



INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en
Mecánica Automotriz**

Autor: Bryan Fabián Carranza Proaño

Tutor: Ing. Virgilio Ramos. MSc.

**Sustitución de Plásticos Derivados del Petróleo por Bioplásticos
Derivados de Ácido Poliláctico en Estructuras de Filtros de Aire
de Motor para Motores Atmosféricos**

Certificado de Autoría

Yo, Bryan Fabián Carranza Proaño, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad intelectual, reglamento y leyes.

Bryan Fabián Carranza Proaño

C.I: 0924517329

Aprobación del Tutor

Yo, Virgilio Ramos certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su seguridad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Virgilio Ramos. MSc.
Director del Proyecto

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi Padre todopoderoso el cual me ha guiado a través de estos años, en los cuales me he desarrollado como persona y como profesional, puesto que gracias a su apoyo he podido culminar esta etapa de mi vida.

Dedico este trabajo a mi esposa, hijo y padres cuyo aporte ha sido fundamental para finalizar este trabajo; asimismo, a los docentes y compañeros que fueron parte de mi vida durante este periodo.

Bryan Fabián Carranza Proaño

Agradecimiento

Agradecido con mi Padre todopoderoso por moldearme a través del paso por la universidad y permitirme finalizar este proyecto. Agradezco de manera especial a mi esposa y mis padres que gracias a su apoyo emocional y económico he podido finalizar este periodo de mi vida.

Muchas gracias.

Bryan Fabián Carranza Proaño

Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice General.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tablas.....	xiii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
Introducción.....	1
Capítulo I.....	2
Problema de la Investigación.....	2
1.1 Tema de Investigación.....	2
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema.....	2
1.2.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2.2 Formulación del Problema.....	3
1.2.3 Sistematización del Problema.....	3
1.3 Objetivos de la Investigación.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	4
1.4.1 Justificación Teórica.....	4

1.4.2	<i>Justificación Metodológica</i>	5
1.4.3	<i>Justificación Práctica</i>	5
1.4.4	<i>Delimitación Temporal</i>	5
1.4.5	<i>Delimitación Geográfica</i>	5
1.4.6	<i>Delimitación del Contenido</i>	6
	Capítulo II.....	7
	Marco de Referencia	7
2.1	Marco Teórico.....	7
2.1.1	<i>Conceptos Preliminares</i>	8
2.1.2	<i>Plásticos</i>	8
2.1.3	<i>Bioplásticos</i>	10
2.1.4	<i>Ácido Poliláctico</i>	14
2.1.5	<i>Filtros de Aire</i>	16
2.1.6	<i>Motores Atmosféricos</i>	17
2.1.7	<i>Impresión 3D</i>	19
2.1.8	<i>Aplicación del PLA en la Industria Automotriz</i>	21
2.2	Marco Conceptual	24
2.2.1	<i>Impacto Ambiental</i>	24
2.2.2	<i>Política Ambiental en el Ecuador</i>	25
2.2.3	<i>Reciclaje de Desechos Automotrices en el Ecuador</i>	27
	Capítulo III.....	30
	Sustitución de Plásticos Derivados del Petróleo por Bioplásticos Derivados de Ácido Poliláctico en Estructuras de Filtros de Aire de Motor para Motores Atmosféricos	30

3.1	Enfoque de la Investigación	30
3.2	Diseño Metodológico	30
3.3	Costo Materia Prima	30
3.4	Obtención de PLA.....	33
3.5	Fabricación de Marco de Filtro de Aire con Material PLA Mediante Impresión 3D	34
3.5.1	<i>Proceso de Fabricación</i>	35
3.5.2	<i>Análisis de la pieza</i>	36
3.5.3	<i>Diseño de Prototipo</i>	37
3.5.4	<i>Preparación del Archivo</i>	37
3.5.5	<i>Ajuste de los Parámetros</i>	38
3.5.6	<i>Impresión del Prototipo</i>	38
3.6	Ensamblaje del Filtro de Aire	39
3.7	Instalación del Filtro de Aire en el Vehículo	43
3.8	Factores a los que estará Sometido el Prototipo de Filtro de Aire Fabricado	45
	Capítulo IV.....	53
	Seguimiento de Prueba y Análisis de Resultados del Prototipo de Filtro de Aire Fabricado con Biopolímeros de Ácido Poliláctico	53
4.1	Seguimiento de Prueba del Prototipo de Filtro de Aire Fabricado con Biopolímeros de Ácido Poliláctico.....	53
4.2	Análisis de Resultados del Prototipo de Filtro de Aire Fabricado con Biopolímeros de Ácido Poliláctico.....	56
	Conclusiones	58
	Recomendaciones	59

Bibliografía	60
Anexos	64

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Elementos Plásticos</i>	9
Figura 2 <i>Bolas de Billar</i>	10
Figura 3 <i>Bioplásticos Mazda</i>	12
Figura 4 <i>Bioplásticos de Ácido Poliláctico</i>	15
Figura 5 <i>Filtros de Aire</i>	17
Figura 6 <i>Motor de Combustión Interna Atmosférico</i>	19
Figura 7 <i>Impresión 3D</i>	20
Figura 8 <i>Depurador Fabricado con Plantura</i>	23
Figura 9 <i>Desechos Plásticos</i>	24
Figura 10 <i>Impacto Ambiental Automotriz</i>	26
Figura 11 <i>Reciclaje de Neumáticos</i>	28
Figura 12 <i>Reciclaje Automotriz</i>	29
Figura 13 <i>Polímero PPK8303</i>	31
Figura 14 <i>Polímero PLA</i>	32
Figura 15 <i>Obtención de Ácido Poliláctico</i>	33
Figura 16 <i>Estructura Filtro de Aire Original</i>	36
Figura 17 <i>Prototipo Filtros de Aire 3D</i>	37
Figura 18 <i>Correcciones de Diseño</i>	38
Figura 19 <i>Prototipo de Filtro de Aire Impreso Mediante Proceso 3D</i>	39
Figura 20 <i>Papel Filtrante</i>	40
Figura 21 <i>Estructura Modelo y Estructura Prototipo</i>	40
Figura 22 <i>Impresión Prototipo de Soporte para el Papel Filtrante</i>	41

Figura 23 <i>Pegamento Super Bonder</i>	42
Figura 24 <i>Prototipo de Filtro de Aire Ensamblado</i>	42
Figura 25 <i>Vehículo de Prueba</i>	43
Figura 26 <i>Instalación del Prototipo y Kilometraje del Vehículo</i>	45
Figura 27 <i>Parámetros del Motor</i>	46
Figura 28 <i>Elección de material en Inventor</i>	47
Figura 29 <i>Configuración de Malla</i>	48
Figura 30 <i>Aplicación de Malla</i>	48
Figura 31 <i>Determinación de superficies</i>	49
Figura 32 <i>Aplicación de esfuerzos</i>	50
Figura 33 <i>Iniciar Análisis de Tensión</i>	50
Figura 34 <i>Desplazamiento Máximo de la estructura</i>	51
Figura 35 <i>Tensión de Von Mises</i>	51
Figura 36 <i>Coefficiente de Seguridad</i>	52

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Costo Materia Prima</i>	32
Tabla 2 <i>Costo de Producción de 1 Kg de PLA</i>	34
Tabla 3 <i>Costos de Fabricación</i>	43
Tabla 4 <i>Datos Vehículos de Prueba</i>	44
Tabla 5 <i>Toma de Temperatura de Filtro</i>	44
Tabla 6 <i>Propiedades Mecánicas PLA</i>	46
Tabla 7 <i>Parámetros del Motor vs Propiedades del Ácido Poliláctico</i>	47
Tabla 8 <i>Resultados Primera Inspección</i>	53
Tabla 9 <i>Resultados de la Segunda Inspección</i>	55

Resumen

Este proyecto de titulación expuesto surgió como una necesidad de utilizar materiales alternativos para la fabricación de partes automotrices. Esto debido a la elevada demanda de repuestos y piezas de recambio que afronta Ecuador actualmente dado que tales materiales generan una gran cantidad de desechos dañinos para el medioambiente. Considerando esta afectación ambiental, esta investigación se propuso el uso de un bioplástico derivado del ácido poliláctico como alternativa para la fabricación de estructuras de filtros de aire. Se espera que dicho material sea capaz de soportar las condiciones de funcionamiento a las que está sometido un filtro de aire común. Para lograr su fabricación, se utilizó el método de impresión 3D. De la misma forma, mediante un estudio investigativo, se determinó la rentabilidad de sustituir el plástico derivado del petróleo por bioplásticos procedentes del ácido poliláctico. Como resultado, se concluyó que la sustitución de plásticos provenientes del petróleo por bioplásticos derivados de ácido poliláctico no es rentable en Ecuador para este momento, debido al alto costo de adquisición y producción de la materia prima. Con respecto a sus prestaciones físicas, el material soportó las condiciones de funcionamiento a las que se lo sometió.

Palabras clave: Bioplásticos, ácido poliláctico, filtro de aire, impresión 3D

Abstract

This degree-seeking project emerged as a need to use alternative materials for manufacturing automotive parts. This due to the high demand for replacement and spare parts that Ecuador currently faces given that such materials generate a large amount of harmful waste to the environment. Considering this environmental damage, this research proposed the use of a bioplastic derived from polylactic acid as an alternative for the manufacturing of air filter structures. It is expected that the material can withstand the operating conditions to which a common air filter is subjected. To achieve its manufacturing, the 3D printing method was used. Similarly, through an investigative study, the profitability of replacing petroleum-derived plastic with bioplastics from polylactic acid was determined. As a result, it was concluded that the replacement of plastics from petroleum by bioplastics derived from polylactic acid is not profitable in Ecuador at this time, due to the high cost of acquiring and producing the raw material. In regard to physical performance, the equipment bore the operating conditions to which it was subjected.

Keywords: Bioplastics, polylactic acid, air filter, 3D printing

Introducción

En la era actual, la industria automotriz se encuentra en un punto crucial de transformación, impulsada por la creciente conciencia ambiental y la necesidad de reducir la huella de carbono. Debido a esto, la elección de materiales desempeña un papel fundamental en la búsqueda de soluciones sostenibles. Los plásticos, ampliamente utilizados en la fabricación de vehículos, han sido objeto de críticas por su impacto negativo en el medio ambiente debido a su gran demanda lo que impulsa a la industria a buscar soluciones amigables con el medio ambiente. Por lo tanto, esta tesis se centra en explorar una alternativa para la sustitución de los plásticos tradicionales provenientes del petróleo por bioplásticos de ácido poliláctico, analizando su rentabilidad. Estos materiales alternativos no solo presentan propiedades mecánicas adecuadas para su uso en componentes automotrices, sino que ofrecen la ventaja de una menor huella de carbono y una disminución en la dependencia de recursos no renovables.

Al explorar el uso de bioplásticos de ácido poliláctico para la sustitución de elementos automotrices esta investigación aspira promover su aplicación para futuros vehículos de la industria automotriz.

Capítulo I

Problema de la Investigación

1.1 Tema de Investigación

Sustitución de plásticos derivados del petróleo por bioplásticos derivados de ácido poliláctico en estructuras de filtros de aire de motor para motores atmosféricos.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

Actualmente, el parque automotor demanda una gran cantidad de reparaciones, las cuales van desde mantenimientos preventivos hasta los correctivos. Estos generan una gran cantidad de desechos plásticos que, particularmente en el Ecuador, no son desechados de la manera adecuada.

1.2.1 Planteamiento del Problema

La mayoría de los desperdicios automotrices en el Ecuador no son tratados según la norma o lineamiento ecológico, simplemente son desechados con el resto de residuos cotidianos producidos por un taller o con los de un hogar donde el propietario de un vehículo realizó por sí mismo algún tipo de mantenimiento. Por lo tanto, este tipo de acciones produce una gran contaminación al medioambiente. En contraste, para reducir el uso de plásticos de origen del petróleo, se propuso el uso de bioplásticos cuyo origen proviene del ácido poliláctico, un polímero biodegradable que se produce a partir del ácido láctico, el cual se obtiene de productos ricos en almidón como el maíz, el trigo, la yuca, el almidón. También se puede extraer de la caña de azúcar, materia prima que se planteó reemplazar por los plásticos utilizados en las estructuras de filtros de aire en la actualidad. Cabe mencionar que el ácido poliláctico posee características que la vuelven una gran propuesta de sustitución del plástico derivado del petróleo debido a lo siguiente:

- Fácil de manipulación.
- Posee gran resistencia a la grasa y humedad.
- Resistencia a rayos UV.

- Inflamabilidad baja.
- De acuerdo a la técnica que se emplee para su fabricación puede ser flexible o rígido.
- Se puede degradar en agua y oxido de carbono.

1.2.2 Formulación del Problema

¿Es rentable la sustitución de plásticos derivados del petróleo por bioplásticos derivados del ácido poliláctico en estructuras de filtros de aire de motor para motores atmosféricos?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿El costo y la disponibilidad de la materia prima de bioplásticos derivados del ácido poliláctico será un factor favorable en comparación al de los plásticos derivados del petróleo?
- ¿Es posible la fabricación de un filtro de aire mediante el método de impresión 3D?
- ¿Soportará el filtro de aire fabricado con bioplásticos de ácido poliláctico al trabajo sometido por un motor atmosférico?
- ¿Los datos obtenidos serán los suficientes para determinar la rentabilidad de la sustitución de plásticos derivados del petróleo por bioplásticos derivados del ácido poliláctico?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Determinar la rentabilidad de sustituir plásticos derivados del petróleo por bioplásticos procedentes del ácido poliláctico en estructuras de filtros de aire de motor para motores atmosféricos.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

- Evaluar el valor y la disponibilidad de la materia prima de bioplásticos derivados del ácido poliláctico versus los derivados del petróleo.
- Fabricar utilizando el método de impresión 3D el filtro de aire de bioplásticos derivados de ácido poliláctico.
- Someter al trabajo de un motor atmosférico el filtro de aire fabricado con bioplásticos derivados del ácido poliláctico.
- Valorar la información obtenida al comparar ambos materiales.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

1.4.1 *Justificación Teórica*

El impacto producido por la fabricación y posterior consumo de plásticos derivados del petróleo ha provocado un daño considerable al medioambiente, debido al escaso o nulo tratamiento que se le da después de usar estos materiales para evitar que lleguen al entorno de manera dañina.

Por lo tanto, la gran demanda y la versatilidad de este producto son factores clave para entender el porqué del uso de este material de manera desmedida. Así, la mayoría de los usuarios de estos productos ignoran que este material contamina tierras de sembrado, ríos y mares y, por ende, contamina y perjudica la salud de los animales del entorno. Por ello, muchas organizaciones y empresas que utilizan este tipo de material para ofrecer sus productos, están optando por nuevas fuentes para la fabricación de estos como es el caso de bioplásticos. En efecto, los bioplásticos son materiales biodegradables procedentes de recursos renovables. Hoy en día su uso va en aumento debido a que presenta una alternativa para dejar a un lado el uso desmedido de plásticos derivados del petróleo.

1.4.2 Justificación Metodológica

A través de esta investigación se planteó el uso de un material biodegradable para la fabricación de la estructura de filtros de aire para vehículos atmosféricos; mediante dicha investigación se determinaron los costos de fabricación; igualmente, se sometió a pruebas de funcionamiento donde se analizó el comportamiento del material en comparación de un filtro fabricado con derivados del petróleo. De este modo, se pudo precisar la rentabilidad del uso de estos bioplásticos para esta aplicación en específico.

1.4.3 Justificación Práctica

Los resultados obtenidos a través de esta investigación servirán de ayuda para direccionar si el uso de bioplásticos en piezas de recambio, como lo es el filtro de aire de motor, es rentable en cuanto a costo, durabilidad e impacto ambiental. Además, esto motivaría a la industria automotriz del Ecuador, que, al momento, poco o nada se hace con los desperdicios generados por la industria para aportar de esta manera con la disminución del impacto ambiental producido por el uso de plásticos fabricados de origen del petróleo.

1.4.4 Delimitación Temporal

El trabajo se desarrolló desde el mes de noviembre de 2022 hasta octubre de 2023, tiempo en el cual se logró fabricar y poner a prueba el filtro fabricado por bioplásticos derivados de ácido poliláctico.

1.4.5 Delimitación Geográfica

La fabricación y las pruebas a las que se sometió el filtro de aire fabricado con bioplásticos (PLA) se realizaron dentro de la ciudad de Guayaquil.

1.4.6 Delimitación del Contenido

El proyecto de investigación presentado tuvo como fin someter a prueba una alternativa de plásticos para la fabricación de elementos de alta rotación en la industria automotriz, como lo es el filtro de aire.

Capítulo II

Marco de Referencia

2.1 Marco Teórico

La industria automotriz ha optado por el uso de plásticos derivados del petróleo durante mucho tiempo; de tal manera que se ha aprovechado sus propiedades para desarrollar tecnología que ha contribuido al desarrollo de la humanidad. Sin embargo, este ha provocado un gran impacto al medioambiente después de su uso. Al día de hoy es evidente que esta falta de conciencia y responsabilidad está pasando factura; lo anterior se puede apreciar en el cambio climático que se presencia actualmente. El descongelamiento de los polos, la aparición de nuevas enfermedades y la gran cantidad de diversos tipos de cáncer que ha desarrollado en el ser humano debido a la alimentación proviene de ríos, mares y sembríos contaminados por plásticos.

Por otro lado, los bioplásticos son un tipo de plásticos que se caracterizan por estar fabricados a partir de materiales orgánicos (de ahí que se denominen con el prefijo “bio”) y que, en consecuencia, son biodegradables (Arriols, 2018).

En esa medida, la producción de bioplásticos se da partir de productos de origen vegetal. En la actualidad se puede contar con diferentes tipos que cuentan con diferentes aplicaciones según la necesidad del consumidor. Así, se pueden obtener los bioplásticos de diferentes plantas, tales como la soja, la papa o el maíz. Estos después de pasar por un proceso de sintetización tendrán la apariencia de un típico plástico que se suele utilizar, pero a nivel molecular serán totalmente diferentes.

Estos bioplásticos se fabrican a partir de plantaciones que se producen de forma expresa para tal fin. De este modo, en lugar de destilar petróleo para crear plástico, se cosechan diferentes

plantas que, mediante procesos químicos en laboratorio, dan como resultado materias primas útiles para la fabricación de bioplásticos (Arriols, 2018).

2.1.1 Conceptos Preliminares

Los plásticos en la industria automotriz son materiales que se han usado durante mucho tiempo, lo que ha facilitado la fabricación y ha mejorado las prestaciones de los vehículos. Algunas de estas características son el fácil manejo del material, el peso reducido, la alta resistencia, alta duración, el costo bajo y se podría decir que es una abundante fuente de materia prima. A raíz de estos factores se ha optado por su uso y fabricación de forma desmedida, sin tener en cuenta el impacto al medioambiente que produce después de su uso. Por tal motivo, muchas empresas están buscando alternativas para la fabricación de plásticos, una de ellas corresponde a la sustitución de plásticos de origen de petróleo por uso de bioplásticos de origen vegetal.

2.1.2 Plásticos

El primer polimérico del que se tiene noticia fue producido por Charles Goodyear en el año 1839. Goodyear consiguió modificar las propiedades mecánicas de la goma natural, extraída del jebe (Árbol del Brasil) mezclándola con azufre y calentándola. Como resultado, esta mezcla consiguió que el caucho obtenido se mantuviera seco y flexible a cualquier temperatura, cuando antes en las épocas de calor, se reblandecía y quedaba pegajoso. Así, Goodyear patentó este producto que se conoció como vulcanización y que pronto encontró muchas aplicaciones y fue transformándose en un producto comercial. Asimismo, dio lugar a las ruedas para coches (ABC-Pack, 2018).

Por su parte, Alexander Parkers realizó un gran aporte durante los inicios del descubrimiento del plástico como tal. Cabe recordar que Parkers no tuvo formación académica física ni química, pero Parkers buscaba sustancias similares a las gomas que estaban en auge. Se

dedicó a estudiar el nitrato de celulosa, que fue obtenido en 1845 por Basel por C.F. Shoenbein. De esto obtuvo un nuevo material, el cual podía ser, hasta cierto punto, rígido como el marfil, flexible, además presentaba resistencia al agua y podía ser moldeado con utensilios metálicos. A este material lo denominó Parkesina. Este no tuvo gran éxito comercial debido al alto costo de producción; no obstante, este aporte fue decisivo para la obtención de lo que hoy se conoce como plástico.

Figura 1

Elementos Plásticos



Fuente: (Mexpolimeros, 2018)

Para 1868, la empresa Phetan and Collard, empresa dedicada a la fabricación de bolas de billar, ofreció USD 10 000 a quien pudiera desarrollar un sustituto para el marfil, este material era utilizado para la fabricación de las bolas de billar y estaba escaseando. Bajo esa circunstancia, John W. Hyatt se puso en la tarea de desarrollar un nuevo material y logró mejorar el producto desarrollado por Parkers. En consecuencia, obtuvo uno económico y más viable mediante la sustitución del aceite de ricino, utilizado por Parkes por el alcanfor. Este resultado se denominó celuloide y las bolas de billar producidas pueden considerarse como el primer producto plástico producido. El celuloide se patentó en 1870.

Figura 2*Bolas de Billar*

Fuente: (Blog Opinar, 2011)

Durante los últimos 50 años los plásticos han remplazado a las piezas metálicas de los automóviles, dado que ayudan a abaratar costos de producción, lo cual optimiza la eficiencia automotriz a través de la reducción del consumo de combustible. Esto hace que los vehículos sean más ligeros. Por último, una característica muy destacable de los plásticos es que son menos corrosivos volviéndolos un material de alto rendimiento. Igualmente, es importante decir que el plástico tiene un mayor potencial de reciclaje que los metales y permite al diseñador de autos tener más libertad creativa.

2.1.3 Bioplásticos

Los bioplásticos forman parte de una clase de materiales poliméricos donde su principal diferencia es su origen y su composición. Estos nacen de la necesidad de encontrar nuevas opciones para materiales que sean más amigables con el ecosistema y, por consiguiente, se incrementa su aplicación debido a la creciente preocupación por los problemas ambientales causados por los

residuos plásticos. Por otro lado, entre sus principales ventajas está su biodegradabilidad y su compostabilidad, esto quiere decir que pueden descomponerse de forma natural debido a la actividad de microorganismos.

Los costos ambientales asociados a la producción de millones de toneladas de materiales desechables y no degradables se hicieron gradualmente evidente en la segunda mitad del siglo XX. En los EE.UU., la crisis del petróleo de 1973 puso en evidencia los problemas de dependencia del petróleo. En 1976 la compañía británica Imperial Chemical Industries (ICI) creó el primer producto que se comercializaría como bioplástico, y en 1983, Biopol® fue presentado como el primer plástico totalmente biodegradable. Los bioplásticos siguieron siendo productos de nicho durante décadas debido a su alto costo. Biopol® llegó a costar 20 veces más que un plástico convencional. A partir de la década de los noventa el interés por los bioplásticos se incrementa favorablemente y hoy en día el mercado de los bioplásticos son una realidad y es posible encontrar productos elaborados a partir de estas materias primas (ZEAplast, s.f.).

Mazda Motor Corporation, con sede en Hiroshima, Japón, ha desarrollado un plástico de ingeniería biobasado apropiado para partes exteriores de automóviles. El nuevo bioplástico le ayudará a Mazda a disminuir su impacto ambiental. Hecho con materiales derivados de plantas, reduce el uso de petróleo y por tanto las emisiones de CO₂. El nuevo material, desarrollado en cooperación cercana con Mitsubishi Chemical Corp. (Tokio, Japón) está basado en Durabio, de Mitsubishi Chemical, una resina de bio-policarbonato derivada principalmente de isosorbida, proveniente de plantas (Tecnología del Plástico, 2015).

Figura 3

Bioplásticos Mazda



Fuente: (Tecnología del Plástico, 2015)

La industria automotriz es pieza clave para el desarrollo de la economía global. Lo anterior obliga a los fabricantes a ser innovadores y vanguardistas en cuanto al uso de nuevos materiales que mejoren las prestaciones del plástico tradicional de origen del petróleo. En esa medida, los fabricantes automotrices apuestan a los bioplásticos donde estos están siendo adoptados para diversas aplicaciones desde componentes interiores hasta piezas de exteriores. Por otro lado, a nivel de la industria automotriz los bioplásticos más utilizados son los siguientes:

- Fibras naturales

Los plásticos se mezclan con fibras naturales para volverse más fuertes denominándose compuestos. Las fibras naturales utilizadas con mayor frecuencia son la soja, la celulosa y el lino. El compuesto que más se conoce es la fibra de vidrio.

- Biopoliamidas

Son derivadas del ricino, denominadas termoplástico. Dicha solución ecológica se caracteriza por ser bastante resistente al calor y a los químicos; también son singulares por ser rígidos y presentar buena apariencia. Es mayormente utilizado para piezas de fricción y líneas de combustibles.

- Compuesto basado en ácido poliláctico (PLA)

Es un biopolímero de los más recientes. Son destacables gracias a su resistencia a temperaturas de hasta de 140 °C, resistencia a los rayos ultravioletas y al impacto. A su vez, consta de ventajas que ayudan al diseñador, como su grandiosa coloración, alto brillo y su gran estabilidad dimensional.

- Succionato de polibutileno (PBS)

Es un polímero biodegradable de origen vegetal, el cual se sintetiza a partir de ácido succínico, es de gran utilidad en el área automotriz gracias a su gran resistencia al calor y a la tracción.

- Polipropileno biobasado (Bio-PP)

Es empleado en parachoques, alerones de techo, paneles de carrocería, paneles de puertas, cubiertas de baterías y protectores contra salpicaduras.

Todos estos derivados generan una gran rama de aplicaciones no solo en la industria automotriz, sino para la fabricación de elementos cotidianos. Además, en una época donde se necesita reducir el daño ambiental el bioplástico promete ser una buena opción.

Existen tres principales ventajas que hacen a los bioplásticos mejores sobre los plásticos fósiles como son los siguientes:

- Impacto social

Mediante los bioplásticos se pueden ofrecer nuevas oportunidades al sector agrícola; de este modo, se evita que el dinero persista en los grandes petroleros, lo que reduce así las influencias geopolíticas.

- Sostenibilidad

Cada día aumentan las legislaciones y las preocupaciones sobre el cambio climático y sobre cómo disminuir las emisiones de CO₂. Por otro lado, la huella de carbono que presentan los bioplásticos los hacen más favorables que los plásticos que se derivan de material fósil

- Rendimiento

El uso de materiales a base de fibras vegetales ayuda a reducir hasta un 20 % del peso de partes de un automóvil, lo cual aporta un mejor desempeño del vehículo y reduce el consumo de combustible.

2.1.4 *Ácido Poliláctico*

El PLA pertenece a los poliésteres como un polímero sintético biodegradable. Asimismo, es denominado como un termoplástico, dado que este a temperaturas altas se ablanda y a temperaturas bajas o al enfriarse se endure, pero de forma reversible. Este material se deriva de recursos renovables y naturales como pueden ser el maíz, trigo, y productos ricos en almidón. La extracción de este último se debe realizar en productos no refinados mediante un molido humidificado, es así que el almidón que se obtiene se convierte en glucosa mediante un proceso denominado hidrólisis ácida o enzimática, luego a través de microorganismos, como son las bacterias *Lactobacillus delbrueckii*, proceden a fermentarlo y formar el ácido láctico que, a su vez, se transforma en poliláctida. Posteriormente, se produce la apertura de los anillos de láctidas por

polimerización. Como resultado, queda un material con propiedades similares a los polímeros a base de petróleo.

Figura 4

Bioplásticos de Ácido Poliláctico



Fuente: (Medium, 2019)

Este puede degradarse en pocos días o en pocos meses; sin embargo, para que esto suceda debe estar expuesto a condiciones de compostaje industrial, en la cual son necesarias la humedad y la temperatura por encima de 55-70 °C, siendo controladas en presencia de microorganismos.

Por otro lado, el PLA se caracteriza por tener propiedades mecánicas muy parecidas a los polímeros derivados del petróleo, a diferencia que el PLA es de baja elongación. Adicionalmente, una de las cosas que hace al PLA interesante consiste en que, a través de la exposición a diferentes grados de temperaturas, este puede llegar a ser igual de duro que el acrílico y blando como el polietileno.

2.1.5 Filtros de Aire

El filtro de aire es un elemento esencial en el sistema de admisión, dado que está diseñado para proteger el motor y mejorar la calidad de aire que ingresa a este. En esa medida, su principal función se basa en evitar el ingreso de partículas de polvo, insectos y cualquier otro objeto que pudiese llegar al sistema de admisión. En las primeras décadas de la industria automotriz estuvieron presentes innumerables fallos en los motores de combustión interna, a causa de un mal diseño o por factores externos, como el entorno donde trabajaban estas máquinas. Uno de estos factores era el polvo, la gran concentración de este se debía a que, casi en su totalidad, las carreteras eran de tierra y no estaban asfaltadas.

Por lo tanto, las partículas de polvo ingresaban por la admisión generando su acumulación, se alojaban en la cámara de combustión provocando importantes daños en los cilindros y pistones. Como consecuencia, había pérdida de rendimiento y una pronta reparación de la unidad.

En los primeros filtros de aire, el elemento filtrante era una malla de alambre en un alojamiento metálico. El principio de trabajo de estos filtros, llamados «en baño de aceite», estaba basado en flujos físicos: la desviación de la corriente de aire en la malla de acero producía un efecto de tamizado que se utilizaba para la separación de las impurezas. Para almacenar la suciedad, la malla de acero estaba impregnada con aceite del motor. Había que desmontar estos elementos de filtro con regularidad para limpiarlos con disolventes y volver a impregnarlos de aceite (Filtros A y Z, 2011).

Al buscar mejorar el desempeño del motor y prolongar su vida útil se ha ido perfeccionando su diseño y mejorando los materiales con los que se los fabrica. En un principio, los motores no poseían ningún tipo de protección debido a su diseño simple. Además, estos funcionaban con combustibles menos refinados, pero conforme fueron evolucionando los motores se fueron

haciendo más sofisticados y fue evidente la necesidad de protegerlos. Para ello, en un principio, se utilizó una maya metálica con el fin de evitar que ingresara algún objeto grande en el motor, posteriormente se utilizó una tela especial, la cual era bañada en aceite para mejorar la retención del polvo. Este material se sustituyó por el papel seco que mejoraba considerablemente las prestaciones del motor. Hoy en día existen fibras sintéticas que son combinadas con carbón activo para mejorar la calidad del aire aspirado y mejorar el flujo del aire que ingresa hacia el motor.

Figura 5

Filtros de Aire



Fuente: (Filtros A y Z, 2011)

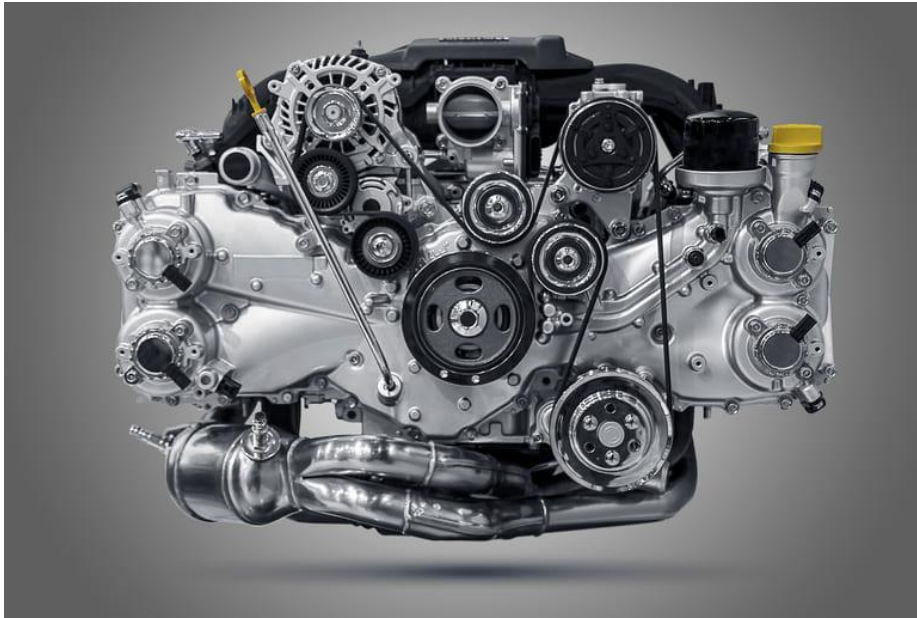
2.1.6 Motores Atmosféricos

El motor atmosférico es un tipo de motor de combustión interna, y se caracteriza porque la entrada de aire es dependiente de la presión atmosférica y no está sobrealimentado por un turbocompresor o por un sobrealimentador. Existen motores atmosféricos alimentados por diésel y alimentados por gasolina, y la diferencia clave con respecto a un motor turbo está en la forma en que recibe el suministro de aire (González, 2022).

El rasgo que más caracteriza a estos motores consiste en la suavidad de su funcionamiento, sobre todo en los vehículos de versión a gasolina, puesto que adoptan un comportamiento mucho más delicado y constante a lo largo de su rango de revoluciones. Por lo tanto, los motores atmosféricos no cuentan con un sistema de sobrealimentación que fuerce el ingreso del aire hacia la cámara de combustión, de tal modo que la toma de aire depende de la presión atmosférica. En este tipo de motor, el aire de combustión o mezcla de aire y combustible, ingresa a los cilindros del bloque del motor por presión atmosférica, llenando el vacío creado cuando el pistón desciende al punto muerto inferior en el proceso de admisión.

La estructura de los motores atmosféricos tiende a ser más sencilla que la de los motores sobrealimentados, esto debido a la ausencia de componentes como turbos o sobrealimentadores, esto ayuda a que los costos de mantenimiento y adquisición sean menores, siendo un motor ideal para el uso de vehículos cotidianos. Para ayudar a compensar la falta de dichos elementos, estos vehículos se ayudan de sistemas que modifican el tiempo de apertura y cierre de válvulas (VVT), inyección directa, sistemas de escapes independientes y también modos de conducción variables los cuales modifican la dosificación de combustible en el motor según la necesidad del usuario. A pesar de que estos motores generan menos potencia en comparación a un motor sobrealimentado tienden a ser más duraderos, más económicos y presentan una respuesta de aceleración más uniforme.

La limitación de este tipo de motores se da a raíz de que se ve afectado por la presión atmosférica, los vehículos de aspiración natural tienen un gran impacto en el rendimiento cuando se conduce en zonas montañosas o a lo largo de la costa. Por ello, estos tipos de vehículos funcionan de manera muy diferente según el lugar donde se utilicen, dado que la presión barométrica varía mucho con la altitud.

Figura 6*Motor de Combustión Interna Atmosférico*

Fuente: (Autodoc Club, 2020)

2.1.7 Impresión 3D

La impresión 3D es un grupo de tecnologías de fabricación por adición capaz de crear un objeto tridimensional mediante la superposición de capas sucesivas de un determinado material. Un proceso por el que se crean objetos físicos a través de la colocación de un material en capas a partir de un modelo digital. Por lo tanto, se trata de un proceso en el que se crea un objeto físico en tres dimensiones a través de un objeto o modelo digital mediante una impresora 3D que puede usar diferentes tecnologías y materiales para ir superponiendo capas hasta crear una réplica perfecta (AZ Adslzone, 2023).

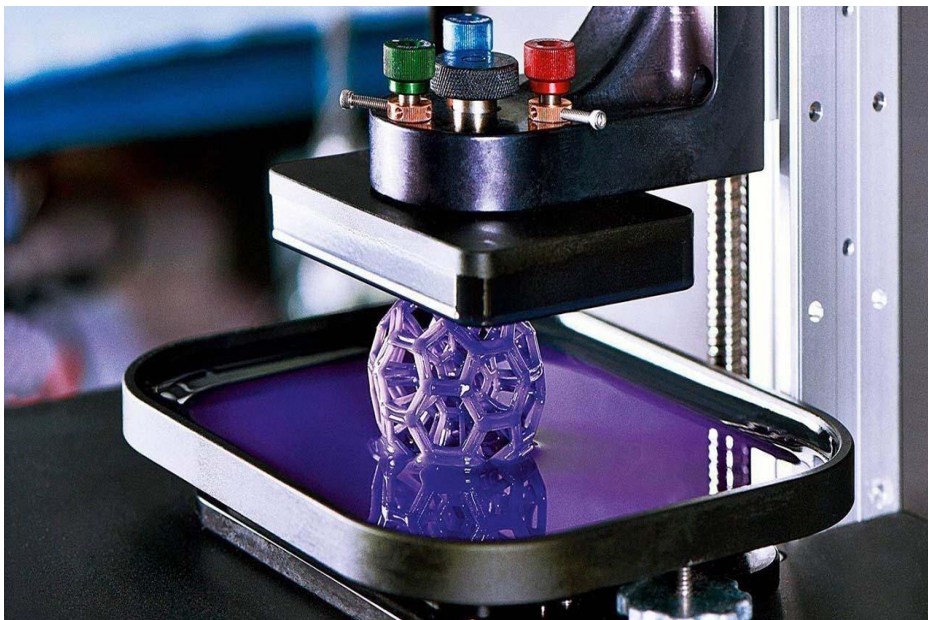
Para llevar a cabo la impresión 3D es necesario el uso de un software y el hardware correspondiente de la máquina o impresora. Es decir, es necesario que estos dos trabajen de forma conjunta. Básicamente, el proceso consiste en la superposición de capas de material de abajo hacia arriba. En ese sentido, el software se encarga de dividir el gráfico en capas finas como el diámetro

del material de salida. Para generar cada capa, la impresora se va desplazando sobre el plano establecido por el software liberando material en las coordenadas correspondientes y así ir formando la figura requerida.

Por otro lado, el uso de esta herramienta es muy extenso y versátil, esto permite crear un sinnúmero de elementos sin importar su complejidad. A partir de este método se han creado aviones no tripulados, carrocerías de vehículos, botes, casas, incluso órganos.

Figura 7

Impresión 3D



Fuente: (AZ Adslzone, 2023)

Contar con la tecnología de impresión 3D en la industria automotriz conlleva grandes beneficios, principalmente al reabastecimiento de repuestos a concesionarios y talleres. Hoy en día fabricantes de automóviles o aficionados de los autos clásicos consiguen piezas o repuestos de vehículos ya discontinuados a precios relativamente razonables mediante la impresión 3D. De este modo, se ayuda a la reparación de estos vehículos al concederles una nueva oportunidad de uso. A su vez, contribuyen al acortamiento del tiempo de espera del cambio de un repuesto y agiliza el

trabajo del técnico o ingeniero automotriz, dado que muchas veces cuando son autos discontinuados o que no cuentan con repuestos en el país se procede a realizar pedidos al exterior con dirección a un país donde si tienen estos repuestos. Por lo tanto, el tiempo de espera puede oscilar entre días o meses. Asimismo, otro beneficio importante es la reducción de costo, debido a que el encargo de estos pedidos puede llegar a ser muy costoso. Este tipo de inconvenientes pueden ser resueltos de una manera mucho más rápida y abaratando recursos, realizando recuperación de piezas discontinuadas o modificaciones para mejorar su diseño y funcionamiento.

Esta tecnología produce piezas o repuestos bajo demanda, pasando de producir grandes lotes de repuestos a solo imprimir el repuesto requerido, lo cual no solo ayuda a revolucionar el proceso de suministros de estos sino a disminuir la necesidad de materia prima. La impresión 3D radica en que permite a los diseñadores tener una libertad creativa; de tal modo que se imprimen piezas o partes más fuertes y ligeras para optimizar el funcionamiento de los vehículos y, a su vez, se les puede otorgar acabados personalizados volviendo más atractivas las piezas para los clientes. Esto en gran parte a que es posible fabricar elementos con una gran variedad de materiales plásticos como el PLA y el ABS; en cuanto a metales es posible usar aluminio y titanio. Su potencial para la innovación, desarrollo y creatividad es significativo, a partir de este método se ha logrado crear aviones no tripulados, carrocerías de vehículos, botes, casas e incluso órganos.

2.1.8 Aplicación del PLA en la Industria Automotriz

El uso de bioplásticos en la industria automotriz tuvo su primera aparición en los años 30 del siglo pasado. Así, Henry Ford introdujo en sus vehículos un bioplástico elaborado a partir de la soja, con el fin de reducir peso y mejorar la eficiencia de sus máquinas. Aunque comenzó a ganar impulso en la década de 1990 debido a la necesidad de reducir la demanda de plásticos derivados del petróleo, fabricantes y proveedores comenzaron a explorar alternativas más

sostenibles. El fabricante Toyota, en conjunto con Denso, implementaron tanques de radiadores de PA-6,11, un bioplástico obtenido de la semilla de ricino y la caña de azúcar. Adicional también fabrico alfombras y tejidos de asientos con PET y PLA. A pesar de la intención de reducir el impacto ambiental estos materiales también han presentado complicaciones en ciertas marcas como Honda, Kia y Toyota donde se reportó que el cableado producido por bioplásticos tenía un olor a vainilla lo cual atraía a los roedores.

En cuanto al PLA, su uso en la industria automotriz no tiene muchos años, pero promete ser un candidato idóneo para sustituir los plásticos convencionales de origen del petróleo. A pesar que la resistencia del PLA al deformarse a altas temperaturas es baja (alrededor de 60 °C), existen alternativas donde se lo mezcla con fibras naturales como bambú, plátano, kenaf, celulosa y madera. En efecto, esto eleva considerablemente su resistencia hasta 140 °C.

La empresa Total Corbion ha desarrollado un compuesto a base del PLA llamado Plantura, este, en comparación con la PLA estándar, presenta una estabilidad térmica y resistencia química superior. Por otra parte, la empresa Röchling está apostando al uso de Plantura para la fabricación de depuradores de filtros de aire para vehículos, rejillas de ventilación, parachoques y accesorios de carrocería como se muestra en la Figura 8. Esto abre un gran camino de posibilidades para disminuir el uso del plástico derivado del petróleo y por bioplástico que ayuden a reducir el impacto ambiental que genera la industria automotriz y no solo eso, materiales más resistentes y mejores texturas.

Figura 8*Depurador Fabricado con Plantura*

Fuente: (Laird, 2022)

Otro ejemplo de la aplicación de bioplásticos en la industria automotriz, el cual combina la impresión 3D, es la fabricación de carcasas de refrigeración de motores eléctricos de vehículos de Formula Student UPM 04E fabricados con PA-11. En el año 2018 en la Universidad Tecnológica de Eindhoven 22 estudiantes crearon un vehículo completamente con materiales biodegradables al cual llamaron Noah, el cual está conformado por azúcares y PLA en su estructura; a partir de esto se puede reafirmar que la aplicación y usos de bioplásticos es versátil y promete ser de gran ayuda para el desarrollo de tecnología automotriz.

Por tal motivo, sobre la base de la información presentada y al basarla en los resultados obtenidos de Madrid (2020), se ha comprobado que el uso de bioplásticos para la diversidad de elementos del vehículo, aun cuando estas deban estar expuestas a exigencias mecánicas y químicas, resultan viable y, en esa medida, es una alternativa real para ser considerada por los fabricantes automotrices.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 *Impacto Ambiental*

Uno de los mayores problemas del planeta es la contaminación ambiental provocada por los plásticos. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) indicó que cada año se producen más de 400 millones de toneladas de plástico en el mundo y de estos aproximadamente el 9 % ingresa a un proceso de reciclaje; el 91 % restante en su mayoría llega al mar afectando a más de 100 000 especies marinas al año. De acuerdo con el pronóstico de especialistas, si no existe un cambio, en el 2050 habrá más plástico que peces en el océano, considerando que el plástico tarda en degradarse entre 100 y 1 000 años.

Figura 9

Desechos Plásticos



Fuente: (Ecoticias, 2016)

Una alternativa para combatir el problema consiste en la producción de bioplástico; este es un material resistente y sobre todo biodegradable, teniendo como principales beneficios los siguientes: puede degradarse fácilmente, alrededor de cuatro meses; no es tóxico; asimismo,

reduce las emisiones de gases de efecto invernadero; igualmente, minimiza el consumo de recursos fósiles y reduce el volumen de desechos (Universo, 2021).

2.2.2 Política Ambiental en el Ecuador

Las políticas ambientales en el Ecuador buscan reducir la contaminación, promover la movilidad sostenible, regular y gestionar de manera adecuada los desechos producidos por la industria automotriz. Algunas medidas importantes son las siguientes:

- Normativas de emisiones vehiculares: Ecuador ha ido implementando regulaciones más estrictas en cuanto a los vehículos que circulan por el país, siendo menos tolerantes a la cantidad de emisiones contaminantes que producen.
- Programa de chatarrización: el Gobierno ha promovido el retiro de vehículos antiguos mediante incentivos económicos para que estos adquieran nuevas unidades.
- Fomento de vehículos eléctricos: se han dispuesto incentivos fiscales y financieros para incentivar la adquisición de vehículos eléctricos. De igual manera, se redujeron los aranceles y las tasas para su importación y promoción de la infraestructura de carga.
- Restricciones de tráfico: en algunas ciudades del país, como la ciudad de Quito, se restringe la circulación de ciertos vehículos por el dígito de su placa. Esto con el fin de reducir la saturación de tráfico vehicular.
- Promoción del transporte público: se han implementado nuevas rutas y se han adquirido nuevas unidades para incentivar su uso; asimismo, varias ciudades disponen de bicicletas para la movilización de sus usuarios y así bajar la dependencia del uso del automóvil.
- Monitoreo y control de la calidad del aire: en la ciudad de Cuenca se han establecido programas de monitoreo de control de la calidad del aire para evaluar los niveles de contaminación en diferentes áreas de la ciudad.

Figura 10*Impacto Ambiental Automotriz*

Fuente: (Carrillo, 2018)

Por otro lado, la industria automotriz es una gran fuente de desechos contaminantes. Lo anterior supone principalmente la implementación de normativas específicas para el desecho seguro de baterías, aceites y neumáticos. Estos tres residuos son los más comunes; sin embargo, existen desechos como los plásticos de los filtros de aire que no presentan alguna exigencia por parte del Gobierno a la hora de desecharlos y, por lo general, son mezclados con los desperdicios comunes.

En Ecuador, para el año 2020, la INEC reportó que en el país se llega a recolectar al día un promedio de 12 613 toneladas de residuos sólidos de los cuales un 11 % está representado por los plásticos, esto ha dado apertura a que ciertos legisladores presenten proyectos de leyes ambientales; por ejemplo, en el año 2019, la Asamblea Nacional del Ecuador presentó un proyecto legal que busca la eliminación progresiva de desechos de plástico en todo el país, como medida para reducir la contaminación ambiental.

Por otra parte, el Gobierno del Ecuador oficializó un acuerdo ministerial para el reciclado de las baterías usadas. Por su parte, el ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica oficializó el Acuerdo Ministerial 034 sobre el “Instructivo para la aplicación de la responsabilidad extendida del productor (REP) en la gestión integral de baterías ácido plomo usadas (BAPU)”, con la finalidad de prevenir la contaminación ambiental y posibilitar la utilización racional de los recursos naturales. El evento se desarrolló en las instalaciones del Gobierno Zonal de Guayaquil (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2021).

2.2.3 Reciclaje de Desechos Automotrices en el Ecuador

El reciclaje de desechos automotrices en el Ecuador es un aspecto importante de la gestión ambiental y económica del país, debido a que un grupo considerable, con respecto a la población general, realiza algún tipo de actividad económica con los desperdicios cotidianos. Algunas prácticas de reciclajes que se efectúan en el Ecuador son las siguientes:

- Reciclaje de componentes metálicos: los desechos metálicos como piezas de latonería, motores y demás componentes son reutilizados después de su chatarrización y fundición, reduciendo así la necesidad de la materia prima.
- Recuperación de aceites usados: los aceites residuales de los vehículos son almacenados para posteriormente ser recolectados por empresas certificadas para su traslado y tratado seguro. Esto evita que se contaminen suelos y agua.
- Reciclado de neumáticos: los neumáticos usados sirven para la fabricación de varios productos como pisos, alfombras, moquetas de vehículos, incluso productos para la jardinería. Existen empresas que se dedican a reencauchar neumáticos usados al reducir la demanda de más materia prima, al evitar la acumulación de estos y contribuir de este modo a la economía debido a su menor costo.

- Gestión de baterías: las baterías vehiculares contienen componentes tóxicos que deben ser gestionados correctamente. El reciclaje de estas permite la recuperación de materiales valiosos que servirán para la fabricación de nuevas baterías y con ello se evita que los materiales peligrosos sean desechados en el medioambiente de manera errónea.
- Descontaminación de vehículos: antes de que los vehículos pasen por el proceso de chatarrización se extraen partes que puedan ser recicladas individualmente de mejor manera como baterías, aceites y neumáticos.
- Reducción de impuestos: el Gobierno incentiva a las empresas automotrices del país y al consumidor a adquirir vehículos eléctricos que presentan una tasa preferencial y aranceles reducidos.

Figura 11

Reciclaje de Neumáticos



Fuente: (Interempresas, 2021)

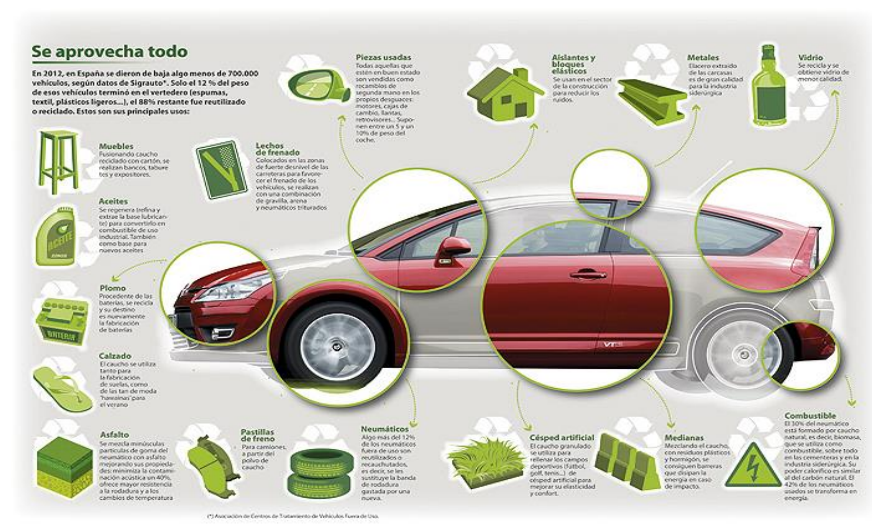
Actualmente, en el Ecuador son escasas las empresas que se dedican a reciclar desechos provenientes de la industria automotriz; por lo tanto, la empresa EcoCaucho S.A, la cual ya viene trabajando desde el año 2013, se dedica a fabricar a partir de neumáticos usados pisos de gimnasio,

rompe velocidades, neumáticos nuevos, moquetas para vehículos y otros productos. Asimismo, existen empresas que se dedican a la fabricación de baterías y, en esa medida, aprovechan las ya usadas como Fabribat CIA. Ltda.

Fabribat CIA. Ltda., es una empresa comprometida con el medio ambiente y la comunidad; se esfuerza por reducir al mínimo el impacto ambiental que puedan generar sus actividades productivas. Por esta razón se le ha otorgado el certificado de Gestor Ambiental Tecnificado de Residuos 0016 – GTR en el Distrito Metropolitano de Quito, el cual les faculta la recolección, almacenamiento y transporte de baterías chatarra. Consideramos que el reciclaje resulta acorde y complementario a tendencias actuales de producción más limpia y responsabilidad social, constituyendo buenas prácticas ambientales a través de las cuales se evidencia una adecuada gestión por parte de la empresa. (Baterías Ecuador, 2018)

Figura 12

Reciclaje Automotriz



Fuente: (Red Itevelesa, 2019)

Capítulo III

Sustitución de Plásticos Derivados del Petróleo por Bioplásticos Derivados de Ácido Poliláctico en Estructuras de Filtros de Aire de Motor para Motores Atmosféricos

3.1 Enfoque de la Investigación

A través de esta investigación se propuso conocer si el uso de bioplásticos derivados de ácido poliláctico es una opción rentable para la fabricación de marcos de filtros de aire para lo cual nos basamos en una investigación experimental porque se fabricó y sometió a prueba un prototipo de filtro para comprobar los objetivos planteados.

3.2 Diseño Metodológico

Para el desarrollo de este proyecto de tesis se utilizó el método “estudio de caso” para conocer los costos de materia prima y fabricación de un filtro de aire hecho con plásticos derivados del petróleo. Luego se fabricó un prototipo del marco de un filtro de aire con bioplástico al utilizar el método de impresión 3D y se sometieron a condiciones de uso de un filtro de aire común durante 10 000 km. Una vez finalizado este periodo, se analizó visualmente el filtro para observar si este tuvo algún tipo de alteración física que comprometa su funcionalidad. En suma, con los datos obtenidos se efectuó una comparación y se llegó a una conclusión que despejó las incógnitas planteadas.

3.3 Costo Materia Prima

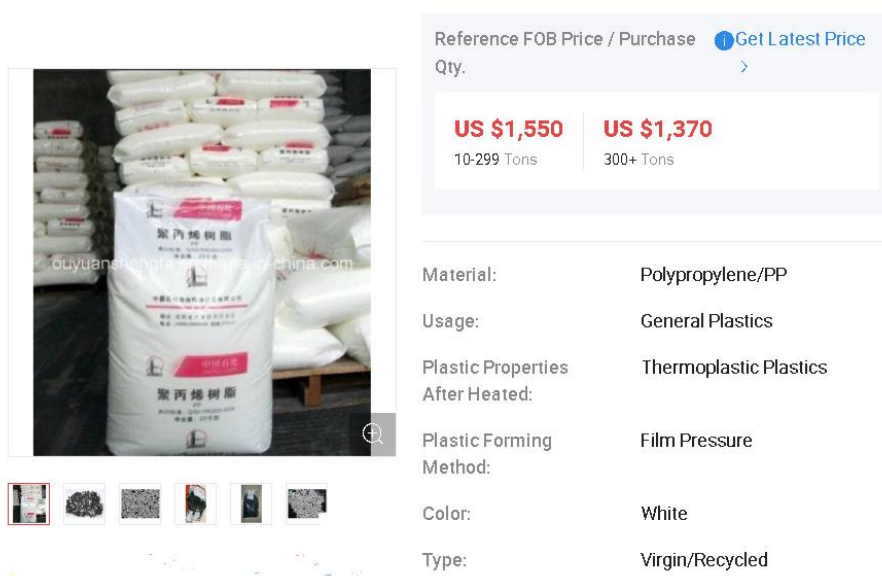
El petróleo es la fuente de materias primas para muchos componentes plásticos de los automóviles. Por tal motivo, las empresas químicas están convirtiendo los derivados del petróleo en plástico. De tal modo que los plásticos son el desafío para que el acero destaque en la producción de automóviles. Así, el automóvil nuevo típico está hecho de 151 kg de plásticos y compuestos, lo que representa aproximadamente el 8 % del peso del vehículo y el 50 % del volumen de materiales.

Igualmente, innumerables piezas de plástico para automóviles incluyen manijas de puertas, rejillas de ventilación, tablero y bolsas de aire. Por lo tanto, la versatilidad, durabilidad y ligereza de los plásticos los convierten en un material ideal para diversas piezas.

El polímero que generalmente se usa para la fabricación de un filtro de aire convencional a base de materiales derivados del petróleo es el PPK8303, el cual tiene un costo de USD 1 550 por tonelada, según Beijing Ou Yuan Sheng Fa Plastic Products Co., Ltd, fabricante chino de este material. Esto equivaldría a 2 850 filtros aproximadamente que se pudieran realizar con un valor promedio de USD 0,54 en cuanto al material se refiere.

Figura 13

Polímero PPK8303



The image shows a screenshot of a product listing for Polypropylene (PPK8303). On the left, there is a photograph of several white bags of the material, with a larger bag in the foreground showing Chinese text and a logo. Below the photo are several small thumbnail images. On the right, there is a price table and a list of technical specifications.

Reference FOB Price / Purchase Get Latest Price	
Qty.	
US \$1,550	US \$1,370
10-299 Tons	300+ Tons

Material:	Polypropylene/PP
Usage:	General Plastics
Plastic Properties	Thermoplastic Plastics
After Heated:	
Plastic Forming Method:	Film Pressure
Color:	White
Type:	Virgin/Recycled

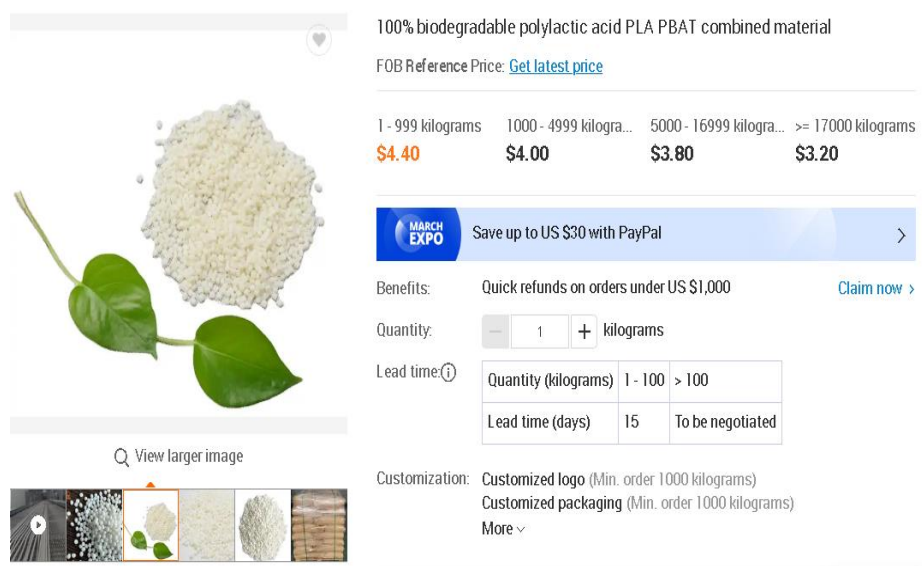
Fuente: (ouyuanshengfa, s.f.)

Por otra parte, la materia prima del polímero a base de ácido poliláctico tiene un costo de USD 4 000 por tonelada, lo equivale a 2 850 filtros que se pudieran fabricar. Teniendo un valor aproximado de USD 1,40 por filtro de aire. Cabe recalcar que para este valor no se está considerando otros costos como el papel filtrante o su manufacturación, dado que solo se pretende

dar a conocer el valor de la materia prima. De igual modo, se exponen cantidades grandes para analizar de mejor manera la diferencia de precios entre materiales.

Figura 14

Polímero PLA



100% biodegradable poly(lactic acid) PLA PBAT combined material
 FOB Reference Price: [Get latest price](#)

1 - 999 kilograms	1000 - 4999 kilogra...	5000 - 16999 kilogra...	>= 17000 kilograms
\$4.40	\$4.00	\$3.80	\$3.20

Save up to US \$30 with PayPal

Benefits: Quick refunds on orders under US \$1,000 [Claim now >](#)

Quantity: kilograms

Quantity (kilograms)	1 - 100	> 100
Lead time (days)	15	To be negotiated

Customization: Customized logo (Min. order 1000 kilograms)
 Customized packaging (Min. order 1000 kilograms)
 More v

Fuente: (ouyuanshengfa, s.f.)

Considerando los valores expuestos en la figura 13 y 14 se genera la tabla 1 donde se expresan precios y cantidad:

Tabla 1

Costo Materia Prima

Material	Precio por tonelada	Cantidad de filtros posibles a fabricar	Costo por filtro
PPK8303	\$1 550	2 850	\$0,54
PLA	\$4 000	2 850	\$1,40

En ese sentido, se puede apreciar que el de costo de la materia prima del polímero de ácido poliláctico es casi 3 veces más costosa que la materia prima derivada del petróleo, lo que representa una opción no rentable en términos financieros.

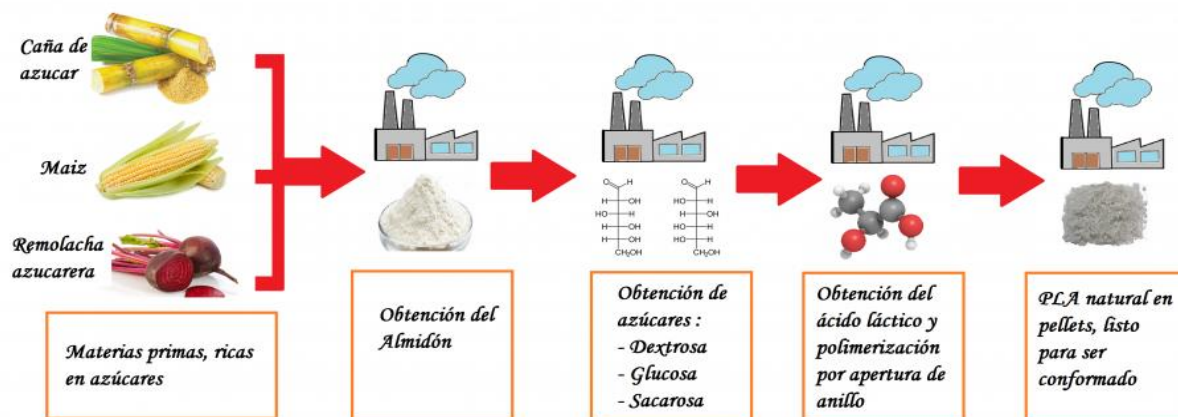
3.4 Obtención de PLA

Ecuador es un país con una diversidad botánica abundante; por lo tanto, sus tierras producen una variedad de vegetación que aporta no solo al área gastronómica, sino al sector industrial. Una de estas plantas es la caña de azúcar, de donde se obtiene el ácido poliláctico; por esta razón, este recurso aparenta ser un buen candidato para ser proveedor de este material. No obstante, resulta ser todo lo contrario debido a que actualmente en el país no hay ninguna empresa que se dedique a producir dicho producto en el Ecuador.

Según (Alomoto & Ormazza, 2020), producir 1 kg de ácido poliláctico a nivel de laboratorio demora 6 horas y tiene un costo de USD 7,76 a diferencia de 1 kg de plástico derivado del petróleo que tiene un costo promedio de USD 3,40. En la tabla 2 se detallan los valores de materiales y el valor del consumo eléctrico para la producción de 1 kg de ácido poliláctico.

Figura 15

Obtención de Ácido Poliláctico



Fuente: (Castro, 2015)

Tabla 2*Costo de Producción de 1 Kg de PLA*

	Cantidad (Kg)	Precio (\$)
Ácido Láctico	1,19	5,98
Octoato de Estaño	0,10	1,23
Energía Eléctrica		0,55
		7,76

Por otro lado, si se deseara industrializar e implementar la producción de ácido poliláctico a partir de la caña de azúcar se requeriría una inversión considerable. En ese sentido, (Núñez, 2019) expresó que construir una planta de producción de ácido poliláctico tiene un costo de 20'875 544 de euros cuyo costo abarcaría terreno, equipos y logística de construcción. Esta planta tendría una capacidad de producción de 1 600 toneladas de producto al mes. Cabe recalcar que dicho estudio está realizado en la ciudad de Sevilla, España, por lo que los valores expuestos son una referencia y podrían aumentar de aplicarse en el país en cuestión.

Gracias a la información presentada, se puede determinar que actualmente Ecuador, a pesar de tener los recursos naturales para generar toneladas de ácido poliláctico, no es un país idóneo para ser productor de este, puesto que no se ha invertido en infraestructura para su producción a gran escala y con esto satisfacer la demanda de materia prima para la fabricación de filtros de aire.

3.5 Fabricación de Marco de Filtro de Aire con Material PLA Mediante Impresión 3D

Existen diferentes métodos para producir productos plásticos como el termoconformado, la extrusión, el moldeo por soplado o moldeo por inyección. Estos métodos son utilizados para la producción masiva; por ello, requieren un gran capital para la implementación de una planta productora. Para realizar este tipo de producción es necesario un molde del producto a fabricar.

De acuerdo con MAR CNC, fabricante de moldes para la producción de productos plásticos en el Ecuador, para realizar la fabricación de un molde con el objeto de producir el modelo del filtro de aire seleccionado para esta investigación tendría un costo de USD 3 500. Ahora bien, debido a que no se desea fabricar a gran escala el prototipo de filtro de aire con materia PLA se descarta este método de fabricación por el alto costo de adquisición del molde.

Por otro lado, la impresión 3D es una tecnología versátil que usa un método de adición por capas para efectuar un sin número de objetos de diferentes materiales y propiedades físicas. Por ende, una de sus ventajas consiste en que si no se desea realizar a escala masiva un producto es más rentable realizarlo por este método. Por tal motivo, se seleccionó este método para la fabricación de un marco de filtro de aire de ácido poliláctico y, de este modo, someterlo al funcionamiento normal de un motor atmosférico durante 10 000 km.

3.5.1 Proceso de Fabricación

Para realizar la impresión de cualquier objeto existe un proceso general que variará dependiendo del producto a fabricar y el material que se utilice. De igual modo, este proceso puede variar según la máquina que se emplee. A continuación, se exponen los siguientes pasos generales para realizar una impresión 3D:

- A. Diseñar un prototipo: en primer lugar, es necesario realizar un diseño del prototipo mediante un programa de modelado 3D. Para esto se pueden usar programas como TinkerCAD, Blender o SketchUp. Para este proyecto se utilizó CAD SolisWorks.
- B. Preparación del archivo: el archivo debe ser revisado y se debe corregir cualquier fallo de diseño que pueda afectar la impresión. Una vez se obtenga el diseño deseado se debe exportar el archivo en un formato compatible con la impresora 3D, como STL o OBJ.

- C. Configurar la impresora: en este paso se configuran la temperatura del extrusor y la cama, la velocidad de impresión y la altura de capa. Estos parámetros pueden ser diferentes según el material a utilizar y el tipo de impresora.
- D. Preparación de la base de impresión: en este paso se asegura nivelar la cama de impresión para garantizar una impresión uniforme y de ser necesario aplicar una superficie adhesiva.
- E. Inicio de impresión: se comienza a imprimir el prototipo y se cerciora de que la impresión este progresando correctamente.
- F. Finalización de la impresión: se debe de esperar a que se enfríe el producto para retirarlo de la base.

3.5.2 Análisis de la pieza

Es importante comprender en su totalidad la función, forma y posibles limitaciones de producción antes de comenzar el proceso de diseño del prototipo. Para este proyecto fue necesario realizar modificaciones en el diseño estructural original para poder unir el material filtrante al prototipo impreso, dotándolo de cejas adicionales que sirvan de soporte y suprimiendo surcos que son propios del proceso de fabricación original por soplado como se muestran en la figura 16.

Figura 16

Estructura Filtro de Aire Original



3.5.3 *Diseño de Prototipo*

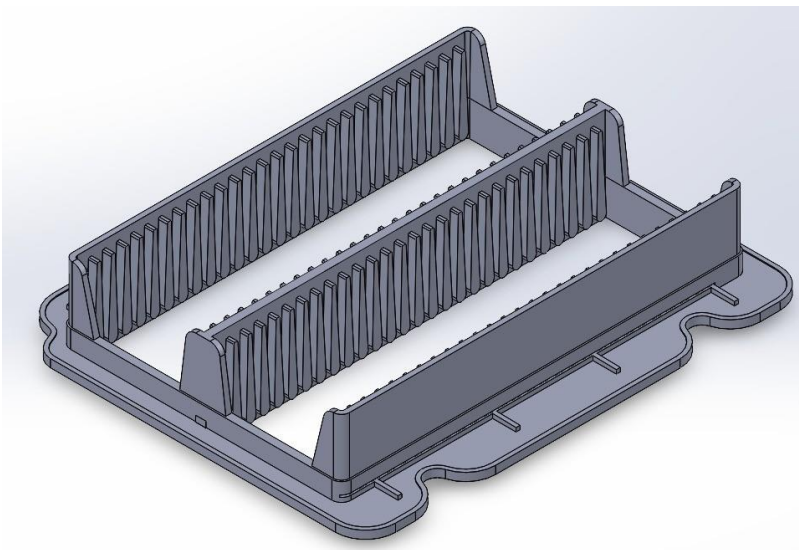
Mediante el programa CAD Solisworks se procedió a ejecutar el diseño geométrico del prototipo, para lo cual, las medidas fueron tomadas del modelo de filtro de aire de un vehículo Chevrolet Aveo 1,5 año 2015, dado que este consta de un motor atmosférico. Con el filtro de base se tomaron las medidas y se plasmaron digitalmente ya con las modificaciones expuestas en el anterior enunciado.

3.5.4 *Preparación del Archivo*

Una vez finalizado el diseño como se muestra en la figura 17, se tuvo que exportar en formato STL para ser utilizado en el proceso de impresión 3D. En efecto, este tipo de archivo contiene información geométrica que ayudó a describir la superficie de la pieza. Una vez finalizado este proceso, es necesario utilizar un software Slicer, en este caso se utilizó Cura 3D, el cual nos permite definir los parámetros de impresión como la altura de capa, velocidad de extrusión y temperatura de impresión.

Figura 17

Prototipo Filtros de Aire 3D



Fuente: CAD Solisworks

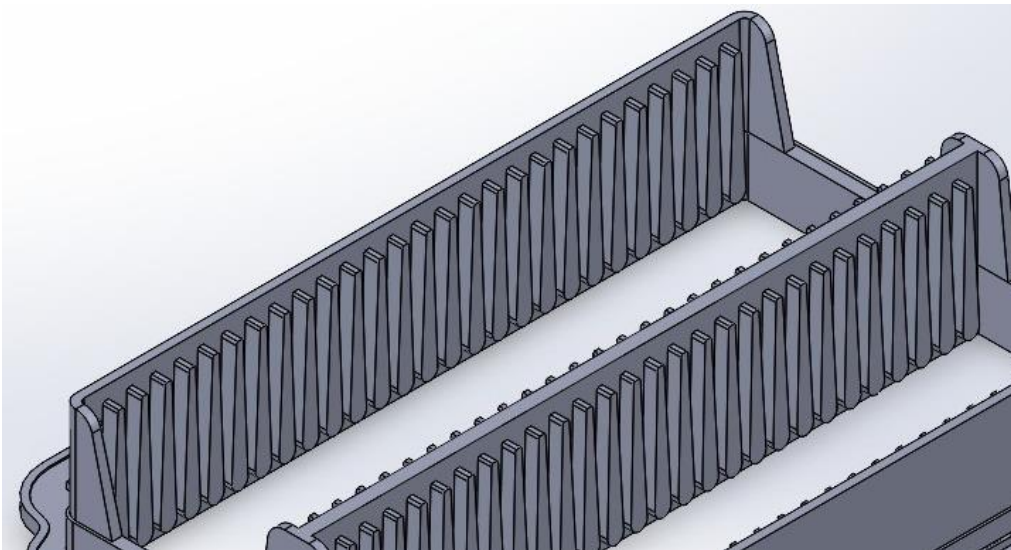
3.5.5 Ajuste de los Parámetros

Para garantizar que la pieza sea impresa correctamente se procedió a realizar un ajuste de los parámetros de impresión. En este caso, los parámetros para una correcta impresión con hilo de PLA fueron los siguientes:

- Temperatura de impresión de 200 °C
- Velocidad de extrusión de 60 mm/s
- Altura de capa de 0,2 mm.

Figura 18

Correcciones de Diseño



Fuente: CAD Solisworks

3.5.6 Impresión del Prototipo

Una vez que se obtuvo el diseño digital y al realizar las correcciones finales como se muestra en la figura 18 se procedió a realizar la impresión del prototipo de filtro de aire con hilo de PLA. Para realizar la impresión del prototipo se empleó una impresora Creality Ender 6, la cual tardó alrededor de 12 horas imprimir todo el proyecto.

Durante el proceso de impresión no se presentó ningún contratiempo y el prototipo se terminó en el lapso previsto. Como resultado de la impresión, el producto obtenido (figura 19) presentaba robustez con buena flexibilidad, buen acabado y es bastante similar al producto que usualmente se utiliza.

Figura 19

Prototipo de Filtro de Aire Impreso Mediante Proceso 3D



3.6 Ensamblaje del Filtro de Aire

En este punto se tuvo que utilizar un método diferente de ensamblaje debido a que generalmente en este proceso el papel filtrante se va incrustando al filtro conforme se realiza el proceso de inyección en el molde del filtro, pero al haber fabricado el marco mediante un método de impresión 3D no era posible fundirlo en el proceso.

Por tal motivo, hubo que realizar modificaciones en el diseño original del filtro de aire seleccionado para lo cual se realizó cejas adicionales que pudieran dar soporte y conseguir adherir el material filtrante al prototipo. Para la selección del material filtrante se optó por fibras sintéticas de poliéster y nylon capaces de retener partículas de 1 a 3 micras (figura 20) las cuales soportaban el pegamento a utilizar para poder unir ambos materiales.

Figura 20

Papel Filtrante

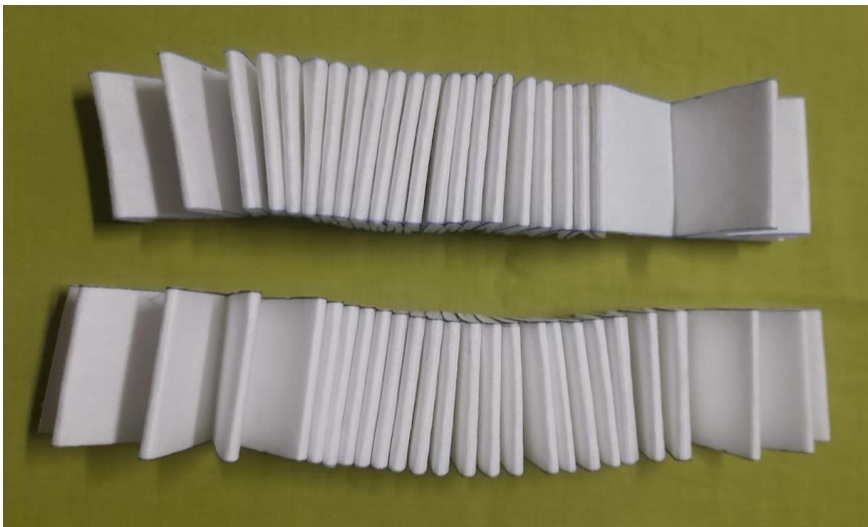
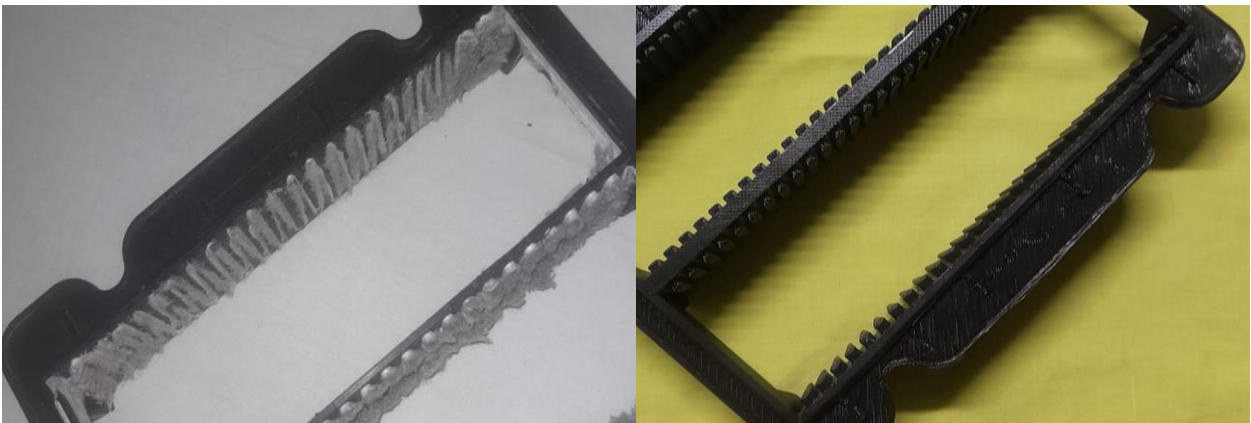


Figura 21

Estructura Modelo y Estructura Prototipo



Para poder incrustar el material filtrante al prototipo del filtro de aire, fue necesario realizar una modificación al diseño original, para lo cual se dotó de una ceja que proporcionaba soporte y servía de guía (Figura 22). Fue necesario realizar una impresión piloto de las cejas para constatar si estas podían cumplir con la función requerida, así como se muestra en la figura 22.

Figura 22

Impresión Prototipo de Soporte para el Papel Filtrante



Para adherir el material filtrante a marco del filtro impreso, se utilizó un adhesivo que fue compatible con los materiales a unir y que pudo soportar las condiciones a las que se sometió el filtro de aire. Por tal motivo, se usó el pegamento Super Bonder marca Loctite, el cual, por sus propiedades y especificaciones del fabricante, como lo son resistencia a altas temperaturas + 120 °C, secado rápido, compatible con plástico y fibras; fue el producto más adecuado para las pruebas a realizar. Una vez adherido el material filtrante al marco del filtro el resultado se muestra en la figura 24.

Figura 23

Pegamento Super Bonder

**Figura 24**

Prototipo de Filtro de Aire Ensamblado



El costo de realizar este prototipo al utilizar el método de impresión 3D se detalla en la tabla 3 a continuación:

Tabla 3*Costos de Fabricación*

Costos de fabricación	
Diseño 3D	\$20
Impresión 3D	\$28
Papel filtrante	\$8
Pegamento	\$4
Total	\$64

3.7 Instalación del Filtro de Aire en el Vehículo

Para someter a las condiciones de funcionamiento de un filtro de aire común al prototipo fabricado con bioplásticos de ácido poliláctico, se seleccionó un vehículo de gran circulación en el país, como lo es el Chevrolet Aveo (figura 25). Este consta de un motor atmosférico de cilindrada 1,5 cc.

Figura 25*Vehículo de Prueba*

Tabla 4*Datos Vehículos de Prueba*

Marca	Modelo	Cilindraje	Combustible	Kilometraje
Chevrolet	Aveo Family	1,5 cc	Gasolina	29 4623

Acto seguido, se procedió a retirar el filtro que tenía el vehículo originalmente; este estuvo encendido durante un periodo de 1 hora para que llegue a alcanzar su temperatura de funcionamiento; posteriormente, se tomó la temperatura del filtro retirado mediante el uso de un termómetro laser, para así tener una referencia de la temperatura a la que estuvo sometido. Se tomaron dos mediciones, una al papel filtrante y otra al marco plástico. La información recopilada durante este proceso se presenta en la tabla 5, proporcionando los resultados obtenidos en ambas instancias

Tabla 5*Toma de Temperatura de Filtro*

Temperatura del Papel Filtrante	Temperatura Marco del Filtro
44,2 °C	48,8 °C



El kilometraje que tenía el vehículo al momento de instalación del prototipo de filtro de aire fue de 294 623 km. Después se procedió a la instalación del prototipo de filtro de aire para luego efectuar un chequeo del mismo a los 299 000 km para constatar su estado y verificar alguna alteración en la su estructura.

Figura 26

Instalación del Prototipo y Kilometraje del Vehículo



3.8 Factores a los que estará Sometido el Prototipo de Filtro de Aire Fabricado

El prototipo instalado en el vehículo de prueba, estuvo sometido a dos factores principales, los cuales fueron temperatura y vacío. Así mismo, la temperatura promedio tomada en el filtro de aire fue de 40 °C a 49 °C; por lo tanto, se considera que estuvo en un rango bastante seguro para que el material no sufriera ningún tipo de daño por temperatura y la estructura no se viese alterada. En la tabla 6 expuesta a continuación se observan las propiedades del bioplástico a base de ácido poliláctico.

Tabla 6*Propiedades Mecánicas PLA*

Propiedades Mecánicas Generales de PLA	
Módulo elástico	3000 – 4000 MPa
Resistencia a la tracción	50 – 70 MPa
Alargamiento a la rotura	2 – 5 %
Resistencia a la flexión	100 MPa
Módulo de flexión	4000 – 5000 MPa
Temperatura de transición vítrea Tg	60 – 70 °C

Mediante el uso de un escáner automotriz Autel Mx808 ingresamos al módulo del motor y a los datos en vivo para obtener parámetros como el vacío generado por el motor, temperatura del aire que ingresó al motor y el flujo de aire (figura 27). Con estos datos se realizó un contraste de los datos obtenidos de la tabla 6 lo que da nacimiento de la tabla 7, donde se pudo evidenciar que el prototipo sometido resistiría las pruebas de funcionamiento.

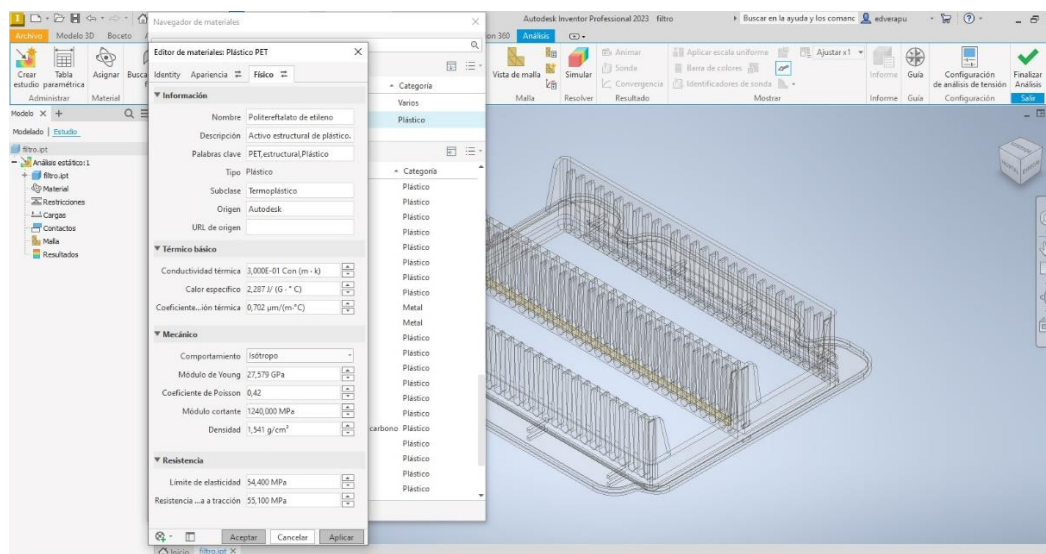
Figura 27*Parámetros del Motor*

Nombre	Valor	Rango	Unidad
<input type="checkbox"/> Régimen del motor	830	[0...16383]	rpm
<input type="checkbox"/> Velocidad de ralentí deseada	825	[0...16383]	rpm
<input type="checkbox"/> Sensor de temperatura del refrigerante del...	85	[-40...215]	°C
<input type="checkbox"/> Sensor IAT	43	[-40...215]	°C
<input type="checkbox"/> Flujo de aire calculado	4.25	[0...512]	g/s
<input type="checkbox"/> Sensor MAP	50	[0...255]	kPa
<input type="checkbox"/> Carga del motor	5	[0...100]	%
<input type="checkbox"/> Señal de encendido 1	13.6	[9...18]	V

Tabla 7*Parámetros del Motor vs Propiedades del Ácido Poliláctico*

Parámetros Obtenidos			
Parámetros obtenidos del vehículo		Propiedades del Ácido Poliláctico	
Temperatura del aire que ingresa al motor	43 °C	Temperatura de transición vítrea TG	60 – 70 °C
Vacío generado en el múltiple de admisión	50 kPa	Resistencia a la flexión	100 MPa
Flujo de aire calculado	4,5 g/s		

Con los datos obtenidos de la tabla 7 se procedió a realizar una simulación digital en el programa Inventor Professional 2023 para comprobar la resistencia del material, para lo cual se exporto el archivo en formato SLDPRT. Una vez abierto el archivo se eligió el material a someter en el programa (figura 28).

Figura 28*Elección de material en Inventor*

Una vez seleccionado el material es necesario generar la malla de la estructura la cual nos permitirá calcular los esfuerzos aplicados en el diseño (figura 29).

Figura 29

Configuración de Malla

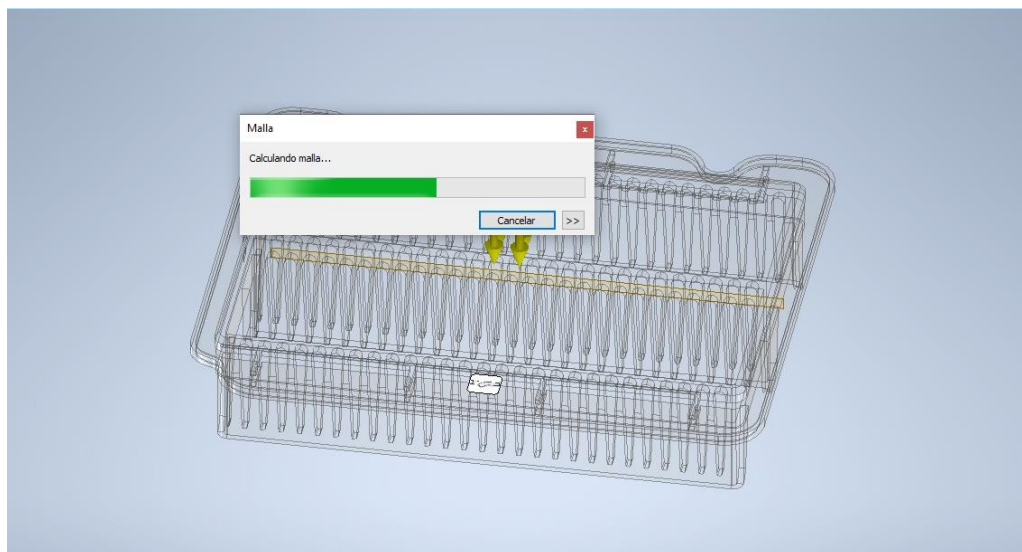
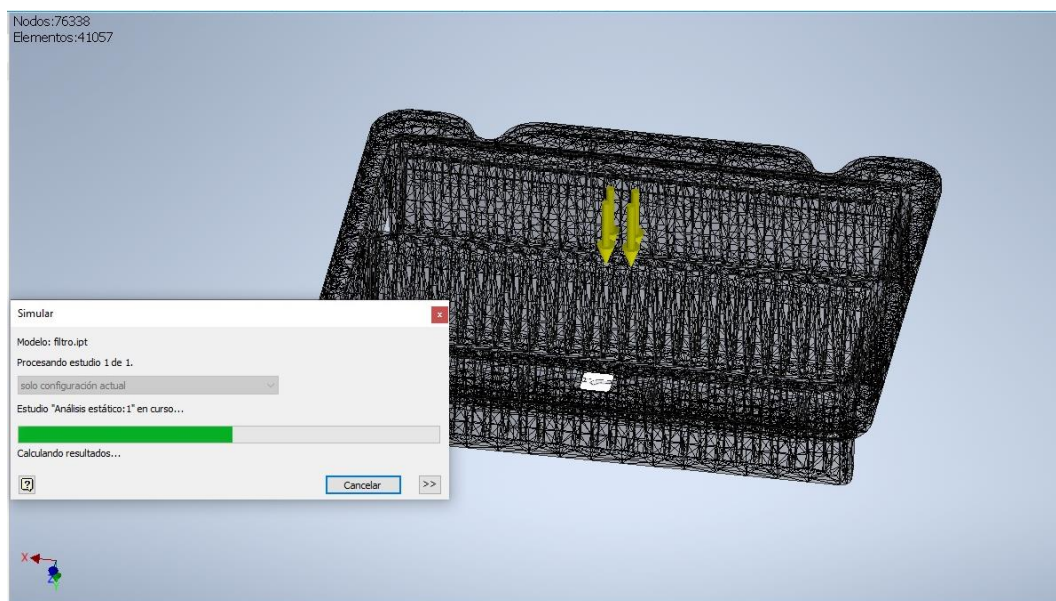


Figura 30

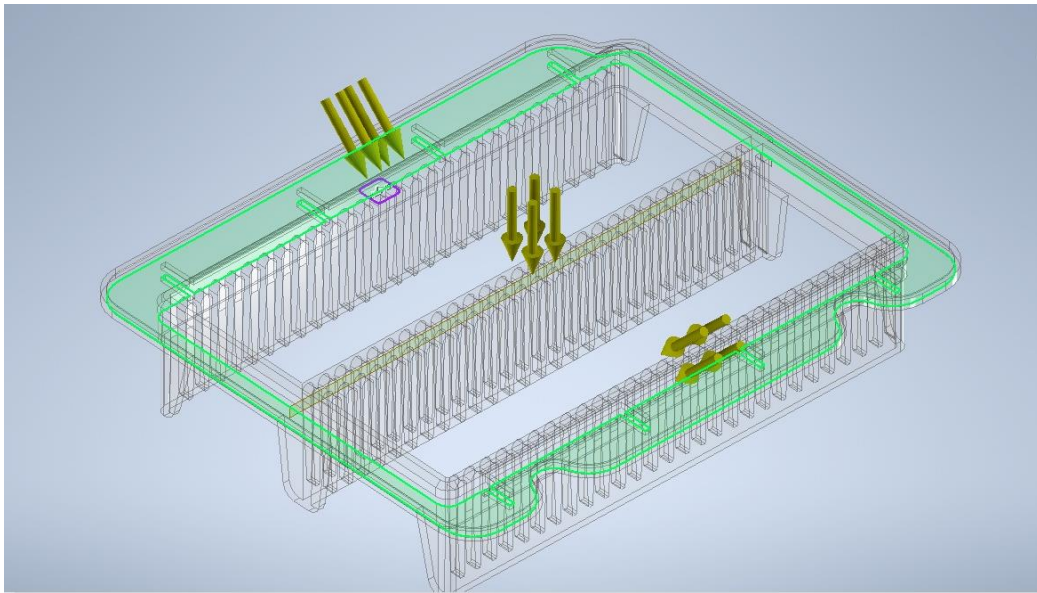
Aplicación de Malla



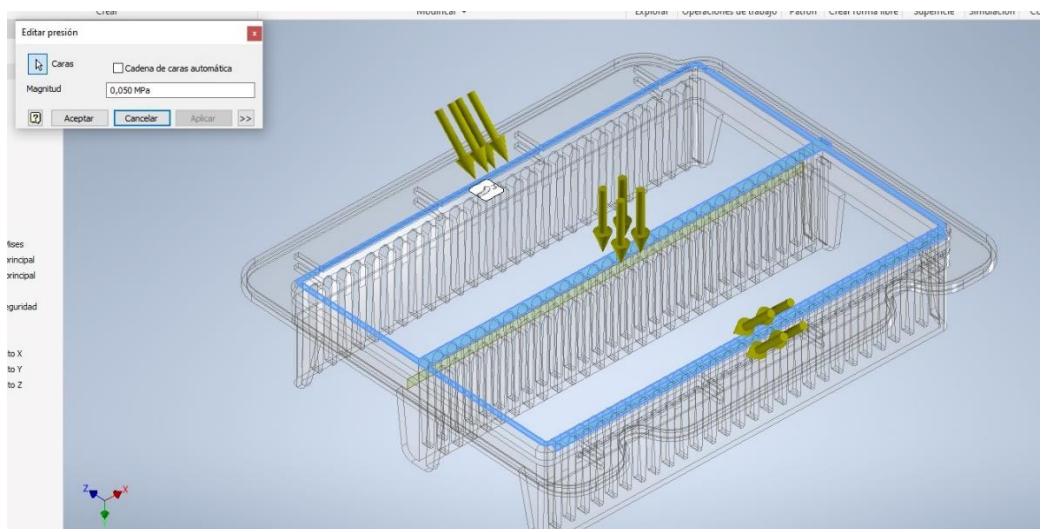
El siguiente paso a realizar es determinar las superficies que estarán sometidas a esfuerzos y cuales estarán fijas (figura 31).

Figura 31

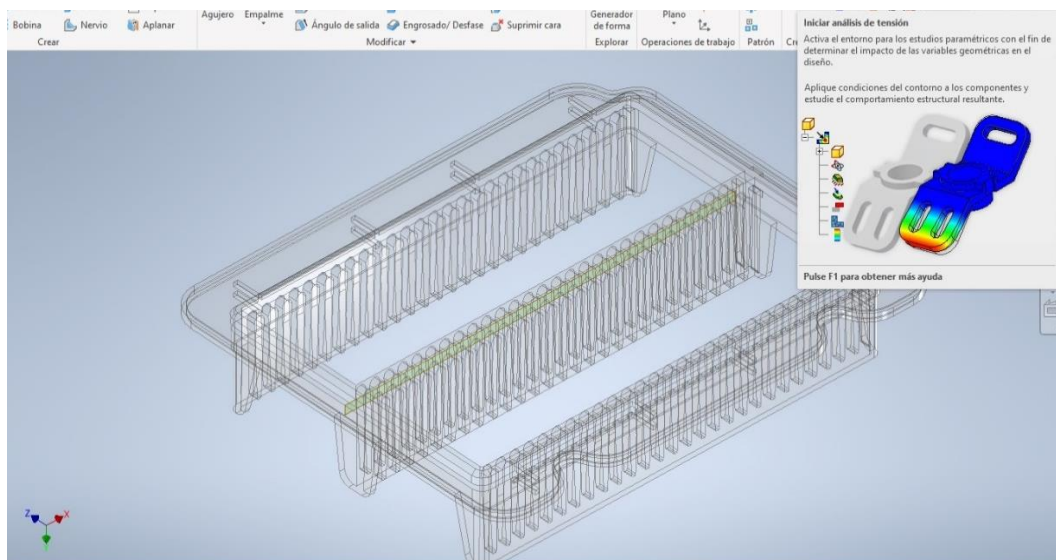
Determinación de superficies



Ahora en base a los datos obtenidos de la tabla 6 se ingresan los valores a los que estará sometida la estructura en el vehículo (figura 32).

Figura 32*Aplicación de esfuerzos*

Para comenzar la simulación es necesario elegir la opción “Iniciar análisis de tensión” (figura 33).

Figura 33*Iniciar Análisis de Tensión*

De la simulación digital obtenemos, desplazamiento máximo (figura 34), tensión de Von Mises (figura 35) y coeficiente de seguridad (figura 36).

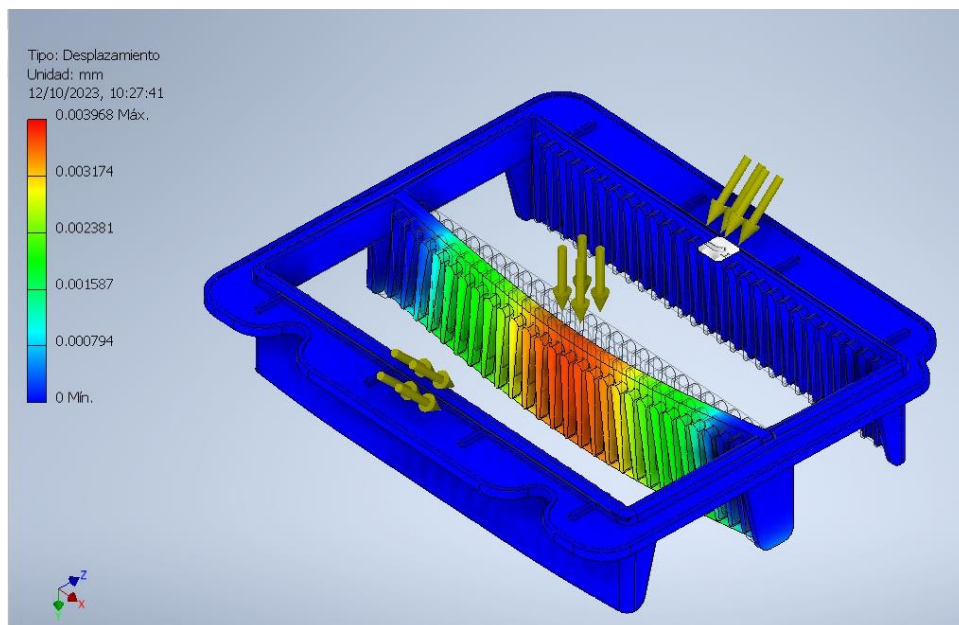
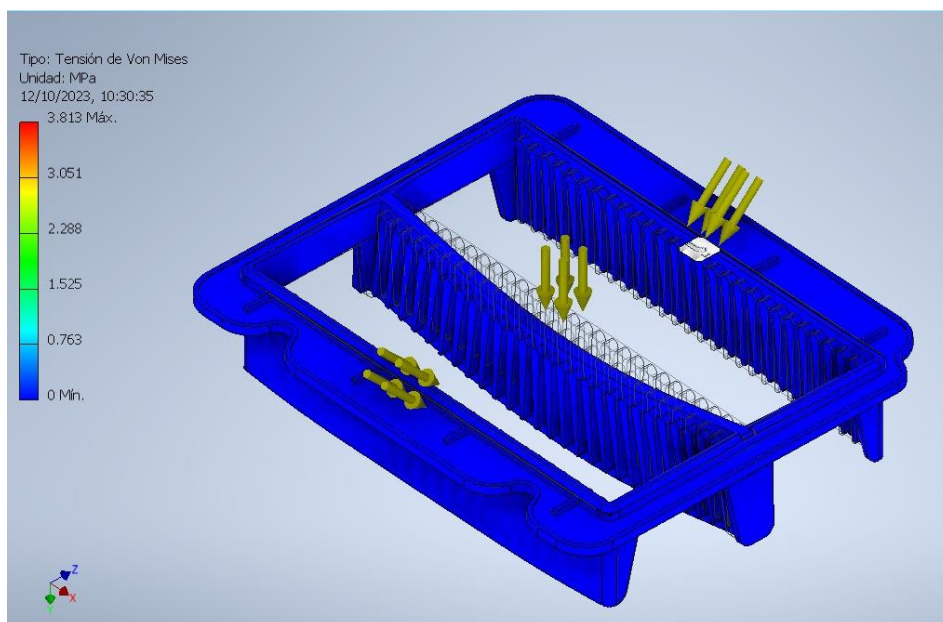
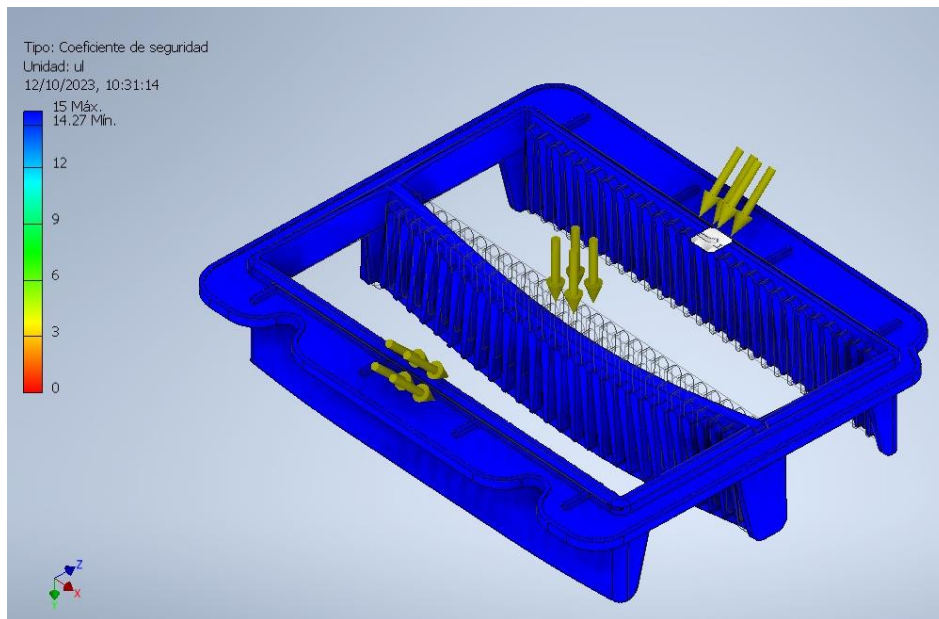
Figura 34*Desplazamiento Máximo de la estructura***Figura 35***Tensión de Von Mises*

Figura 36*Coeficiente de Seguridad*

Capítulo IV

Seguimiento de Prueba y Análisis de Resultados del Prototipo de Filtro de Aire Fabricado con Biopolímeros de Ácido Poliláctico

El seguimiento del prototipo durante el periodo al cual se sometió es importante para constatar su resistencia con base en una inspección visual, donde se pretendía detectar cualquier cambio o deformación en la estructura a través de la observación y sustentando esto con la información obtenida de la tabla 5. Por ello, se sujetó a 10 000 km de funcionamiento, mismo periodo que fue en dos inspecciones; la primera se realizó a los 5 000 km posteriores a la instalación y la segunda y última a los 10 000 km donde culminó la prueba y, posteriormente, se comenzó a analizar los resultados obtenidos.

4.1 Seguimiento de Prueba del Prototipo de Filtro de Aire Fabricado con Biopolímeros de Ácido Poliláctico

Para llevar un control del estado de la estructura del prototipo se planteó una inspección visual posterior a los 5 000 km de su instalación y los resultados fueron los expuestos en la tabla 8.

Tabla 8

Resultados Primera Inspección

Inspección visual a los 5 000 km posterior a su instalación

Vista superior



Vista inferior



Vista lateral



Vista frontal



Durante la primera inspección se pudo constatar que el prototipo no sufrió ningún cambio físico en su estructura. En ese sentido, todas las partes de este se encontraban en su lugar y no hubo ningún tipo de deformación en el prototipo. Como resultado, por el momento el prototipo fabricado con bioplástico a base de ácido poliláctico es resistente a la temperatura y vacío a la que un filtro común está sometido durante su funcionamiento. Asimismo, se procedió a instalar nuevamente el prototipo para someterlo nuevamente a 5 000 km de funcionamiento.

Una vez concluido el siguiente periodo de 5 000 km se procedió a retirar el prototipo de filtro de aire para realizar una última inspección visual. Los resultados obtenidos son expuestos en la tabla 9.

Tabla 9*Resultados de la Segunda Inspección*

Inspección visual a los 10 000 km posterior a su instalación

Vista superior



Vista inferior



Vista lateral



Vista frontal



Al finalizar la prueba y realizar la segunda inspección, se pudo apreciar que el prototipo de filtro de aire no sufrió ninguna alteración física; por lo tanto, su estructura no presentó ninguna deformación.

4.2 Análisis de Resultados del Prototipo de Filtro de Aire Fabricado con Biopolímeros de Ácido Poliláctico

El presente análisis tuvo como objetivo examinar y evaluar los resultados obtenidos de la investigación y prueba realizada al prototipo de aire fabricado mediante impresión 3D con bioplásticos de ácido poliláctico. En ese orden de ideas, el desarrollo de esta tesis se llevó a cabo a través de un estudio experimental, en el cual se sometió un prototipo al funcionamiento normal de un filtro de aire común durante 10 000 km.

Durante el primer periodo de funcionamiento, se constató que la estructura no sufriera ningún tipo de alteración física; por lo tanto, se volvió a instalar y se sometió a prueba durante un periodo de 5 000 km más. Una vez transcurrido el siguiente periodo se retiró el prototipo y se constató que no había sufrido ninguna alteración física en su estructura. Por ende, se concluyó que el material bioplástico de ácido poliláctico soportará las condiciones de funcionamiento de un motor atmosférico sin alterar o dañar su estructura durante su periodo de funcionamiento. En cuanto a los resultados de la simulación digital representada en la figura 34, se puede constatar que presenta un desplazamiento máximo de 0,0039 mm siendo esta una deformación insignificante

que no representa ningún daño en la estructura del prototipo. En lo concerniente a la deformación elástica según la tensión de Von Mises (figura 35) la estructura no presenta ninguna alteración sometiendo a 50 kPa. En la última prueba presentada en la figura 36 donde presenta el coeficiente de seguridad podemos observar que esta obtuvo 14,27 ul estando muy por encima de sufrir daños a la estructura.

En lo concerniente al costo de materia prima, según la información obtenida de la tabla 1, se constató que el valor del bioplástico de ácido poliláctico es 267 % mayor comparado con el plástico derivado del petróleo; por tal motivo, se concluyó que este material por costos de materia prima no es rentable para la sustitución en fabricación de estructuras de filtros de aire.

Con la información obtenida de la investigación realizada por Alomoto y Ormaza (2020), se encontró que producir 1 kg de ácido poliláctico a nivel de laboratorio demora 6 horas y tiene un costo de USD 7,76. Por ello, se evidencia que, al momento, en el Ecuador, a pesar de poseer una gran cantidad de fuentes de materia prima, este no dispone de las instalaciones para procesarlo y producirlo de manera que abastezca la demanda actual para la fabricación de filtros de aire.

Conclusiones

Mediante esta investigación se determinó que a pesar de que Ecuador posee una fuente abundante de materia prima no cuenta con la infraestructura adecuada para procesarla. Por lo tanto, el costo de adquisición es considerablemente elevado. Por otra parte, considerar importar el ácido poliláctico ya procesado resulta costoso, puesto que el precio de la materia prima sigue siendo un 267 % más costoso versus del material de origen del petróleo.

Asimismo, fue posible realizar la fabricación del prototipo a través de la impresión 3D; sin embargo, el costo y el tiempo son altos en comparación con un filtro de aire de común. En efecto, la impresión 3D no es un método rentable para producir piezas automotrices a gran escala debido a su costo y tiempo. En esa medida, para fabricar el prototipo del filtro de aire fue necesario realizar una modificación en el diseño original de la estructura para insertar el papel filtrante en la estructura.

El prototipo de filtro de aire fabricado con ácido poliláctico se sometió a las mismas condiciones de funcionamiento que un filtro de aire común en un motor atmosférico, durante un periodo de 10 000 km, de tal modo que superó sin presentar alguna alteración en su estructura.

Finalmente, con los datos recopilados se concluyó que en este momento al país no le resulta rentable sustituir plásticos de origen del petróleo por plásticos de origen de ácido poliláctico a pesar de que este soporta, de igual manera, las condiciones de funcionamiento que un filtro de aire fabricado con plástico de origen del petróleo. Igualmente, el país posee la materia prima, pero no se cuentan con los recursos para procesarla, lo que provoca su elevado costo.

Recomendaciones

Esta investigación aporta al desarrollo y aplicación de bioplásticos para diversos usos de la industria automotriz. En esa medida, es recomendable la inversión de implementar una planta productora de ácido poliláctico debido a su abundante fuente de materia prima con el fin de reducir considerablemente su costo de obtención.

Se recomienda la industrialización del proceso de fabricación de los prototipos mediante el método de moldeo por inyección, siendo este el más adecuado para este tipo de producto, con el fin de acelerar su producción, abarcar demanda y reducir costos. Siendo así, la impresión 3D no es un método rentable para producir piezas automotrices a gran escala debido a su costo y tiempo.

Este proyecto de titulación se centra en someter el prototipo fabricado a condiciones de funcionamiento de un motor atmosférico, dejando paso para realizar los estudios en motores sobrealimentados y las modificaciones a tener en cuenta en su diseño.

En la actualidad la industria automotriz está en el auge de implementar nuevos materiales que tengan un menor impacto ambiental, por lo tanto, es recomendable seguir realizando pruebas en otros elementos que anteriormente se fabricaban con plásticos de origen del petróleo y sustituirlo por bioplásticos.

Bibliografía

- ABC-Pack. (2018). *Historia de los plásticos*. <https://www.abc-pack.com/enciclopedia/historia-de-los-plasticos/>
- Alomoto, Y., & Ormaza, E. (2020). *Obtención de ácido poliláctico (PLA) a partir del ácido láctico mediante el uso del catalizador de octoato de estaño. (Tesis de Ingeniería)*. Universidad Central De Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/22682/1/T-UCE-0017-IQU-108.pdf>
- Álvarez Rivera, A., Vera Puebla, E. G., Morales Neira, D. J., Ramos Rivero, V. L., G., C. S., B., T. G., & Merchán, N. (2021). *Análisis Comparativo de Molduras que Influyen en la Eficiencia Aerodinámica Sobre un Chasis de Karting por Medio de Simulación Computacional*. <https://doi.org/10.53887/se.vi.46>: Savez Editorial.
- Arriols, E. (2018). *Qué son los bioplásticos y cómo se producen*. <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-bioplasticos-y-como-se-producen-1187.html#:~:text=Los%20biopl%C3%A1sticos%20son%20un%20tipo,%2C%20en%20consecuencia%2C%20son%20biodegradables.>
- Autodoc Club. (2020). *Cómo funciona el motor de combustión interna de un automóvil*. <https://club.autodoc.es/magazin/como-funciona-el-motor-de-combustion-interna-de-un-automovil>
- AZ Adslzone. (2023). *Todo lo que debes saber sobre la impresión 3D y sus utilidades*. <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/impresion-3d/>
- Baterías Ecuador. (2018). *Reciclaje de baterías - Protección activa del medio ambiente*. <http://www.bateriasecuador.com/sostenibilidad/>

- Blog Opinar. (2011). *El primer plástico y por qué te explotan las bolas*.
<https://blogopinar.blogspot.com/2011/07/el-primer-plastico-y-por-que-te.html>
- Cadena Jaramillo, S. C. (2012). *Fabricación de partes genéricas de plástico para la industria automotriz bajo sistema de moldeo por inyección*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/961>
- Carrillo, J. (junio de 2018). *Revistaneo.com*.
<https://www.revistaneo.com/articles/2018/06/14/automotriz-anuncia-plan-integral-de-sostenibilidad>
- Ecoticias. (2016). *La 'plaga' de los plásticos*. https://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/126125_plaga-plasticos
- Filtros A y Z. (2011). *El filtro de aire: Pulmón del motor*. <https://www.filtrosayz.com/blog-aire/>
- González, C. (2022). *¿Qué es un motor atmosférico?* Testcoches:
<https://testcoches.es/conceptos/motor-atmosferico/>
- Interempresas. (2021). *Michelin inicia la construcción de su primera planta de reciclaje de neumáticos*. <https://www.interempresas.net/Agricola/Articulos/325552-Michelin-inicia-la-construccion-de-su-primera-planta-de-reciclaje-de-neumaticos.html>
- Laird, K. (2022). *Performance driven by PLA*.
<https://www.sustainableplastics.com/news/biobased-pla-compounds-gain-foothold-auto-industry>
- Madrid, J. (2020). *Bioplástico en la industria del automóvil*.
https://oa.upm.es/65595/1/TFG_JORGE_MANUEL_MADRID_RODRIGUEZ.pdf
https://oa.upm.es/65595/1/TFG_JORGE_MANUEL_MADRID_RODRIGUEZ.pdf
- Medium. (2019). *Stay curious*. <https://medium.com>

Mexpolimeros. (marzo de 2018). *Mexpolimeros*.

<https://www.mexpolimeros.com/app/aplicaciones.html>

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2021). *Ecuador impulsa reciclaje de baterías de vehículos*. <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-impulsa-reciclaje-de-baterias-de-vehiculos/>

Núñez, M. (2019). *Planta de producción de ácido poliláctico (PLA) a partir de ácido láctico [Tesis de Ingeniería]*. Universidad de Sevilla: <https://idus.us.es/handle/11441/91016>

Organ, A. J. (2007). *The Air Engine*. Woodhead Publishing.

Ouyuanshengfa. (s.f.). *Factory Direct Sale Plastic Raw Materials*. <https://ouyuanshengfa.en.made-in-china.com>

Plasticos MRHG. (s.f.). *Home*. <https://sites.google.com/site/plasticosmrhg/la-naturaleza-de-los-plasticos/plasticos-sinteticos>

Puente, E., Remache, A., Aulestia, R., & Noroa, M. (2017). *Análisis tribológico en un motor de gasolina con dos marcas de lubricantes y la misma especificación*. Universidad Internacional del Ecuador. Guayaquil: INNOVA. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n3.2017.191>

Red Itevelesa. (2019). *Todos los elementos que puedes reciclar de tu coche*. <https://www.itevelesa.com/es/blog/todos-los-elementos-que-puedes-reciclar-de-tu-coche>

RO-DES. (s.f.). *El filtro de aire de un coche: ¿qué es y para qué sirve este elemento?* <https://www.ro-des.com/mecanica/filtro-de-aire-que-es-y-para-que-sirve/>

Tecnología del Plástico. (2015). *El uso de bioplásticos se masifica en la industria automotriz*. <https://www.plastico.com/es/noticias/el-uso-de-bioplasticos-se-masifica-en-la-industria-automotriz>

UltiMaker. (s.f.). *PLA for S series*. <https://ultimaker.com/materials/pla>

Universo, E. (2021). *El Universo*. <https://www.eluniverso.com/patrocinado/bioplastico-restos-organicos-reciclados-transformados-en-articulos-de-uso-diario/>

ZEApplast. (s.f.). *ZEApplast productos biodegradables* . <https://www.zeaplast.cl/plasticos-biodegradables/historia-de-los-bioplasticos+-20>

Anexos

Anexo 1: Informe de Obtención de Resultados de Análisis Estructural del Prototipo de

Filtro de Aire Fabricado con Bioplásticos de Ácido Poliláctico a través de Software

Inventor

Informe de análisis de tensión filtro de aire

Archivo analizado:	filtro.ipt
Versión de Autodesk Inventor:	2023.1 (Build 271208000, 208)
Fecha de creación:	12/10/2023, 10:33
Autor del estudio:	Bryan Carranza
Resumen:	



▣ Análisis estático:1

Objetivo general y configuración:

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de estudio	Análisis estático
Fecha de la última modificación	12/10/2023, 10:26
Estado de modelo	[Principal]
Detectar y eliminar modos de cuerpo rígido	No

▣ iProperties

▣ Resumen

Autor edverapu

▣ Proyecto

Diseñador	edverapu
Coste	\$0,00
Fecha de creación	15/3/2023

▣ Estado

Estado del diseño Trabajo en curso

▣ Personalizado

Sending System	SolidWorks 2022
Last Author	cmuri
Last Saved	17/3/2023

☐ Propiedades físicas

Material	Plástico PET
Densidad	1,541 g/cm ³
Masa	0,336267 kg
Área	138835 mm ²
Volumen	218213 mm ³
Centro de gravedad	x=110,808 mm y=12,9571 mm z=-92,449 mm

Nota: los valores físicos pueden ser diferentes de los valores físicos utilizados por CEF indicados a continuación.

Configuración de malla:

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0.1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0.2
Factor de modificación	1.5
Ángulo máximo de giro	60 deg
Crear elementos de malla curva	Sí

☐ Material(es)

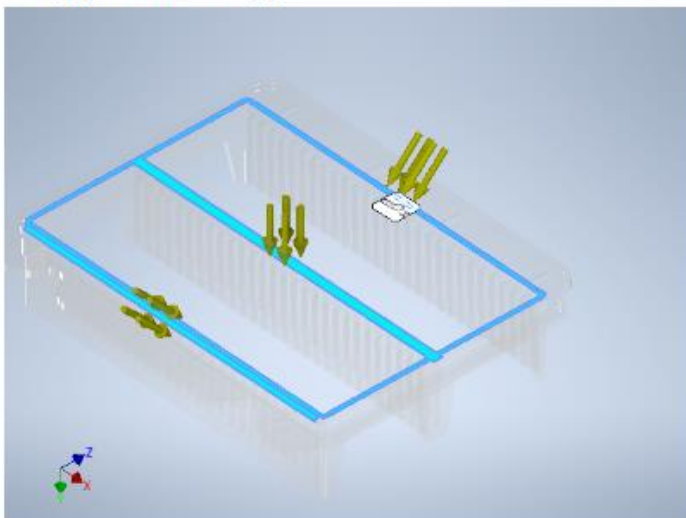
Nombre	Plástico PET	
General	Densidad de masa	1,541 g/cm ³
	Límite de elasticidad	54,4 MPa
	Resistencia máxima a tracción	55,1 MPa
Tensión	Módulo de Young	27,579 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,417 ul
	Módulo cortante	9,73149 GPa
Nombre(s) de pieza	filtro.ipt	

☐ Condiciones de funcionamiento

☐ Presión:1

Tipo de carga	Presión
Magnitud	0,050 MPa

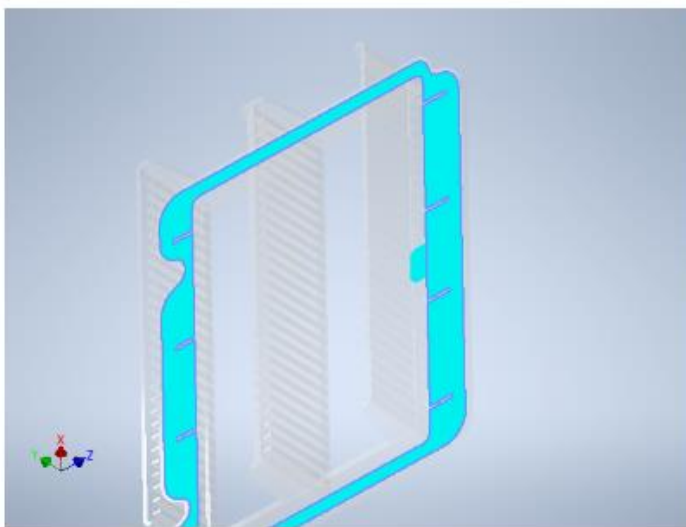
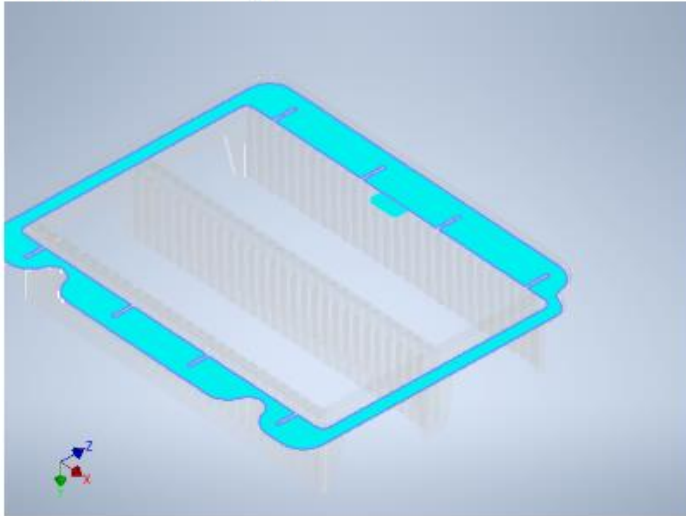
☐ Cara(s) seleccionada(s)



Restricción fija:1

Tipo de restricción Restricción fija

Cara(s) seleccionada(s)



Resultados

Fuerza y pares de reacción en restricciones

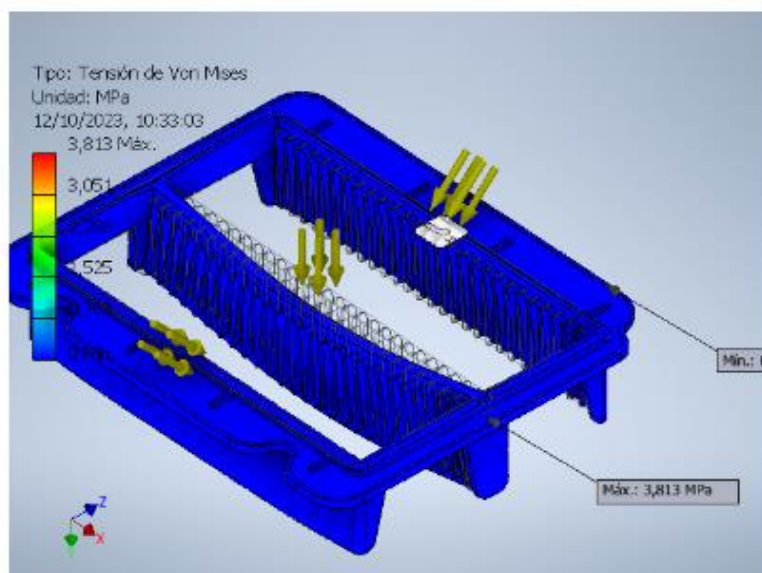
Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	165,744 N	0 N	1,10842 N m	-1,00816 N m
		-165,744 N		0 N m
		0 N		-0,460663 N m

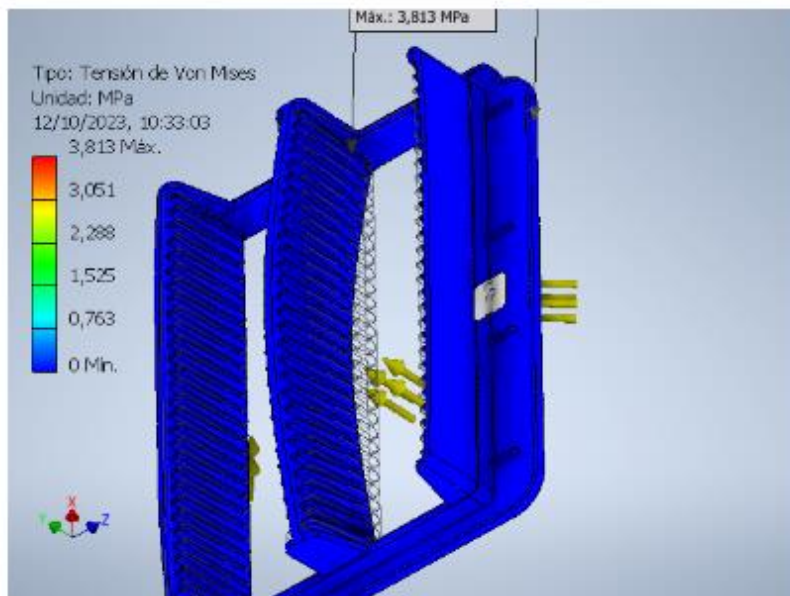
☐ Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	218213 mm ³	
Masa	0,336267 kg	
Tensión de Von Mises	0,0000121326 MPa	3,81337 MPa
Primera tensión principal	-3,37915 MPa	5,77867 MPa
Tercera tensión principal	-5,88646 MPa	1,91653 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0039679 mm
Coefficiente de seguridad	14,2656 ul	15 ul
Tensión XX	-3,85534 MPa	3,03034 MPa
Tensión XY	-1,72818 MPa	0,981378 MPa
Tensión XZ	-0,256671 MPa	0,26237 MPa
Tensión YY	-5,40283 MPa	4,59989 MPa
Tensión YZ	-0,27835 MPa	0,360676 MPa
Tensión ZZ	-3,8426 MPa	3,09232 MPa
Desplazamiento X	-0,00155763 mm	0,00153488 mm
Desplazamiento Y	-0,000024926 mm	0,0039658 mm
Desplazamiento Z	-0,000830261 mm	0,000810595 mm
Deformación equivalente	0,000000000486198 ul	0,000132467 ul
Primera deformación principal	-0,0000000847593 ul	0,000138185 ul
Tercera deformación principal	-0,000104358 ul	-0,0000000000163952 ul
Deformación XX	-0,0000549915 ul	0,0000413252 ul
Deformación XY	-0,0000887935 ul	0,0000504229 ul
Deformación XZ	-0,0000131876 ul	0,0000134805 ul
Deformación YY	-0,0000795093 ul	0,00010874 ul
Deformación YZ	-0,0000143015 ul	0,0000185314 ul
Deformación ZZ	-0,0000148051 ul	0,0000220016 ul

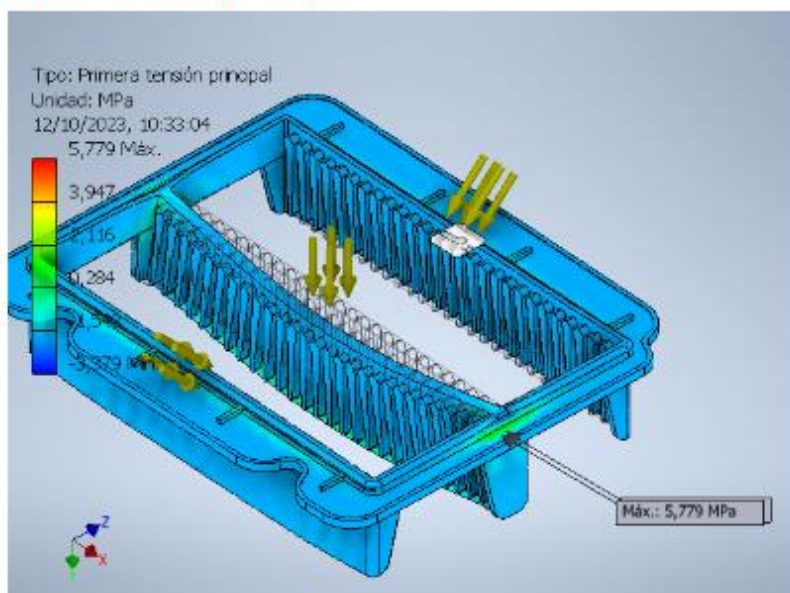
☐ Figuras

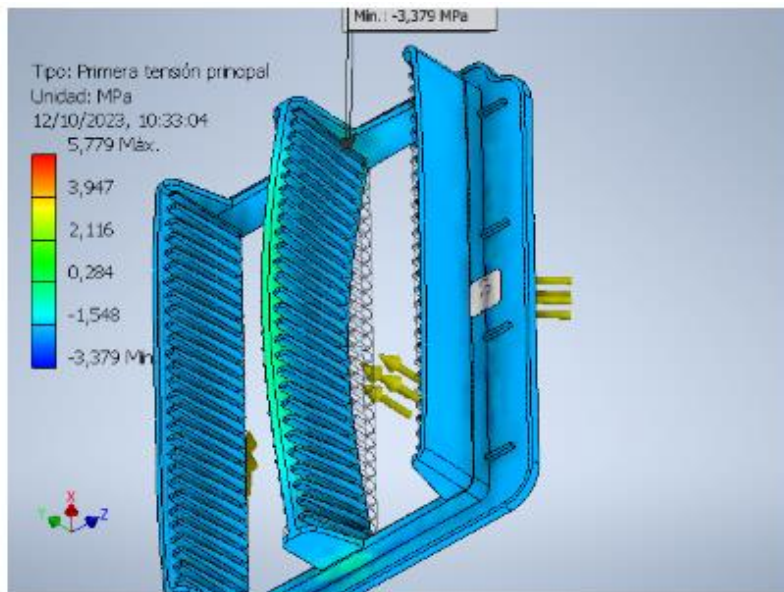
☐ Tensión de Von Mises



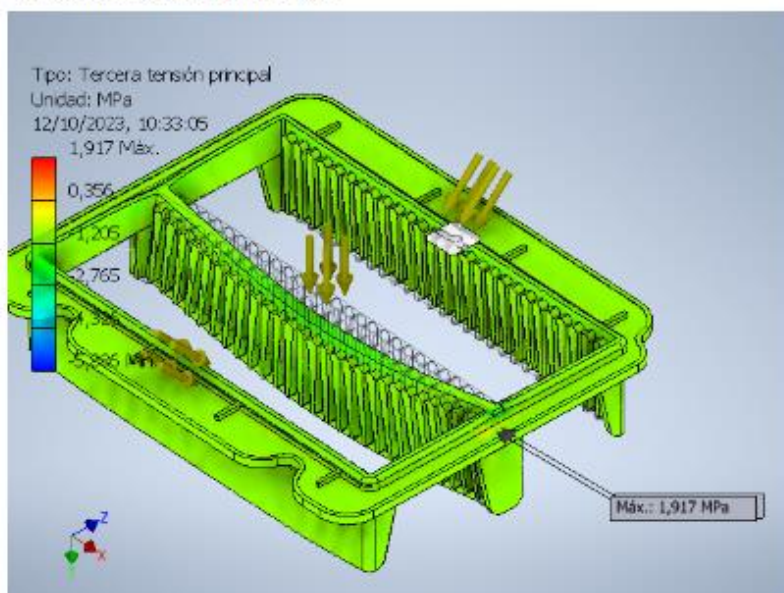


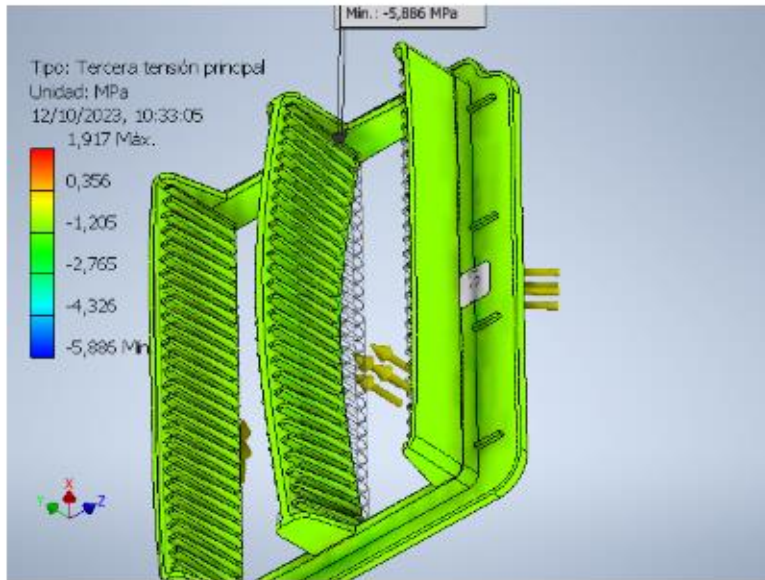
☰ Primera tensión principal



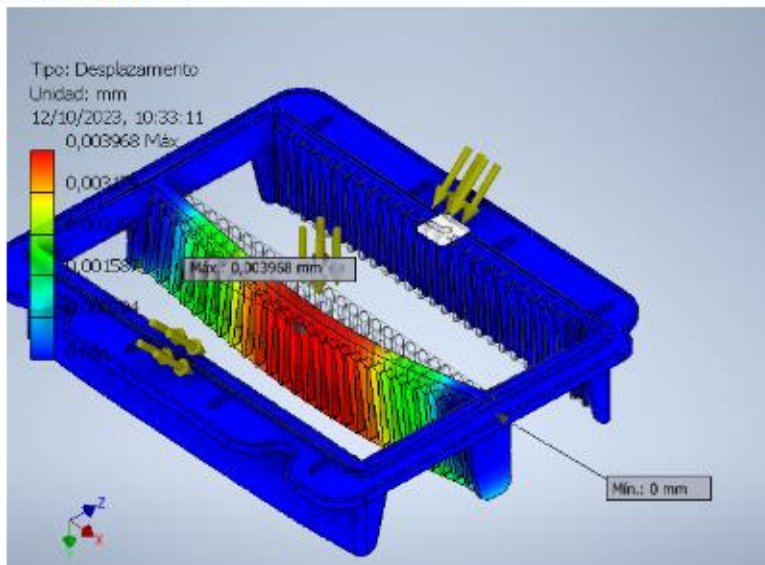


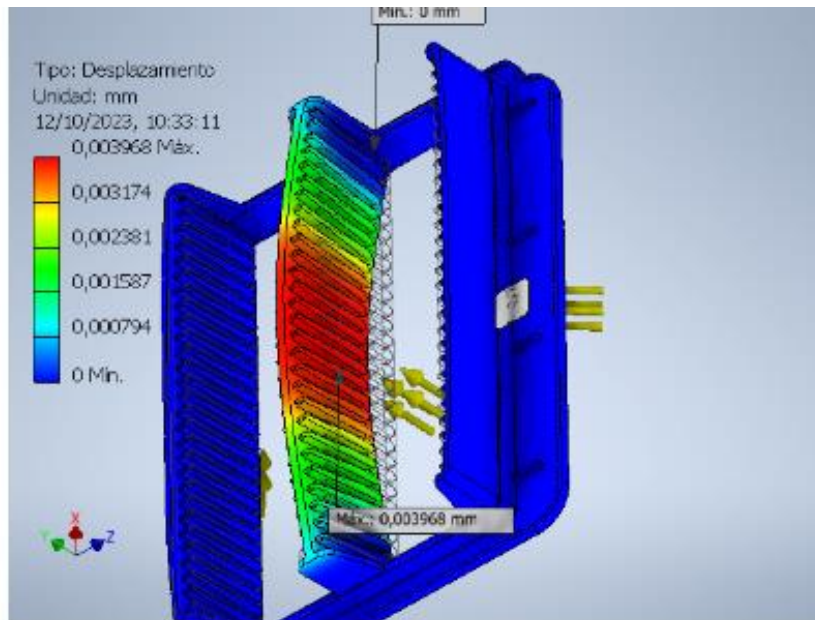
≡ Tercera tensión principal



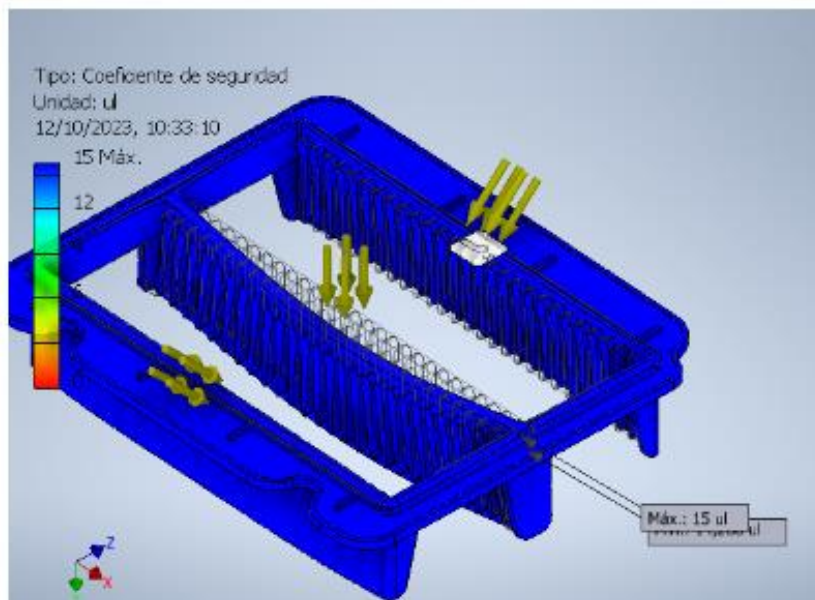


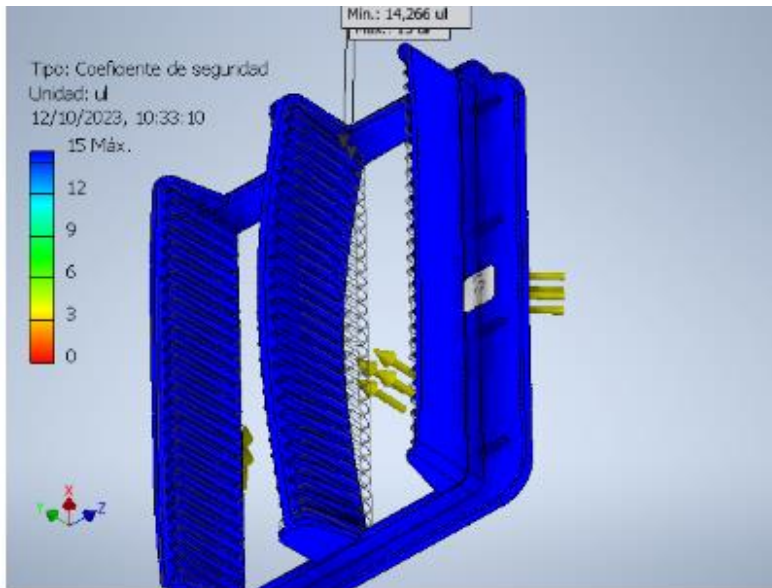
Desplazamiento



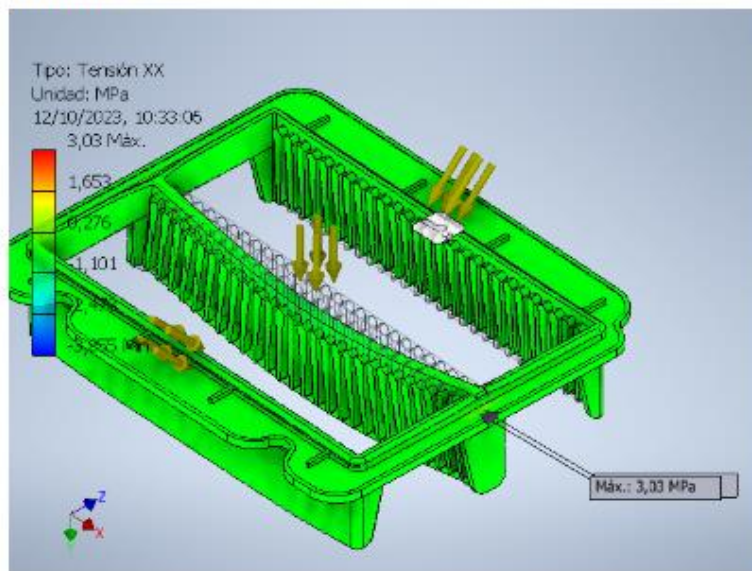


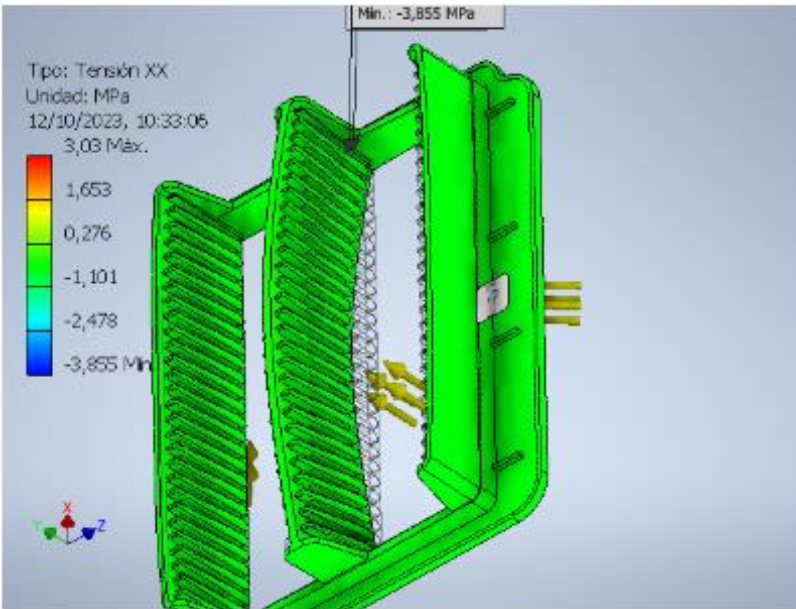
1) Coeficiente de seguridad



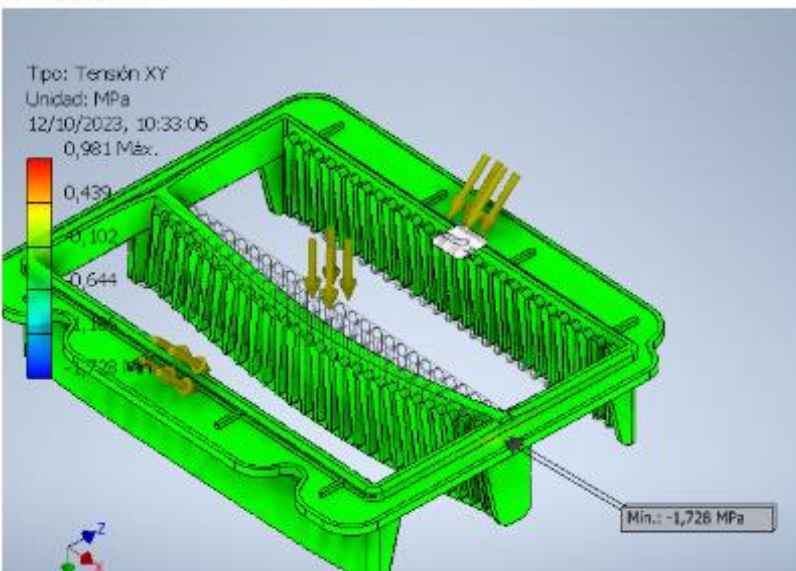


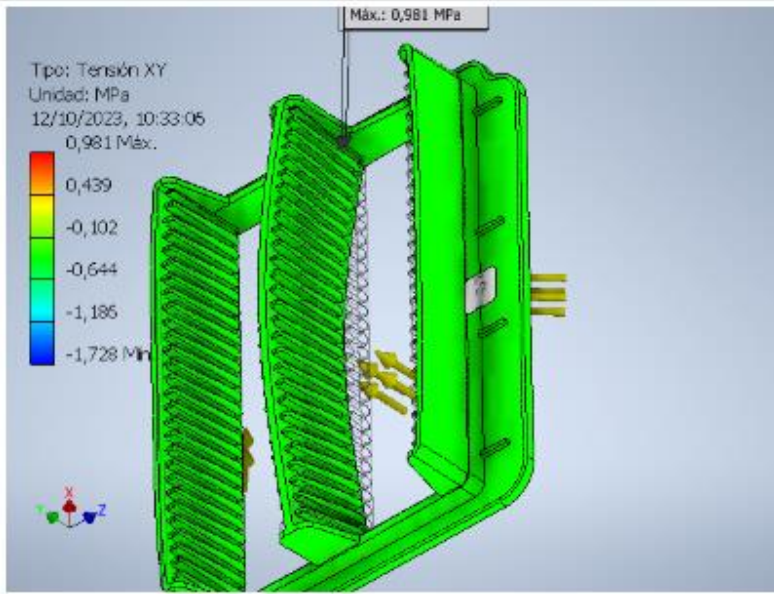
☐ Tension XX



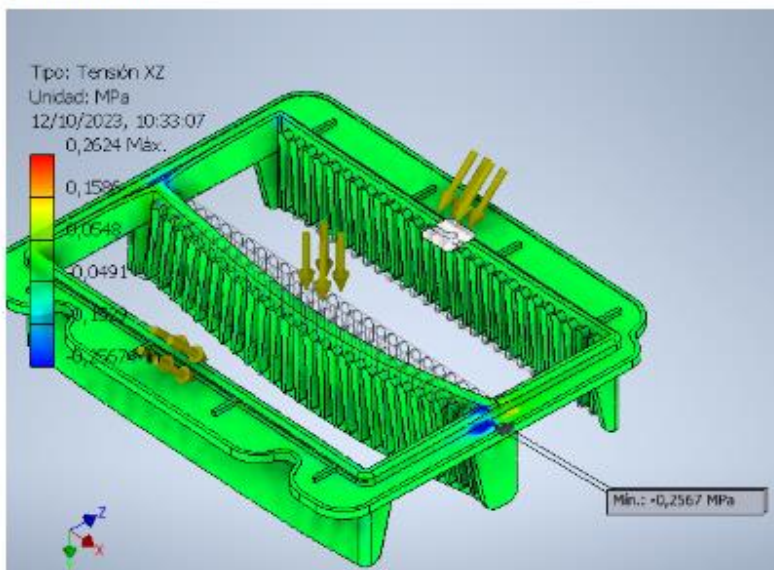


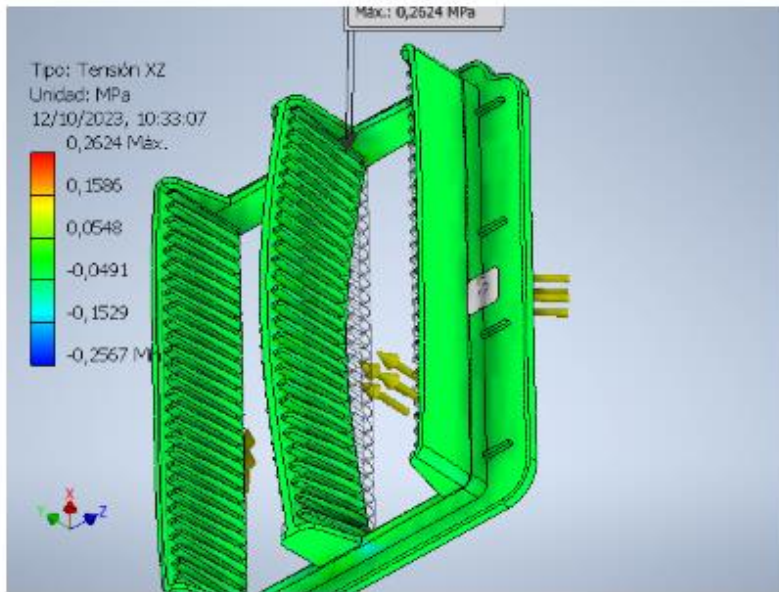
3 Tension XY



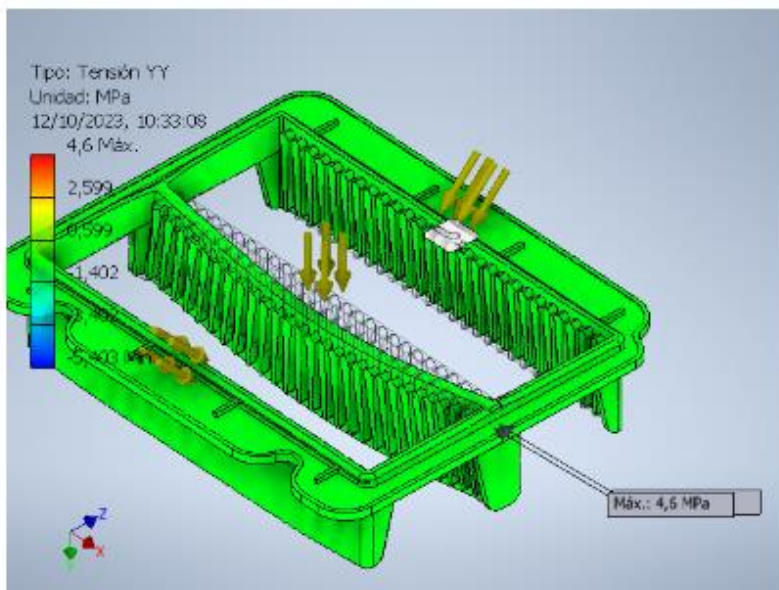


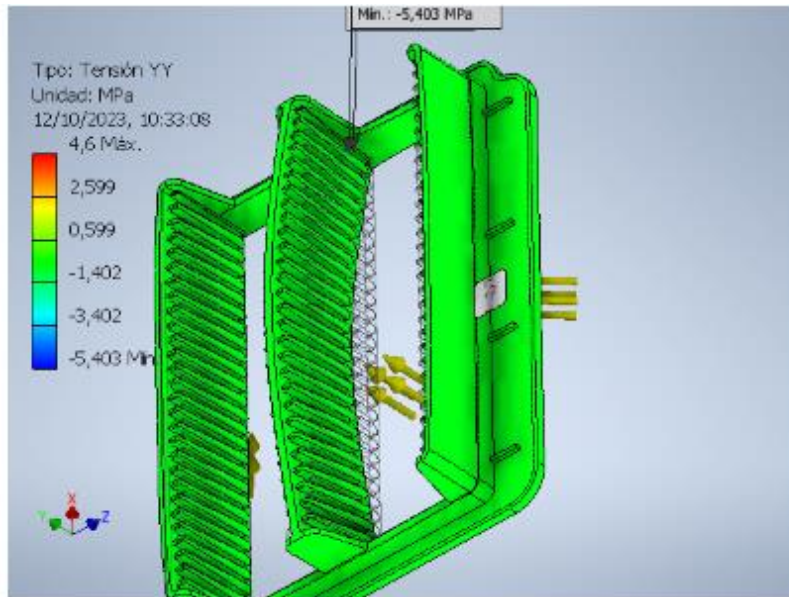
☐ Tensión XZ



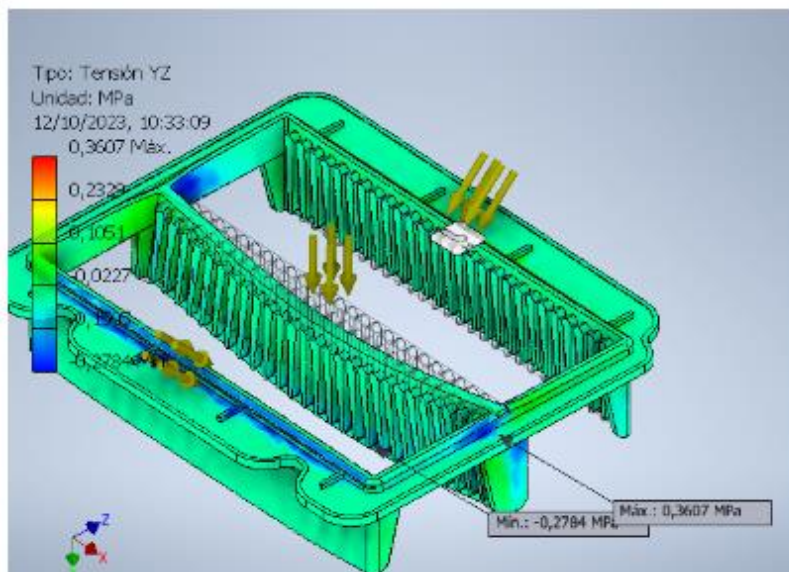


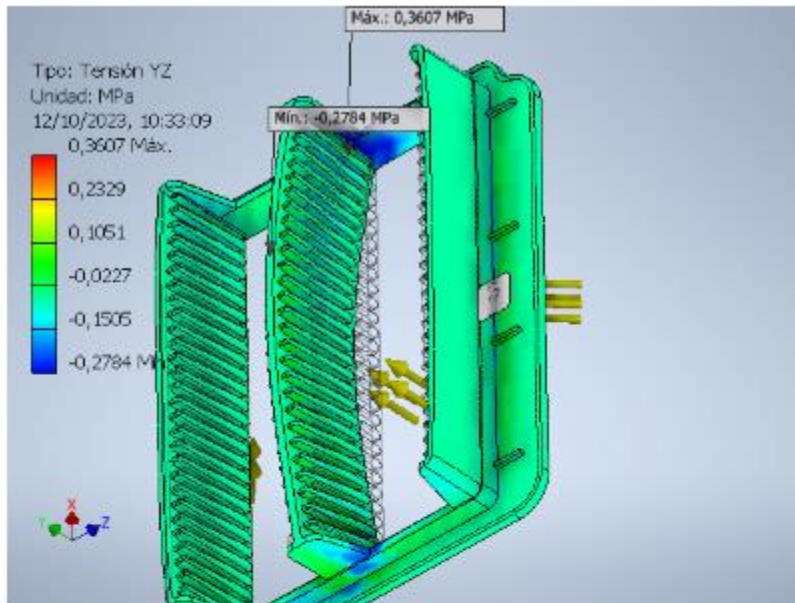
☐ Tensión YY



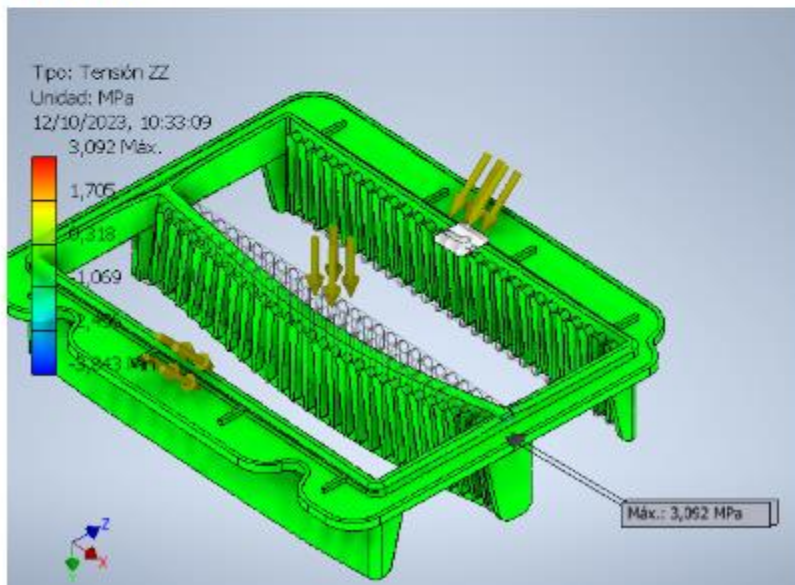


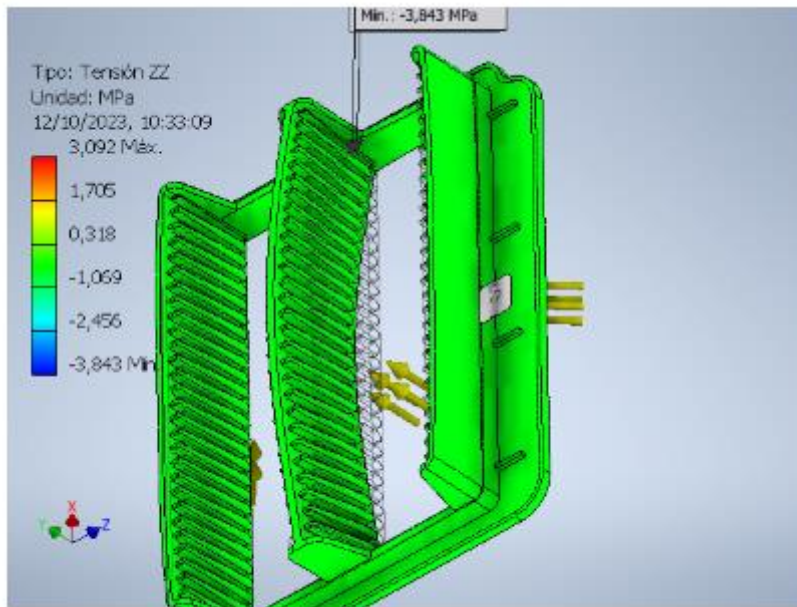
] Tensión YZ



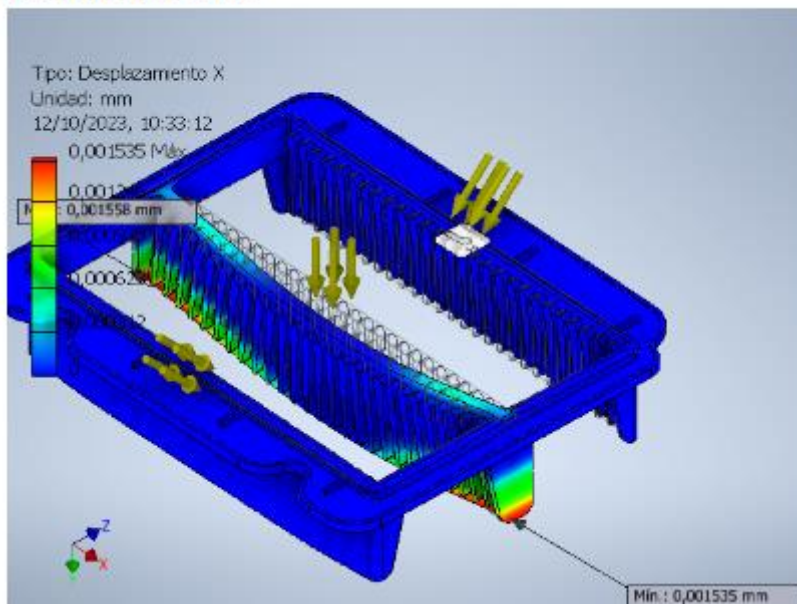


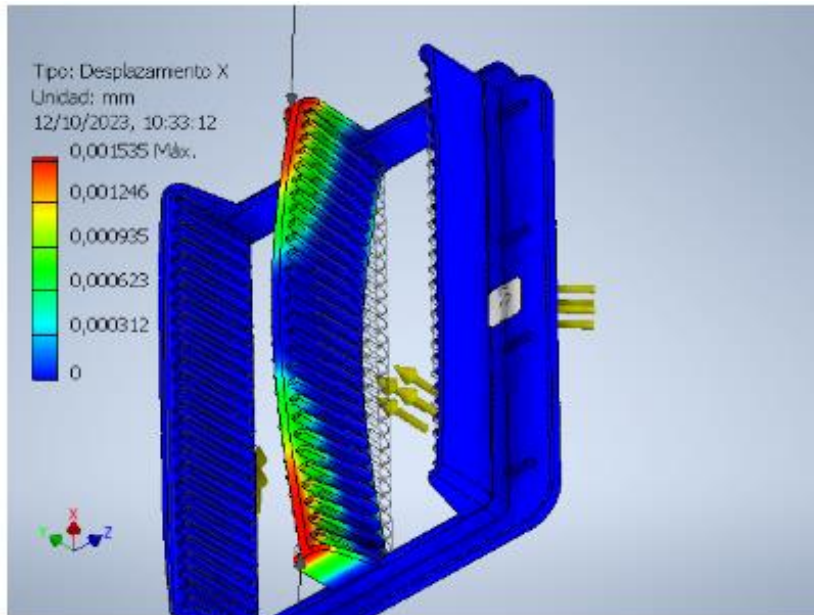
∃ Tensión ZZ



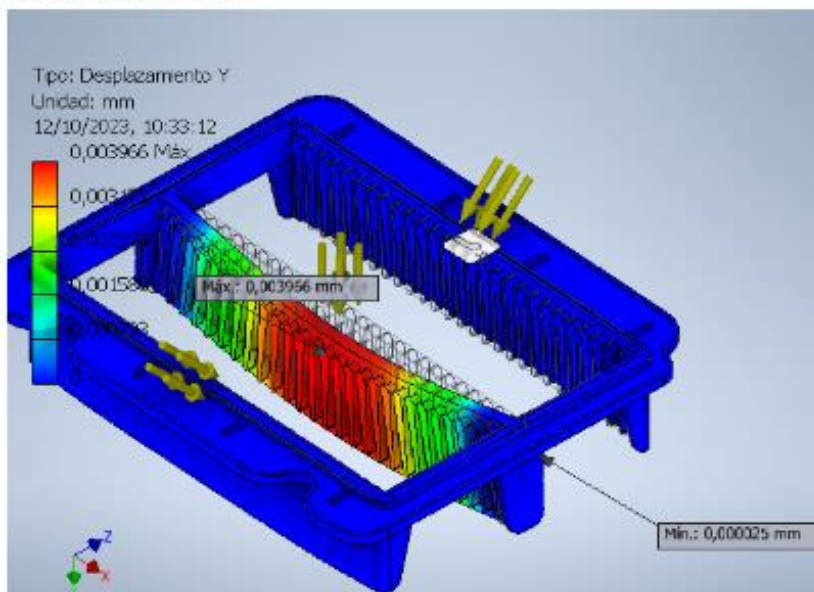


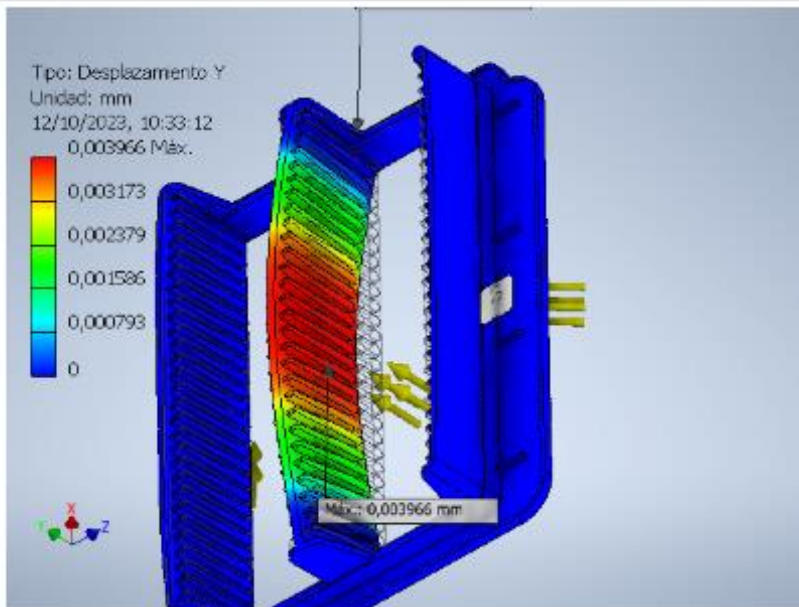
Desplazamiento X



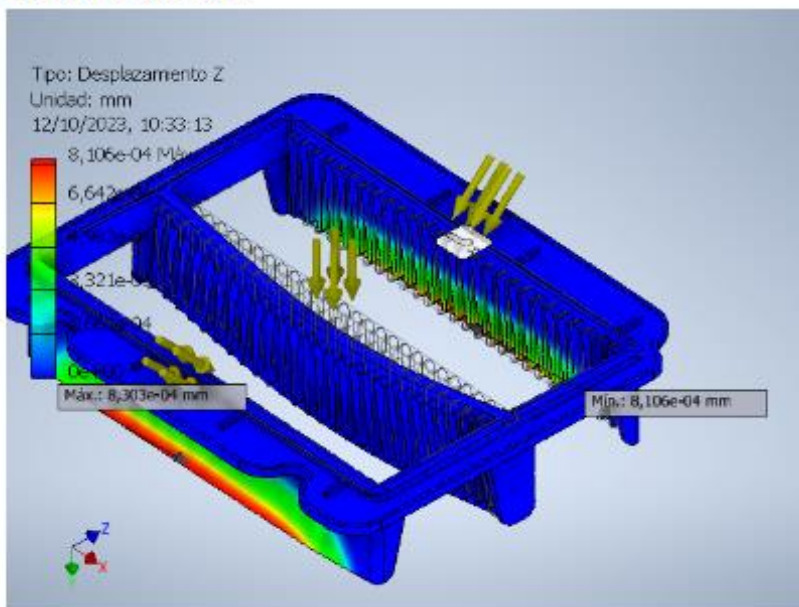


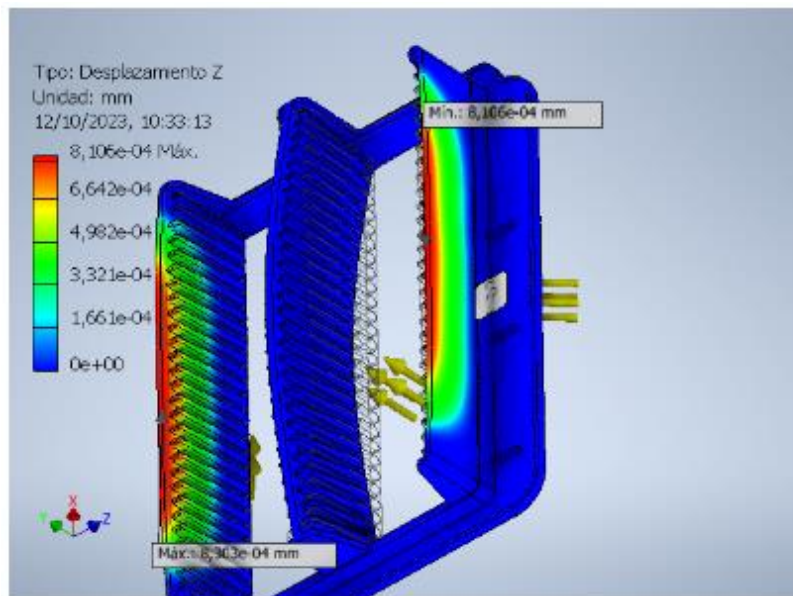
Desplazamiento Y



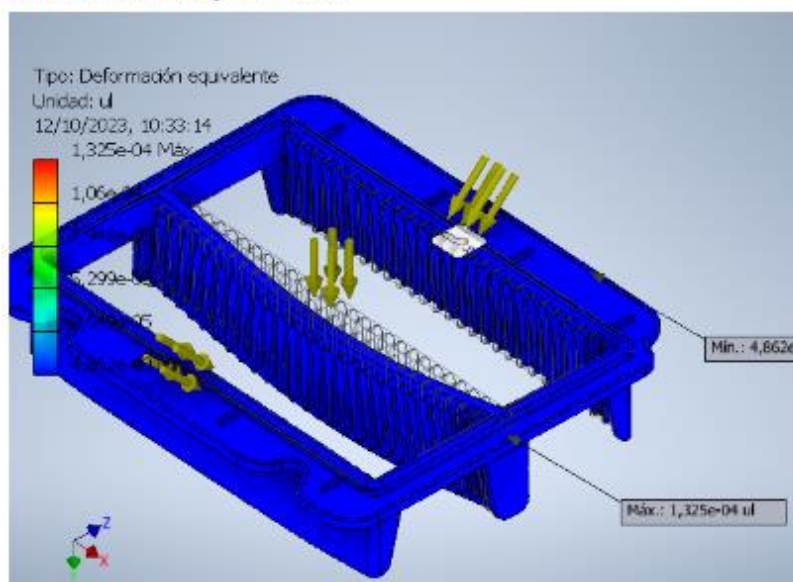


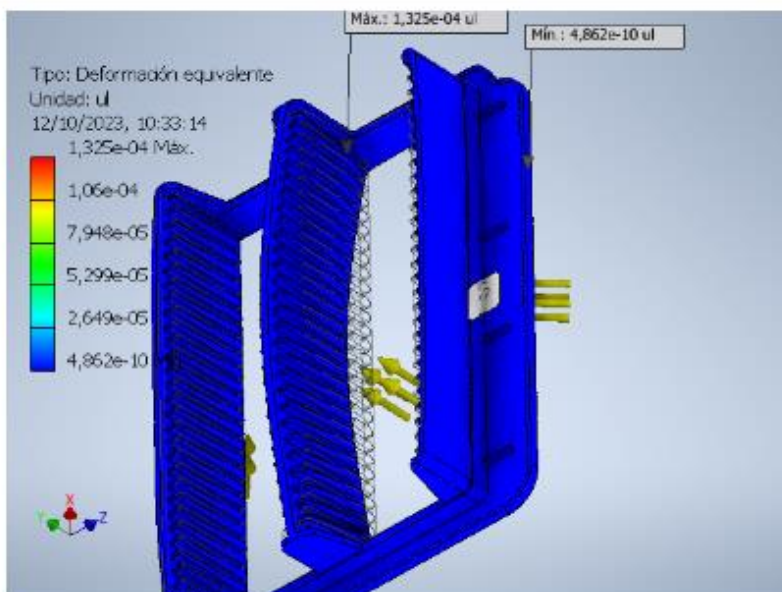
▣ Desplazamiento Z



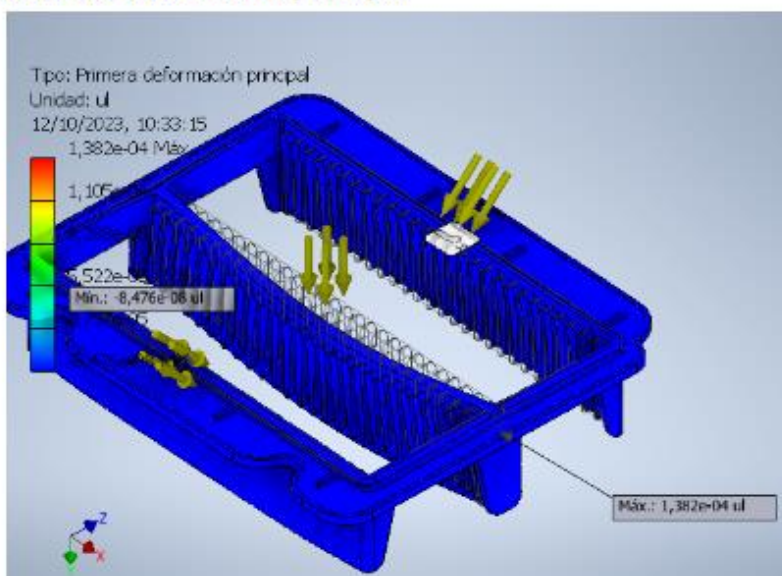


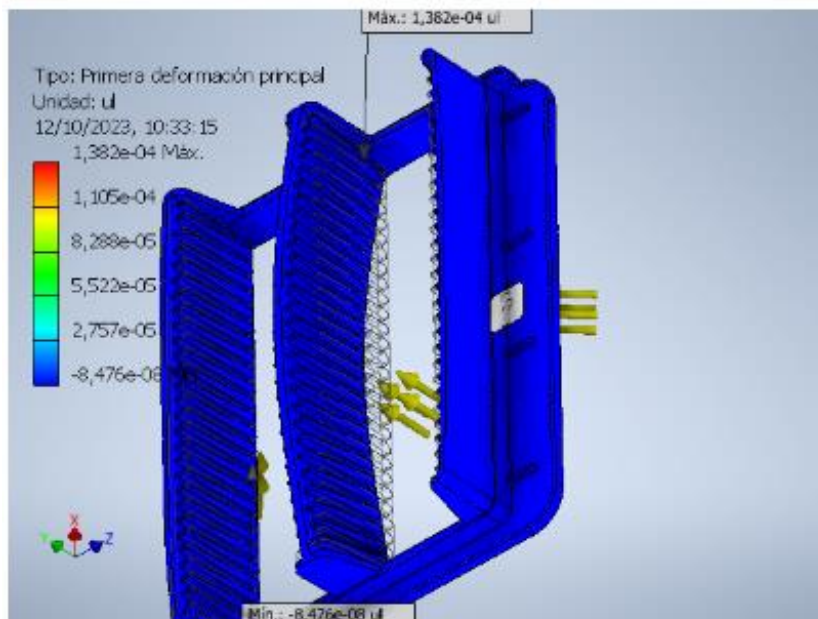
Deformacion equivalente



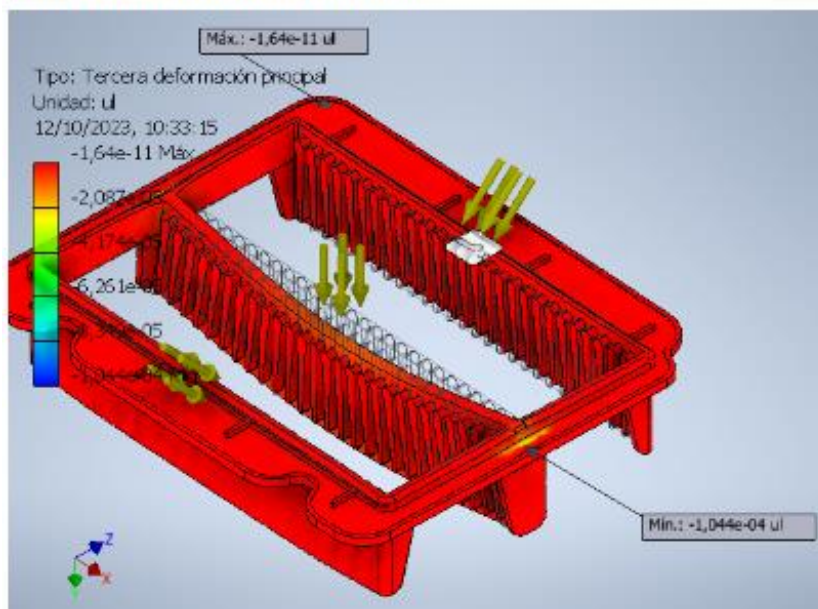


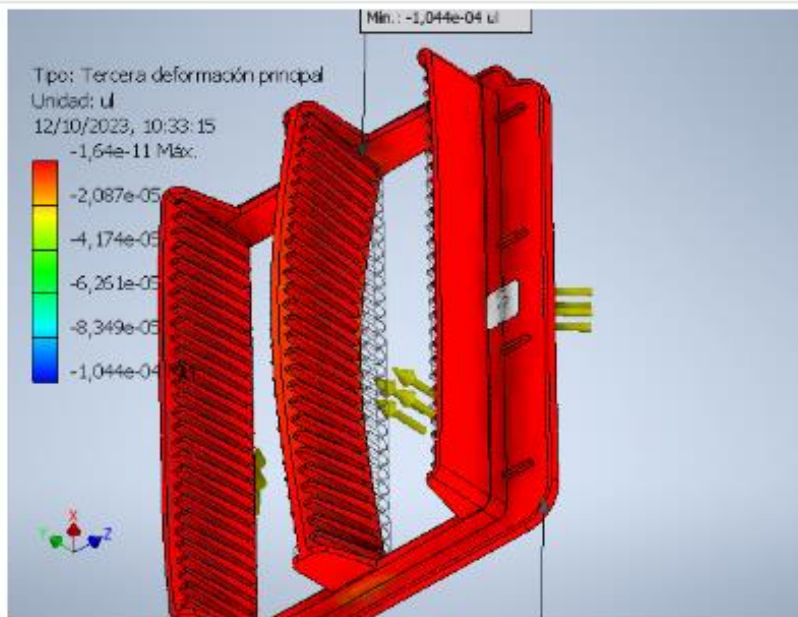
☐ Primera deformacion principal



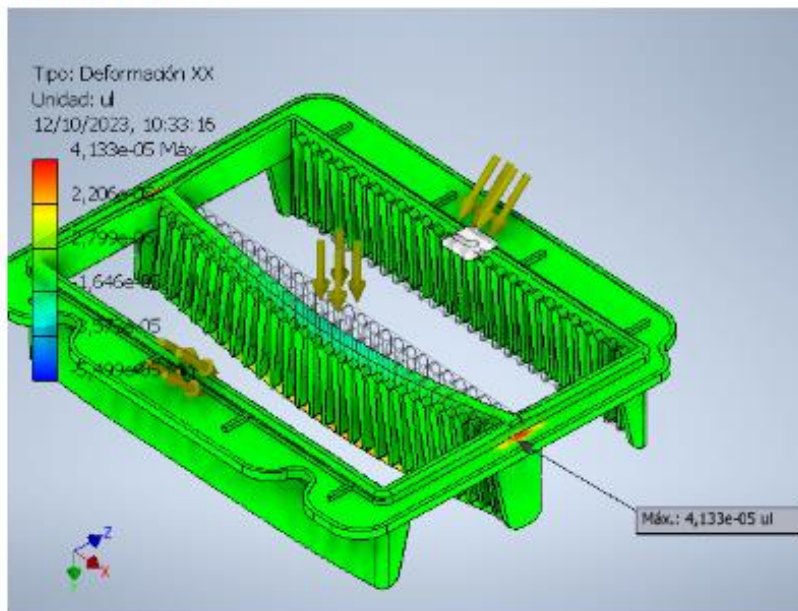


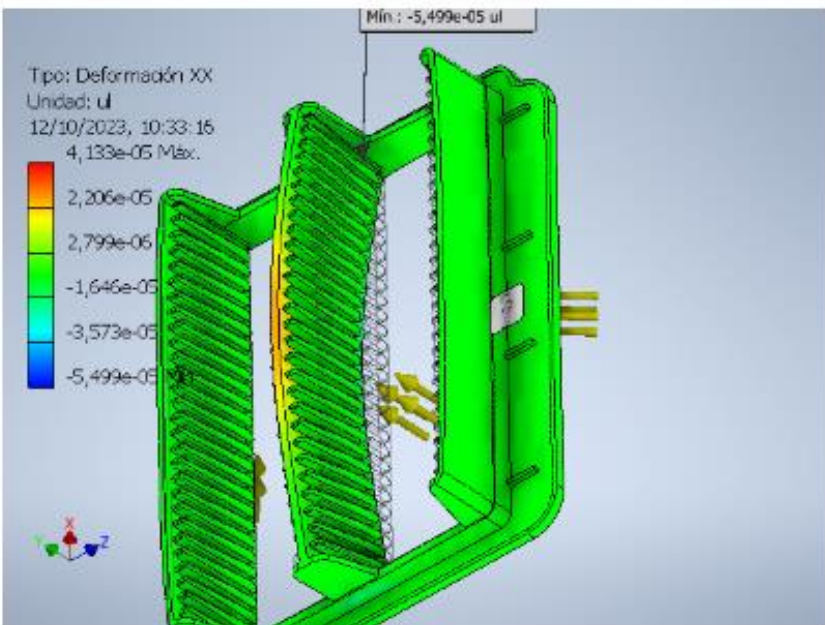
Tercera deformación principal



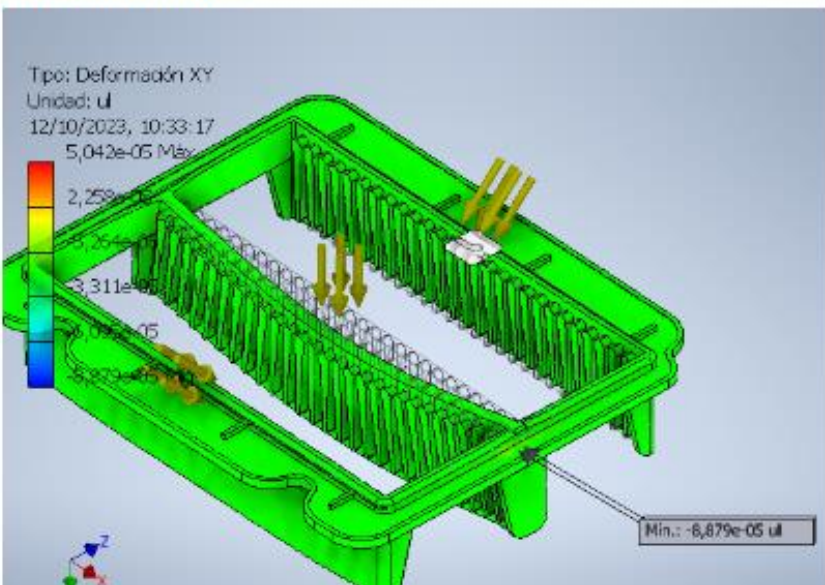


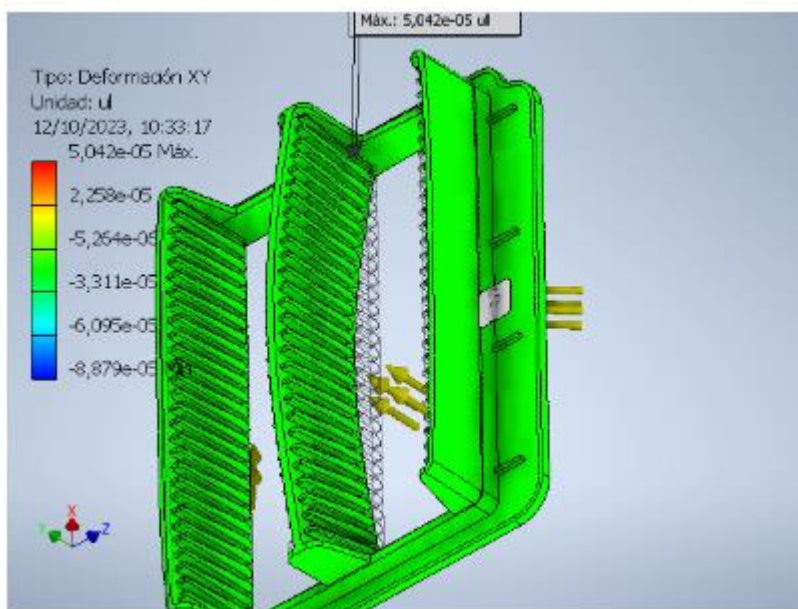
☐ Deformación XX



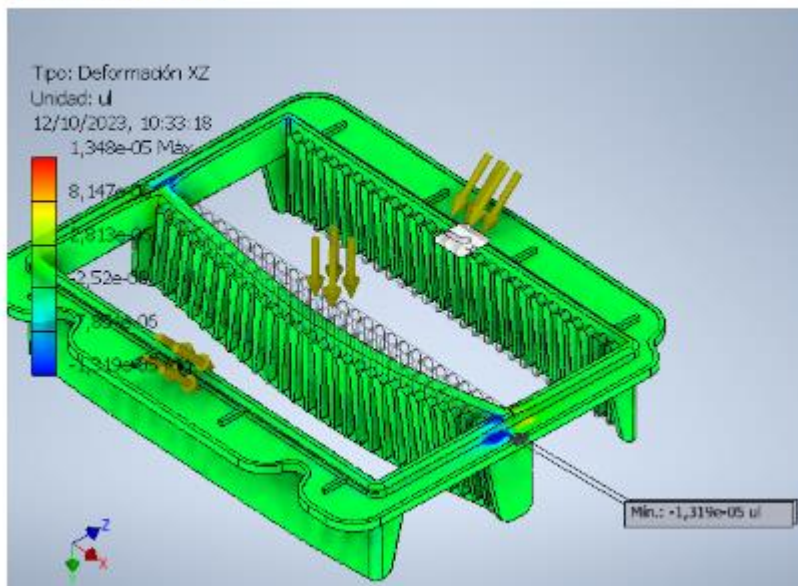


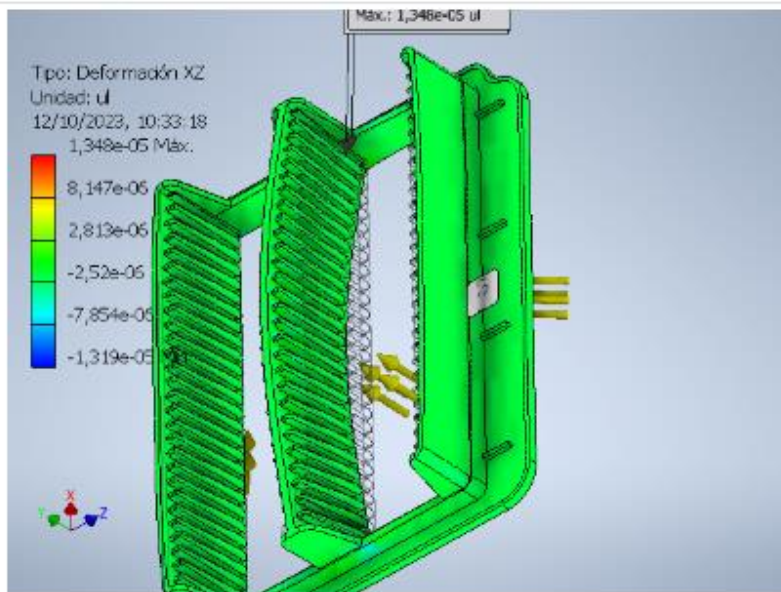
] Deformacion XY



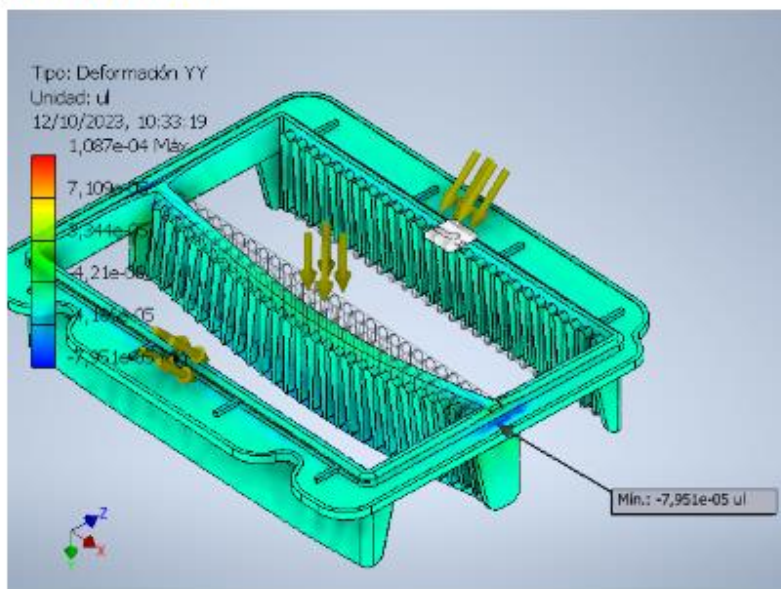


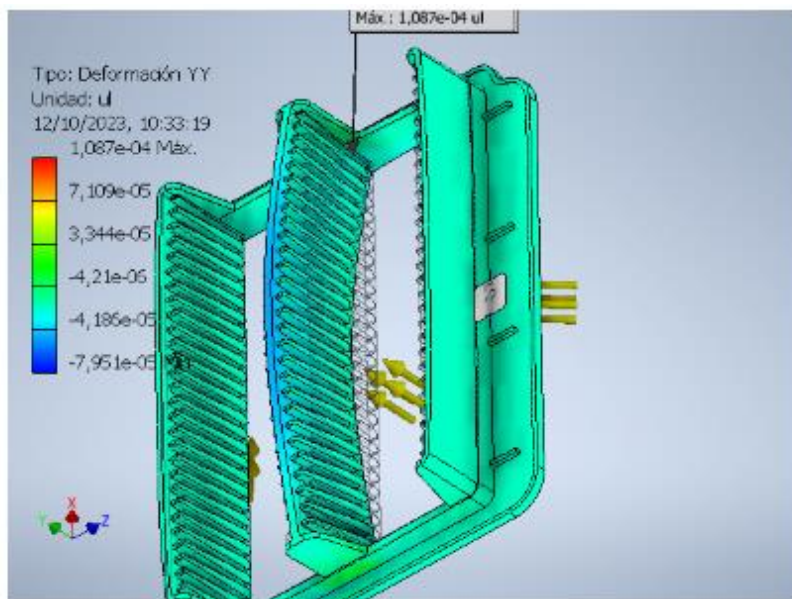
Deformacion XZ



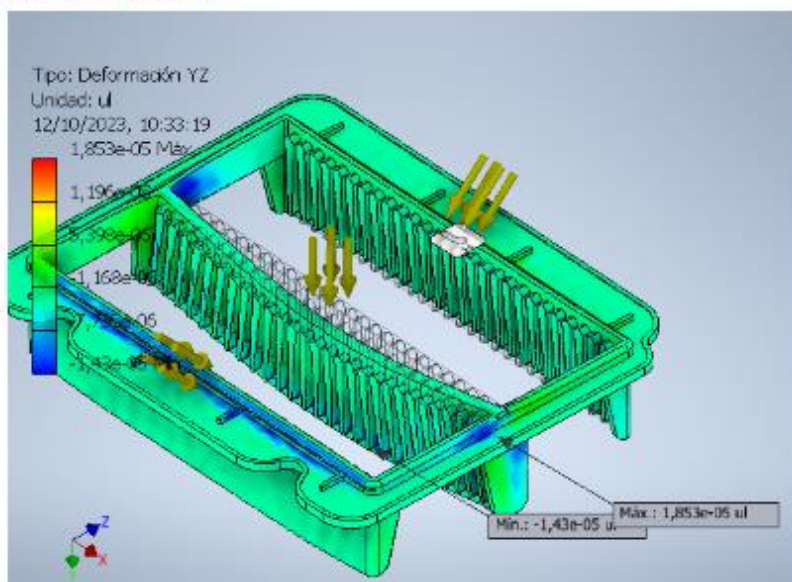


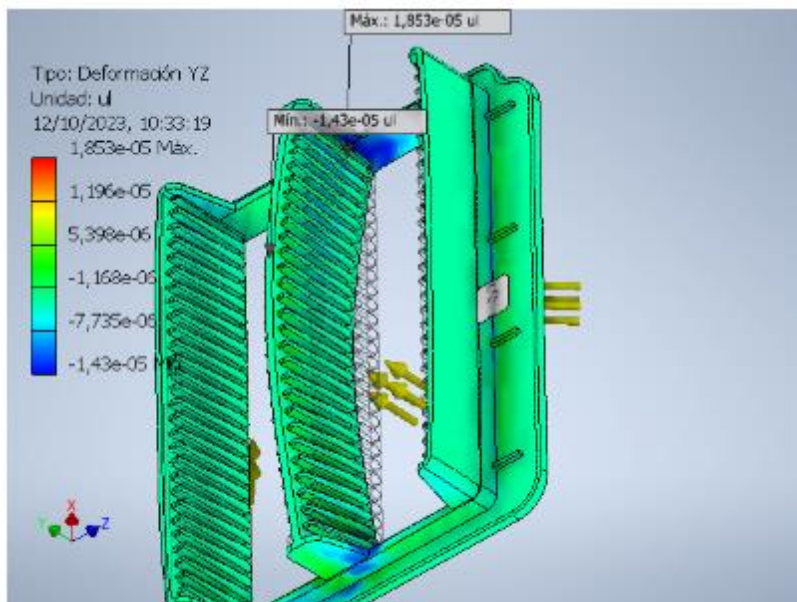
☐ Deformación YY





Deformacion YZ





Deformacion ZZ

