un prototipo con material alternativo debe generar las garantías que propone el material original. Para ello, un elemento que se toma en cuenta es el factor de seguridad (F.S.). Este proporciona un rango de confiabilidad al nuevo elemento y brinda información sobre el comportamiento, la cantidad de esfuerzo y tensión que se puede aplicar a un artefacto antes de generar un fallo. En este sentido, el factor de seguridad está especificado en las normas de diseño (Gamio, 2014).

La selección del factor de seguridad que debe usarse es una de las tareas más importantes de los ingenieros. Si el factor de seguridad se elige demasiado pequeño, la posibilidad de falla se torna inaceptablemente grande. Por otra parte, si un factor de seguridad es demasiado grande, el resultado es un diseño caro o no funcional. (Beer, Johnston, Dewolf y Mazurek, 2020, p. 29)

La expresión utilizada para encontrar el F.S. se presenta a continuación:

$$F.S. = \frac{\text{Esfuerzo último}}{\text{esfuerzo permisible}}$$

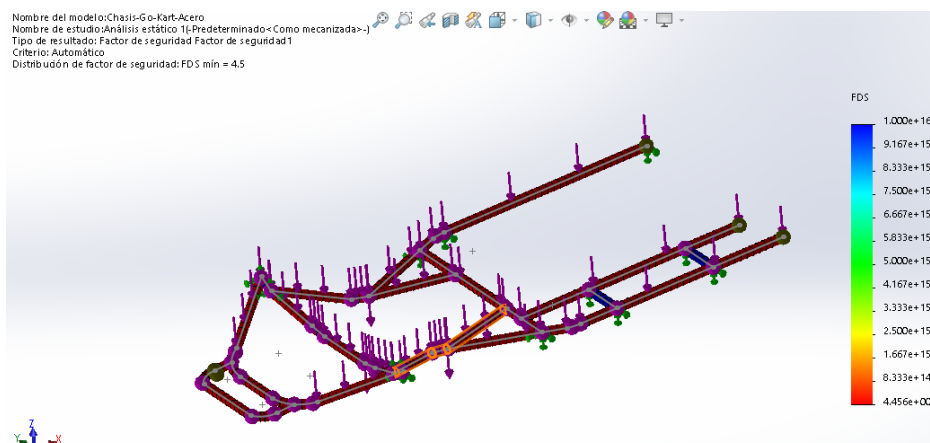
Donde el esfuerzo último hace referencia al que se puede aplicar a un material, también es considerado como el esfuerzo de fluencia último o el esfuerzo de rotura (Gamio, 2014) y (Budynas y Nisbett, 2018). El esfuerzo permisible en ocasiones es considerado como la carga de trabajo, porque esta máxima carga es aplicada a una estructura o maquinaria en condiciones normales de uso y es considerablemente más pequeña que el esfuerzo último (Beer, Johnston, Dewolf y Mazurek, 2020).

### 3. RESULTADOS

La simulación con el acero 1020, presenta un factor de seguridad de 4,5. Este es un promedio muy favorable para que la estructura resista las cargas de peso asignadas, como se observa en la Figura 5.

#### Figura 5

*Análisis del factor de seguridad en acero 1020.*



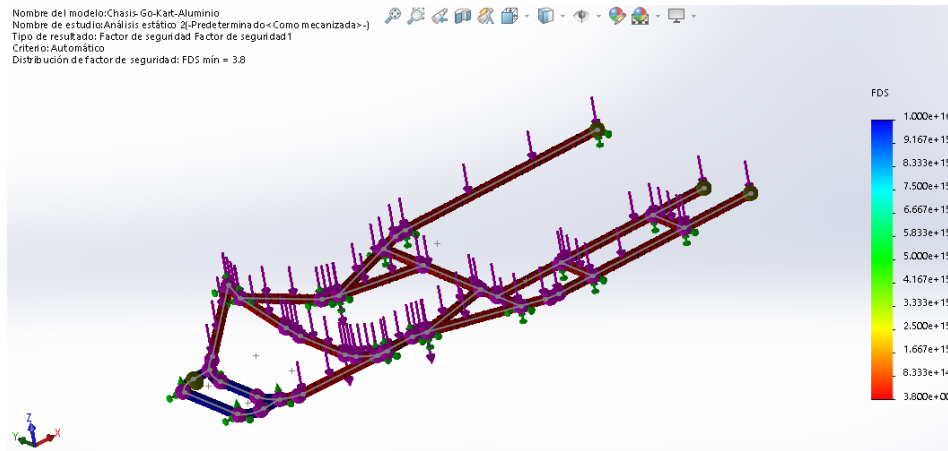
Fuente: autoría propia, 2024.

El análisis del factor de seguridad en el material de aluminio 6061, generó un factor de seguridad de 3,8 que se encuentra muy cercano a lo presentado por el acero 1020, en la Figura 6.



**Figura 6**

Análisis del factor de seguridad en el aluminio 6061.



Fuente: autoría propia, 2024.

El factor de seguridad y el esfuerzo último se utilizarán para encontrar el valor del esfuerzo permisible o el esfuerzo de funcionamiento que tendrá la estructura de acero 1020

$$\text{Esfuerzo permisible} = \frac{393\text{MPa}}{4,5}$$

$$\text{Esfuerzo permisible} = 87,3\text{MPa}$$

El factor de seguridad y el esfuerzo último se utilizarán para encontrar el valor del esfuerzo permisible o el esfuerzo de funcionamiento que tendrá la estructura de aluminio 6061.

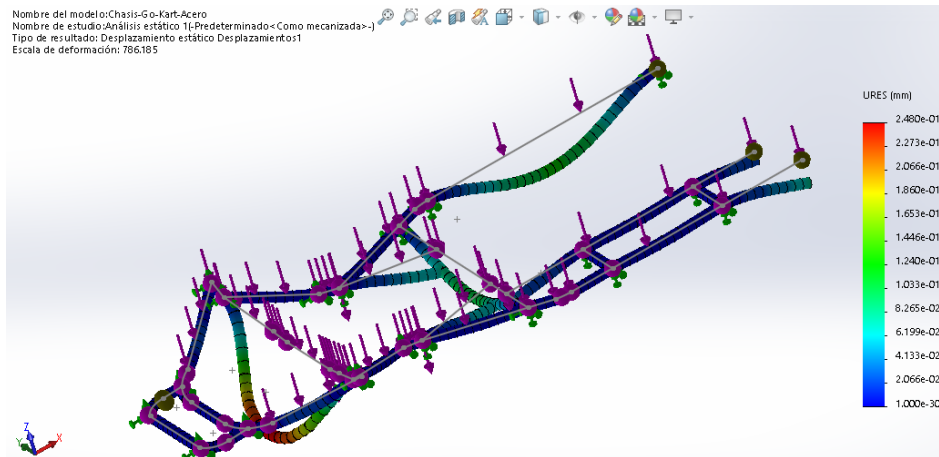
$$\text{Esfuerzo permisible} = \frac{260\text{MPa}}{3,8}$$

$$\text{Esfuerzo permisible} = 68,4\text{MPa}$$

El análisis del acero 1020, en cuanto al desplazamiento máximo que se genera en el cuerpo expuesto a carga, presenta un valor 0,08mm en la zona central de la estructura como se puede apreciar en la Figura 7.

**Figura 7**

Análisis de desplazamiento en el acero 1020.

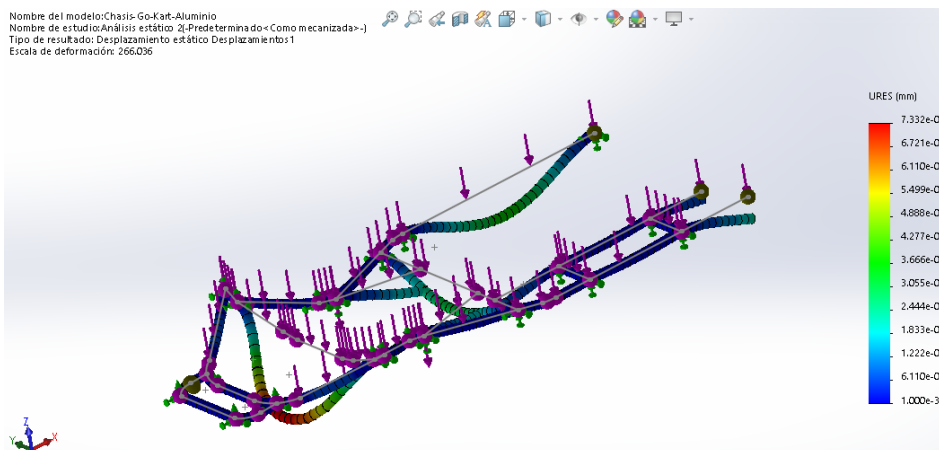


Fuente: autoría propia, 2024.

El análisis de desplazamiento en el aluminio 6061 presenta un valor de 0,7mm presente en la parte central de la estructura, como se puede observar en la Figura 8.

**Figura 8**

Análisis de desplazamiento en el aluminio 6061.

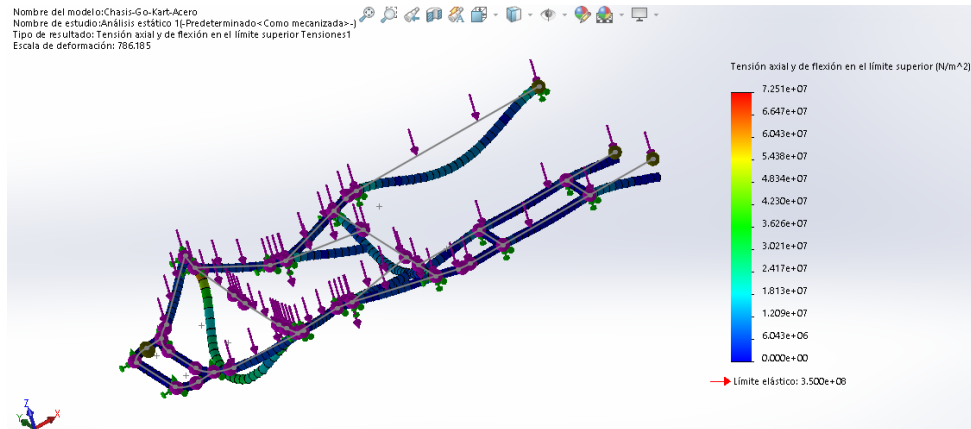


Fuente: autoría propia, 2024.

La tensión a la que está sometido el acero 1020 es de 72MPa. La estructura y el material generan un límite elástico de 350MPa como se puede visualizar en la Figura 9.

**Figura 9**

*Análisis de tensión y flexión en el acero 1020.*

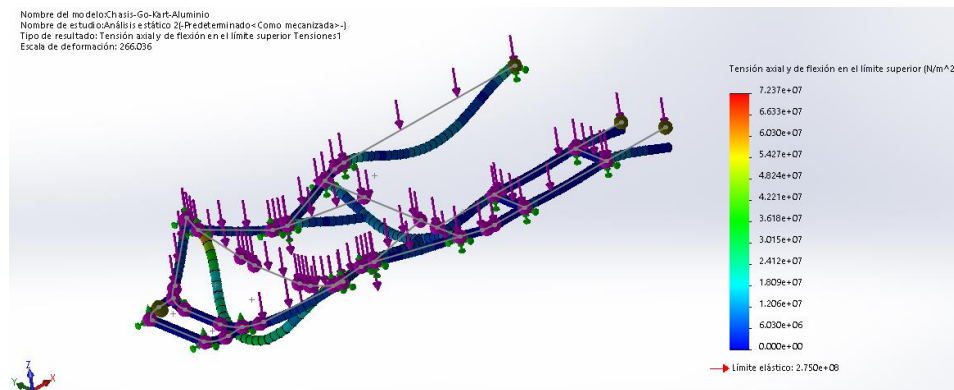


Fuente: autoría propia, 2024.

En el análisis de la estructura de aluminio 6061, expuesto a una carga generó un límite elástico de 275MPa y un valor de tensión y flexión de 72MPa, presente en la parte central delantera de la estructura, como se puede observar en la Figura 10.

**Figura 10**

*Análisis de tensión y flexión en el aluminio 6061.*

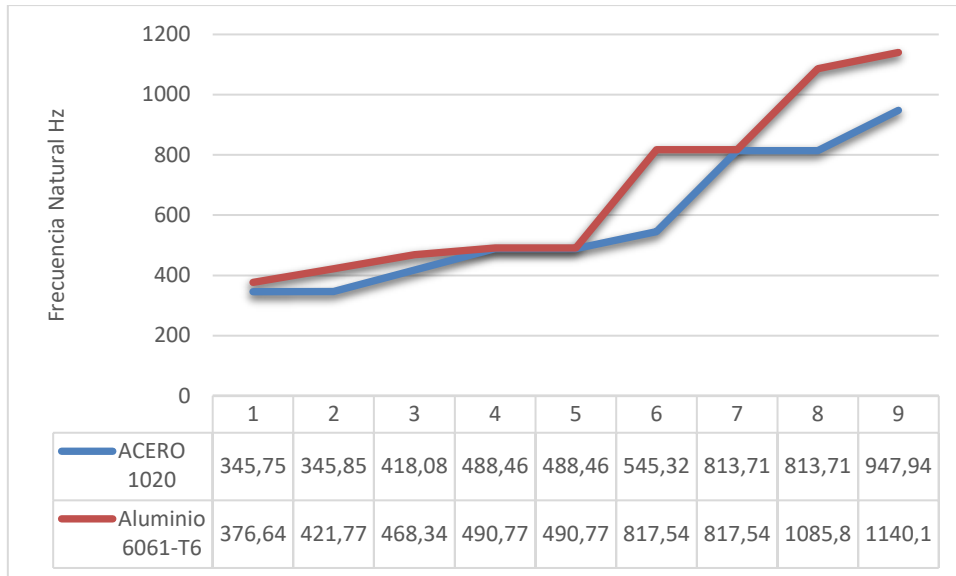


Fuente: autoría propia, 2024.

El análisis de vibración realizado a la estructura se presenta en la siguiente figura. Para este análisis se registró la frecuencia natural de 9 valores, para observar la variación de los valores iniciales y finales del periodo que se encuentra a prueba como se observa en la Figura 11.

**Figura 11**

Valores de frecuencia natural en los dos materiales a prueba.



Fuente: autoría propia, 2024.

#### 4. DISCUSIÓN

Las pruebas de simulación en la estructura y en los dos materiales utilizados, evidencian el comportamiento teórico que tiene el artefacto con el material original y el nuevo material que se quiere utilizar. El factor de seguridad resultante en el acero 1020 es de 4,5, con el que se obtuvo una carga permisible de 87,3MPa. En el caso del aluminio 6061, se obtuvo un factor de seguridad de 3,8, con el que se calculó una carga permisible de 68,42. Estos esfuerzos son los que se encuentran presentes en el momento del funcionamiento de la estructura del *go-kart*, sin embargo, en la simulación de tensión en ambos materiales el esfuerzo de tensión y la flexión es de 72MPa; para el material de acero no se tendría ningún problema de funcionamiento, pero, en el caso del elemento de aluminio, la estructura estaría trabajando al límite, sin embargo, para que un diseño se considere adecuado el F.S. debe ser mayor a 1, (Beer, Johnston, Dewolf y Mazurek, 2020), (Kalpakjian, y Schmid, 2021), (Meza, Tamayo, y Franco, 2015) y (Norton, 2013). En el caso que el artefacto pueda sufrir cambios de diseño, sí se cumplen los parámetros en ambas estructuras.

El límite de elasticidad presente en el acero es de 350MPa y en el aluminio es de 275MPa. En el estudio realizado por Kumar, Singh, Maurya y Ajay (2019), se presenta un módulo de elasticidad de 297.7MPa. En este escenario, el aluminio tendría dificultades si se aplica más peso y llevaría a las oscilaciones de la estructura al límite, sin embargo, si se revisan los valores de desplazamiento que se obtuvieron en la simulación, se puede observar claramente que el desplazamiento de la estructura de acero con 0,08mm, considerablemente menor en referencia a la del aluminio que presentó un desplazamiento de 0.7mm. Este desplazamiento concuerda con el estudio realizado por Chica et al (2019), que obtuvo un desplazamiento de 0,75544mm, a pesar que la elongación que tiene el aluminio es

Cabascango Camuendo, C., Acuapiña Guaman, R. (2023). Análisis estructural al chasis de un go-kart de aluminio 6061. *Revista Cotopaxi Tech*, 3(2), 70-83.

<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/128>

julio - diciembre (2023) ISSN 2806-5573

de 17%, en comparación con la elongación que presenta el acero 35% (Beer, Johnston, Dewolf, y Mazurek, 2020).

La observación anterior se realiza porque en el estudio realizado por Kumar, Singh, Maurya, y Ajay (2019), menciona que la principal preocupación es “producir vehículos livianos a bajo costo. Sin embargo, debido al marco del chasis liviano, no podrá soportar las vibraciones causadas por las fuerzas dinámicas del motor, las irregularidades de la carretera y todas las demás cargas” (p. 189). A pesar que la densidad del aluminio  $2710\text{g/cm}^3$  sea menor que la del acero  $7870\text{g/cm}^3$  y esto genere que la estructura de aluminio se vuelva más liviana y sea propensa a generar mayores vibraciones, la característica flexible del aluminio reduce estas vibraciones como se pudo observar en la Figura 11, donde las vibraciones presentes en la estructura de aluminio no tienen diferencias significativas como si las presenta el acero.

## 5. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES

La estructura de acero presenta un límite elástico mayor al que presenta el de aluminio, sin embargo, las tensiones a las que se encuentra sometida no supera los 72MPa. Con esto, se puede mencionar que la estructura de aluminio, al ser un elemento más liviano, sufre una mayor vibración, pero soporta cargas muy similares a las del acero, según el análisis teórico que se ha realizado.

El aluminio con una estructura tubular de diámetro  $26,9 \times 3,2$ , presenta una carga permisible menor que la obtenida en el estudio de simulación. Esto puede generar un riesgo a la estructura y para evitar ese escenario, las opciones que se podrían barajar es la reducción del factor de seguridad. Esto llevaría a buscar una aleación de la misma familia, pero que presente una mayor resistencia última a la tensión o el cambio se puede realizar en el grosor del tubo, lo que aportaría más rigidez. Consecuentemente, dicho cambio aumentaría el peso de la estructura, pero se mantendría con un peso menor en comparación al acero, por el hecho que la densidad del aluminio es menor a la del acero.

## 6. REFERENCIAS

- Barajas Aguilar, N., C.; García Lara, A., (2016). M. y Equihuan Guillen, L., Tendencia de los aceros y su aplicación en la industria automotriz. *Ciencia Cierta*, 48, 1-12.
- Beer, F., P., Johnston, E., R., Dewolf, J., T. y Mazurek, D., F. (2020) *Mecánica de materiales*, Mc Graw Hill, Mexico
- Budynas, R., G. y Nisbett, J., K. (2018) *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Mc Graw Hill, Mexico
- Chica Castro, L. A., Rocha Hoyos, J. C., Martínez Gomez, J., & Cabascango Camuendo, P. (2019). Análisis del sistema de producción y caracterización microestructural para evaluar el comportamiento mecánico de chasis de vehículo fabricado por extrusión. *Ciencia Digital*, 3(1), 461-486. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i1.349>
- Cabascango Camuendo, C., Acuapiña Guaman, R. (2023). Análisis estructural al chasis de un go-kart de aluminio 6061. *Revista Cotopaxi Tech*, 3(2), 70-83. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/128>
- julio - diciembre (2023) ISSN 2806-5573

- Fernández, García, P., Vallejo, Seco, G., Livacic, Rojas, P., E. y Tuero, Herrero, E. (2014) Validez Estructurada para una investigación cuasi-experimental de calidad. Se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales, *Anales de Psicología*, 30(2), 756-771 <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.30.2.166911>
- FENALCO, (2009). Comportamiento del Mercado Automotor Acumulado a diciembre de 2.008. Bogotá,
- Gamio, Arisnabarreta, L., E. (2014) Resistencia de materiales, teoría y aplicación, Macro, Lima, Perú
- Kalpakjian, S. y Schmid, S., R., (2021) Manufacturing Engineering and Technology in SI Units. Pearson, 8<sup>th</sup> edición, USA
- Kumar, Malla, H., Kotha, N., Radhakrishnan, V., Tharun, S. y Kashyap, S. (2022) Design, análisis and manufacturing of GO-KART chasis, *International Journal for Modern Trends in Science and Technology*, 8(2), 188-199 <https://doi.org/10.46501/IJMTST0802032>
- Kumar, Saini, N., Singh, Panwar, M., Maurya, A. y Ajay, Singh, P. (2019) Design and Vibration Analysis of Go-kart Chassis, *International Journal of Applied Engineering Research*, 14(9), 53-57
- Kleiner, M., Geiger, M. y Klaus, A., (2017). Manufacturing of Lightweight Components by Metal Forming. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*. 52(2), 521-542. [doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)60202-9](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)60202-9)
- Mahapatra, P., Arora, G., Aggarwal, M., Singh, S. y Manocha, R. (2020) Impact behaviour analysis of a newly designed go-kart chassis, *Indian Journal of Science and Technology*, 13(23), 2336-2344 <https://doi.org/10.17485/IJST/v13i23.502>
- Mallen Z. R., Tarr S., Dykeman J. (2008). Recent Applications of High Strength Steels in North American Honda Production. Honda R&D Americas Inc.
- Meza, C., A., Tamayo, F. y Franco, E., E. (2015) Optimización topológica aplicada al diseño de componentes estructurales mecánicos de peso reducido, *El hombre y la máquina*, (46), 72-79
- Singh, Mayank Kumar, (2016). Application of Steel in automotive industry. *International Journal of Emerging Technology and Advance Engineering*. 6(7), 246-253