

**Universidad Internacional Del Ecuador**



**Escuela De Ingeniería Mecánica Automotriz**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de ingeniero automotriz**

**Diseño de un prototipo de generador de tensión eléctrica basado en el movimiento oscilatorio de un amortiguador del tipo hidráulico mono tubo.**

**Ángel Eduardo Salazar Díaz**

**Director: Ing. Fernando Suárez**

**Quito, octubre 2021**

**Universidad Internacional Del Ecuador**  
**Facultad de Ciencias Técnicas**

**CERTIFICADO**

**ING. JORGE FERNANDO SUÁREZ AIMACAÑA**

**CERTIFICA:** Que el trabajo titulado “**Estudio sobre la generación de tensión eléctrica en un modelo basado al movimiento oscilatorio vertical de un sistema de amortiguación**”, realizado por el estudiante **Ángel Eduardo Salazar Díaz**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional Del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si recomiendo su publicación. El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto que contiene toda la información de este trabajo.

Quito, octubre 2021



---

Ing. Jorge Fernando Suárez Aimacaña

**Director del Proyecto**

**Universidad Internacional Del Ecuador**

**Facultad de Ciencias Técnicas**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Ángel Eduardo Salazar Díaz declaro que el trabajo aquí descrito es de mi total autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado, ha sido desarrollado con base a una exhaustiva investigación, respetando los derechos intelectuales de terceros cuyas fuentes fueron incorporadas en la Bibliografía.

En virtud de la declaración precedente me hago responsable del contenido, veracidad y alcance científico para la facultad de Ingeniería Automotriz.

Quito, octubre 2021



---

Ángel Eduardo Salazar Díaz

**Universidad Internacional Del Ecuador**  
**Facultad de Ciencias Técnicas**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, Ángel Eduardo Salazar Díaz autorizo a la Universidad Internacional Del Ecuador, la publicación y divulgación en la Biblioteca Virtual de la Institución, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría.

Quito, octubre 2021



---

Ángel Eduardo Salazar Díaz

## **DEDICATORIA**

Dedico todo el esfuerzo y trabajo plasmado en este proyecto a:

Dios, quien me ha guiado en cada paso, cada trabajo, cada prueba y cada momento que he vivido durante este periodo de aprendizaje, es quien me ha dado fuerza para continuar y la tenacidad para levantarme de cada tropiezo que tuve.

A mis padres Miguel Salazar y Amparo Díaz por todo el apoyo incondicional y todos sus esfuerzos para que yo siga adelante, quienes han apoyado muchas de mis decisiones, han compartido los logros obtenidos, y quienes han dado cabida a que consiga ser un profesional.

A mis hermanos, quienes me han acompañado y apoyado en cada paso que doy, de quienes he aprendido tanto, que en parte este logro también es de ellos.

A mi hijo, quien cedió muchas de las horas que pudimos estar juntos para que su padre logre obtener su título profesional, quien me ha acompañado e incluso me ha dado las fuerzas para poder continuar.

Gracias a todos, quienes me han dado las fuerzas necesarias para lograrlo, quienes me han enseñado que todos forman parte de un logro personal, y todo esto ha sido posible gracias a ellos.

Ángel Eduardo Salazar Díaz

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a todas las personas que han aportado conocimiento para mi crecimiento personal y profesional, quienes han podido ayudarme a observar las cosas que he realizado bien y las que no, pues me han llamado la atención o me han hecho comentarios constructivos para mejorar y poder seguir adelante en el gran mundo del aprendizaje.

Agradezco a todos los profesores de mi facultad gracias a quienes al otorgar su valioso tiempo permitieron que pueda aprender cosas nuevas y perfeccionar tanto mis conocimientos como habilidades para el desarrollo de los trabajos y proyectos que fueron necesarios durante mi vida estudiantil en tan prestigiosa Universidad, sin olvidarme por supuesto de las personas en la administración de la facultad quienes siempre facilitaron un contacto directo según lo he requerido.

De igual manera agradezco la oportunidad de poder presentar este proyecto el cual simboliza la culminación de mi pregrado, de toda la inventiva que he plasmado en el mismo y de todo mi conocimiento adquirido para realizar un aporte a la comunidad. Una vez más me siento orgulloso de lo que he logrado y de lo que podré lograr.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CERTIFICADO</b> .....	II
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD</b> .....	III
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	IV
<b>DEDICATORIA</b> .....	V
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	VI
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	VII
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	XII
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	XVI
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
1.1 Introducción.....	3
1.2 Planteamiento, formulación y sistematización del problema. ....	4
1.2.1 Formulación del problema.....	5
1.2.2 Sistematización del problema. ....	5
1.3 Objetivos de la investigación.....	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.2 Objetivos específicos.....	6
1.4 Justificación y delimitación de la investigación. ....	7

1.4.1.1 Justificación teórica. ....	7
1.4.1.2 Justificación metodológica. ....	7
1.4.1.3 Justificación práctica. ....	7
1.4.2 Delimitación. ....	8
1.4.2.1 Delimitación temporal. ....	8
1.4.2.2 Delimitación geográfica. ....	8
1.4.2.3 Línea de investigación. ....	9
<b>MARCO REFERENCIAL</b> .....	10
2.1 Marco Teórico. ....	10
2.1.1 Sistema de amortiguación. ....	10
2.1.2. Prototipo .....	12
2.1.3 Impresión 3D .....	13
2.1.4. Tensión o diferencia de potencial .....	16
2.1.5. Intensidad de corriente.....	16
2.1.6. Motor Eléctrico .....	16
2.1.7. Dispositivos de medición eléctrica .....	18
2.1.8. Ley de Hooke.....	18
2.1.9. Movimiento oscilatorio.....	19
2.2.10 Sistemas Eléctricos Regenerativos en vehículos .....	19
2.2.11. Engranaje de trinquete .....	20

2.3.	Marco conceptual.....	21
2.3.1.	Autonomía .....	21
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>		<b>23</b>
3.1	Metodología.....	23
3.1.1.	Alcance. ....	23
3.2	Equipos, herramientas y materiales. ....	24
3.2.1	Equipos .....	24
3.2.2.	Herramientas.....	24
3.2.3.	Autocad.....	24
3.2.4.	Solidworks .....	26
3.2.5.	Cura.....	26
3.2.6.	Impresora 3D .....	27
3.2.7.	Filamentos.....	28
3.2.8.	Generador de tensión eléctrica.....	30
3.2.9.	Voltímetro.....	32
3.3.10	Amperímetro.....	32
3.3.11	Multímetro digital.....	33
3.4	Ensamblaje.....	34
3.4.1.	Pernos y rodamientos.....	35
3.4.2.	Componentes mecánicos .....	36

3.4.3. Alineación, verificación y rectificación de holguras .....	36
3.4.4. Conexión eléctrica del sistema de generación .....	37
3.5 Diseño .....	37
3.5.1. Tubo principal de amortiguador .....	37
3.5.2 Cubierta inferior roscada .....	40
3.5.3. Resorte de compresión.....	41
3.5.4. Eje de amortiguador.....	44
3.5.5. Cubierta superior .....	45
3.5.6. Tuerca de eje.....	46
3.5.7 Piñón principal conductor.....	48
3.5.8 Piñones conducidos .....	49
3.5.9. Sistema de trinquete a los piñones.....	49
3.5.10. Piñones a generadores.....	54
3.5.11. Cremallera.....	57
3.5.12. Cubierta superior modificada .....	58
3.6. Ensamblaje terminado .....	61
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>63</b>
4.1. Pruebas.....	63
4.1.1. Pruebas de funcionamiento de amortiguación .....	63
4.1.2. Pruebas de funcionamiento del sistema de generación.....	64

4.1.3	Comparativa de resultados.....	85
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>86</b>
5.1.	Conclusiones.....	86
5.2.	Recomendaciones. ....	88
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>90</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>92</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica Fuente: Google Maps, (2021) .....	8
Figura 2. Sistema de amortiguación Fuente: Renovarcarnet, (2018) .....	11
Figura 3. Amortiguadores de tipo monotubo regulables Fuente: Motoryracing, (2016)) ....	12
Figura 4. Impresión 3D Fuente:Informe Universidad ESAN (2017) .....	13
Figura 5. Diseño de objeto para fabricación adhitiva Fuente: 3dnatives, (2020).....	14
Figura 6. Partes de un motor eléctrico Fuente: Google Sites, (2014).....	17
Figura 7. Oscilación de resorte por elongación Fuente: Estudio UCPT, (2004) .....	19
Figura 8. Sistema KERS Fuente: Giornalemotori, (2020) .....	20
Figura 9. Sistema de trinquete Fuente: Xunta de Galicia, (2016) .....	21
Figura 10. Mecanismo de trinquete de una bicicleta Fuente: Icancycling, (2011).....	21
Figura 11. Página de inicio de AutoCAD Fuente: Salazar, (2021) .....	25
Figura 12. Plano de dibujo AutoCAD Fuente: Salazar, (2021).....	25
Figura 13. Software SolidWorks durante su arranque Fuente: Salazar, (2021) .....	26
Figura 14. Plano en tres dimensiones de ajuste para impresión 3D Fuente: Salazar, (2021) .....	27
Figura 15. Impresora 3D Anet A8 PLUS Fuente: Anet, (2020).....	28
Figura 16. Filamentos PLA bronce y dorado Anet Fuente: Salazar, (2021) .....	30
Figura 17. Motores eléctricos JGA25370-130rpm Fuente: Salazar, (2021).....	31
Figura 18. Dispositivo de medición de voltaje y amperaje. Fuente: Salazar, (2021).....	32
Figura 19. Multímetro Digital TMT46001. Fuente: Salazar, (2021) .....	34
Figura 20. Rodamientos de agujas y de bolas. Fuente: Salazar, (2021).....	35
Figura 21. Diagrama de conexión eléctrica en Crocodile Clips. Fuente: Salazar, (2021) .....	37
Figura 22. Tubo principal amortiguador vista I SolidWorks. Fuente: Salazar, (2021) .....	38

Figura 23. Tubo principal amortiguador vista II SolidWorks. Fuente: Salazar, (2021).....	39
Figura 24. Proceso de impresión 3D del tubo principal amortiguador. Fuente: Salazar, (2021) .....	39
Figura 25. Cubierta inferior roscada en Solidworks. Fuente: Salazar, (2021) .....	40
Figura 26. Cubierta inferior roscada impresa en 3D. Fuente: Salazar, (2021).....	41
Figura 27. Resorte de compresión SolidWorks. Fuente: Salazar, (2021).....	42
Figura 28. Simulación de deformación a resorte de compresión. Fuente: Salazar, (2021) ..	43
Figura 29. Resorte de compresión impreso en 3D. Fuente: Salazar, (2021) .....	43
Figura 30. Eje de amortiguador SolidWorks. Fuente: Salazar, (2021) .....	44
Figura 31. Eje de amortiguador impreso en 3D. Fuente: Salazar, (2021) .....	45
Figura 32. Cubierta superior de amortiguador SolidWorks. Fuente: Salazar, (2021) .....	46
Figura 33. Tuerca de eje vista I SolidWorks. Fuente: Salazar, (2021).....	46
Figura 34. Tuerca de eje vista II SolidWorks. Fuente: Salazar, (2021) .....	47
Figura 35. Tuerca de eje impresa en 3D. Fuente: Salazar, (2021) .....	47
Figura 36. Simulación de deformación a tuerca de eje. Fuente: Salazar, (2021) .....	48
Figura 37. Piñón conductor en plano 2D y 3D. Fuente: Salazar, (2021).....	48
Figura 38. Piñones conducidos en plado 2D y 3D. Fuente: Salazar, (2021) .....	49
Figura 39. Sistema de trinquete en plano 2D y 3D AutoCAD. Fuente: Salazar, (2021).....	50
Figura 40. Simulación de deformación con fuerza aplicada en sentido horario. Fuente: Salazar, (2021).....	51
Figura 41. Simulación de deformación con fuerza aplicada en sentido anti horario. Fuente: Salazar, (2021).....	51
Figura 42. Simulación de deformación punto de anclaje a gatillos. Fuente: Salazar, (2021) .....	52

Figura 43. Simulación de deformación piñón conducido, fuerza sobre dientes de piñón.	
Fuente: Salazar, (2021).....	52
Figura 44. Simulación de deformación piñón conducido, fuerza aplicada a contacto de gatillos. Fuente : Salazar, (2021) .....	53
Figura 45. Piñones conducidos impresos en 3D. Fuente: Salazar, (2021). .....	53
Figura 46. Piñón conductor y gatillos de retención impresos en 3D. Fuente: Salazar, (2021) .....	54
Figura 47. Plano en 2D y 3D del piñón a generador. Fuente: Salazar, (2021).....	55
Figura 48. Simulación de deformación del piñón a generador, fuerza aplicada a los dientes. Fuente: Salazar, (2021).....	55
Figura 49. Simulación de deformación del piñón a generador, fuerza aplicada sobre eje de conexión. Fuente: Salazar, (2021) .....	56
Figura 50. Piñón a generador x2 impresos en 3D. Fuente: Salazar, (2021) .....	56
Figura 51. Cremallera SolidWorks. Fuente: Salazar, (2021) .....	57
Figura 52. Simulación de deformación cremallera, fuerza aplicada sobre los dientes. Fuente: Salazar, (2021).....	57
Figura 53. Proceso de impresión 3D de la cremallera. Fuente: Salazar, (2021) .....	58
Figura 54. Cubierta superior modificada vista I Solidworks. Fuente: Salazar, (2021) .....	59
Figura 55. Cubierta superior modificada vista II SolidWorks. Fuente: Salazar, (2021) .....	59
Figura 56. Cubierta superior modificada impresa en 3D vista I. Fuente: Salazar, (2021) ...	60
Figura 57. Cubierta superior modificada impresa en 3D vista II. Fuente: Salazar, (2021) ..	60
Figura 58. Motor eléctrico 1 alojado en su posición Fuente: Salazar, (2021).....	61
Figura 59. Gatillos de retención alojados en el piñón conductor. Fuente: Salazar, (2021) ..	61
Figura 60. Ensamblaje de mecanismo y amortiguador concluido Fuente: Salazar, (2021) .	62

Figura 61. Sistema en punto de Equilibrio Fuente: Salazar, (2021) .....	63
Figura 62. Sistema en punto de compreción 0.07m Fuente: Salazar, (2021).....	64
Figura 63. Prueba 1.1 Generador 1 Fuente: Salazar, (2021) .....	71
Figura 64. Prueba 1.2 Generador 2 Fuente: Salazar, (2021) .....	71
Figura 65. Prueba 1.3 Generador 1 y 2 en paralelo Fuente: Salazar, (2021).....	72
Figura 66. Recorrido en pruebas 1.2, 1.2 y 1.3 Fuente: Salazar, (2021) .....	72
Figura 67. Prueba 2.1 Generador 1 Fuente: Salazar, (2021) .....	77
Figura 68. Prueba 2.2 Generador 2 Fuente: Salazar, (2021) .....	77
Figura 69. Prueba 2.3 Generador 1 y 2 en paralelo Fuente: Salazar, (2021).....	78
Figura 70. Recorrido en pruebas 2.1, 2.2 y 2.3 Fuente: Salazar, (2021) .....	78
Figura 71. Prueba 3.1 Generador 1 Fuente: Salazar, (2021) .....	83
Figura 72. Prueba 3.2 Generador 2 Fuente: Salazar, (2021) .....	83
Figura 73. Prueba 3.3 Generador 1 y 2 en paralelo Fuente: Salazar, (2021).....	84
Figura 74. Recorrido en pruebas 3.1, 3.2 y 3.3 Fuente: Salazar, (2021) .....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Equipos y requisitos mínimos .....	24
Tabla 2. Software con su respective versión .....	24
Tabla 3. Ficha técnica del PLA .....	29
Tabla 4. Ficha técnica acero AISI SAE 4140 Recocido.....	29
Tabla 5. Ficha técnica motor NFP25-370 130RPM .....	31
Tabla 6. Ficha técnica multímetro digital TMT46001 .....	33
Tabla 7. Pasos para el ensamblaje del amortiguador con mecanismo.....	34
Tabla 8. Pernería y rodamientos .....	35
Tabla 9. Listado de piezas requeridas.....	36
Tabla 10. Recorrido de prueba 1 .....	67
Tabla 11. Prueba 1.1 Generador 1 .....	68
Tabla 12. Prueba 1.2 Generador 2 .....	69
Tabla 13. Prueba 1.3 Generador 1 y 2 en paralelo .....	70
Tabla 14. Recorrido de prueba 2 .....	73
Tabla 15. Prueba 2.1 Generador 1 .....	74
Tabla 16. Prueba 2.2 Generador 2 .....	75
Tabla 17. Prueba 2.3 Generador 1 y 2 en paralelo .....	76
Tabla 18. Recorrido de prueba 3 .....	79
Tabla 19. Prueba 3.1 Generador 1 .....	80
Tabla 20. Prueba 3.2 Generador 2 .....	81
Tabla 21. Prueba 3.3 Generador 1 y 2 en paralelo .....	82

## RESUMEN

El presente estudio tendrá como enfoque el aprovechamiento de la energía cinética de forma efectiva en el sistema de amortiguación mediante un sistema de acople por piñón y cremallera para la generación de tensión eléctrica.

En el estudio se determina el uso de componentes eléctricos para la verificación de las diferentes tensiones eléctricas al igual que la intensidad eléctrica de las mismas.

Se logró determinar las ventajas y desventajas del uso de un sistema como el que se plantea en el modelo usado para el estudio.

Al final se determina como se realizaron las mediciones al igual que un repaso sobre la viabilidad de la implementación de estos sistemas en vehículos híbridos o eléctricos para su aprovechamiento hacia el eje motriz o sistemas complementarios del vehículo.

**Palabras Clave:** Tensión eléctrica, energía cinética, intensidad eléctrica.

## ABSTRACT

The present study will focus on the effective use of kinetic energy in the damping system by means of a rack and pinion coupling system for the generation of electrical voltage.

The study determines the use of electrical components to verify the different electrical voltages as well as their electrical intensity.

It was possible to determine the advantages and disadvantages of using a system such as the one proposed in the practical model used for the study.

At the end, it's determined how the measurements were made, as well as a review of the feasibility of implementing this system in hybrid and electric vehicles for their use towards the drive axle or complementary vehicle systems.

**Key words:** Electrical voltage, kinetic energy, electrical intensity.

# INTRODUCCIÓN

## 1.1 Introducción.

En la frenética búsqueda de optimización y aprovechamiento de la energía en vehículos a nivel global, se han ido buscando soluciones para que cada vez los mismos tengan un menor impacto ambiental en cuanto a su nivel de polución y a la par su nivel de consumo. De manera que el nacimiento de los vehículos híbridos y la obtención de energía con el uso del freno regenerativo era próximo para alcanzar, en la actualidad la presencia de este tipo de vehículos se ha visto incrementada por la cantidad de incentivos ofrecidos por los gobiernos en fin de alcanzar un menor impacto medioambiental. Sin embargo, con la llegada de los vehículos eléctricos ha supuesto una nueva traba en términos de autonomía vehicular, muchos de los cuales no satisfacen la necesidad del consumidor la cual es una nueva razón para que las combinaciones de diferentes métodos para la obtención y optimización de energía se hayan promovido en investigación, dando así muchas piezas fotovoltaicas, baterías de litio, baterías con cátodo de sodio, motores sin escobillas, rodamientos con menor coeficiente de rozamiento, entre otras, sin embargo uno de los sistemas aplicados en todo vehículo terrestre sin posibilidad de suprimirlo es el sistema de amortiguación, el cual absorbe todas las irregularidades del camino, en sí el amortiguador absorbe la energía cinética para disiparla en forma de trabajo y calor a través del aceite, por lo cual este se vuelve un excelente generador de energía ya que parte de su trabajo puede ser obtenido para convertirlo en energía cinética mediante el uso de ciertas piezas mecánicas las cuales trasladaran el movimiento hasta generadores eléctricos.

## **1.2 Planteamiento, formulación y sistematización del problema.**

El progreso en la creación y fabricación de vehículos híbridos y eléctricos a nivel global ha supuesto un gran avance en cuanto a tecnología y nuevos avances en Inteligencia Artificial, sin embargo el mayor inconveniente de este tipo de vehículos suele ser su autonomía, si bien el recorrido normal de una persona convencional llegaría a un tope de 100km diarios, estos vehículos no representarían ningún inconveniente, sin embargo son los viajes largos y la programación de una persona para realizarlos, en donde se contempla un mayor recorrido, para lo cual este tipo de vehículos ya no cumpliría en entera satisfacción a las necesidades de los usuarios. En el Ecuador la incursión en este tipo de vehículos ha ido en auge, aunque en parte las carreteras de nuestro país no cuentan aún con un sistema de recarga apto para los vehículos que han empezado a llegar.

Los diferentes sistemas aplicados en un vehículo buscan incrementar la autonomía de los mismos aprovechando así el mismo movimiento del vehículo, el momento de frenado, y en ciertos casos la luz solar, a pesar de esto uno de los sistemas que menos han sido tomados en cuenta para la producción de energía utilizable por el vehículo es la suspensión, específicamente la amortiguación, en donde si bien la energía es absorbida y disipada en forma de calor, se puede transmitir esta energía cinética y aprovecharla a través del movimiento oscilatorio del amortiguador, obteniendo energía no solo del movimiento vertical ascendente, sino también de su movimiento vertical descendente de forma paralela al amortiguador.

Este trabajo se basa en el estudio de una maqueta diseñada por el autor, en la cual se puede distinguir un amortiguador convencional monotubo que para el efecto ciertas piezas se han visto modificadas para el propósito de la generación de tensión eléctrica.

### **1.2.1 Formulación del problema.**

La necesidad de ser más eficientes y obtener valores referenciales sobre la generación eléctrica vehicular con el uso de las mismas características para su funcionamiento, permite identificar ciertos tipos de sistemas mecánicos que puede funcionar para un mejor aprovechamiento energético de los mismos, siendo en este caso específico el sistema de amortiguación.

### **1.2.2 Sistematización del problema.**

- ¿Cómo se puede percibir la ayuda de una impresora 3D para la creación de objetos y prototipos?
- ¿Cuál es la influencia de un sistema regenerativo en el amortiguador de un vehículo?
- ¿Cómo se deberían determinar las ventajas y desventajas de la aplicación del sistema regenerativo?
- ¿Cómo se debería aplicar un proceso técnico para determinar la viabilidad de integración de un mecanismo regenerativo?
- ¿Cuáles son las partes que intervienen en el sistema de amortiguación que deben ser modificadas para el uso de un mecanismo de generación de tensión eléctrica?

### **1.3 Objetivos de la investigación.**

#### **1.3.1 Objetivo general.**

Determinar si el uso de un mecanismo de generación de tensión eléctrica podría favorecer en el incremento de la autonomía de un vehículo eléctrico o híbrido.

#### **1.3.2 Objetivos específicos.**

Diseñar las partes mecánicas en base a un sistema de piñón y cremallera.

Diseñar un sistema de trinquete que pueda trasladar el movimiento en giro horario y anti horario que transmita el giro a los piñones del generador de tensión eléctrica.

Imprimir las piezas que componen el prototipo mediante el modelado por deposición fundida.

Realizar el ensamblaje del prototipo en un amortiguador.

Comprobar el funcionamiento del mecanismo con un ensamblaje completo.

Realizar un análisis y mediciones de las diferentes tensiones eléctricas.

## **1.4 Justificación y delimitación de la investigación.**

### **1.4.1.1 Justificación teórica.**

Este trabajo se realiza con la intención de aportar a la comunidad estudiantil y a la comunidad investigadora que profundiza y busca nuevas ideas en pro del avance tecnológico y aprovechamiento energético.

### **1.4.1.2 Justificación metodológica.**

Los datos del estudio podrán ser empleados para mejoras o futuras investigaciones relacionadas al modelo mediante el uso de los datos y características de su funcionamiento. Este mismo servirá de guía en base a su información para la problemática hallada en las conclusiones.

### **1.4.1.3 Justificación práctica.**

Este trabajo práctico se basa en la necesidad de mejorar la autonomía de los vehículos con propulsión híbrida o eléctrica en el mundo. El resultado de este trabajo basado en la generación de tensión eléctrica en base al movimiento oscilatorio del amortiguador permitirá, por ende, generar nuevos estudios de mecanismos que aprovechen la energía en el movimiento oscilatorio del amortiguador y así lograr un incremento de la autonomía de los vehículos eléctricos o híbridos a nivel global.

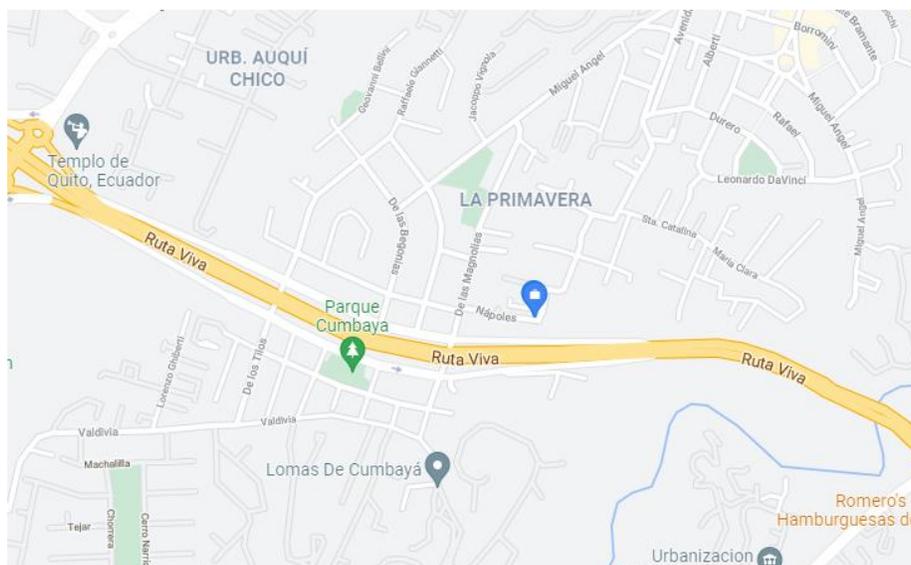
## 1.4.2 Delimitación.

### 1.4.2.1 Delimitación temporal.

El presente estudio se desarrollará a partir del mes de agosto y concluirá en el mes de octubre, durante el lapso descrito se procederá con la investigación del funcionamiento y el aporte de datos para concluir con un cuadro dentro de un marco técnico.

### 1.4.2.2 Delimitación geográfica.

El estudio se desarrollará en las inmediaciones del taller en el domicilio del autor, en la ciudad de Quito, sector Cumbayá.



*Figura 1. Ubicación geográfica*  
*Fuente: Google Maps, (2021)*

### **1.4.2.3 Línea de investigación.**

La línea de investigación se mantendrá dentro del marco de la investigación experimental a través del método por prototipo en la cual se analizará el mecanismo utilizado para la generación de tensión eléctrica en un modelo de amortiguador realizado por el autor, el proceso investigativo tendrá una continuidad a través de la información obtenida y plasmada en el marco teórico asentando las bases para concluir con un proceso de diseño y materialización del prototipo para lograr obtener mediante el uso de este y con componentes eléctricos obtenidos en el sistema comercial los valores referenciales sobre el tipo de tensión eléctrica que se podría aprovechar para su uso en vehículos de propulsión híbrida tanto como en vehículos de propulsión eléctrica. Dentro de los límites establecidos se podrán realizar las conclusiones acerca del prototipo y su factibilidad abriendo así un abanico de opciones para futuras investigaciones en las cuales se pueda mejorar el presente sistema a través de procesos de investigación derivados del mismo o mediante procesos diferentes que alcancen un nivel de conocimiento que se pudiera llegar a aportar a la comunidad científica en el campo seleccionado.

## **MARCO REFERENCIAL**

### **2.1 Marco Teórico.**

#### **2.1.1 Sistema de amortiguación.**

El sistema de amortiguación puede entenderse como una parte del sistema de suspensión sin embargo este solo tiene como objetivo absorber y disipar la energía del movimiento oscilatorio ocasionado por cualquier tipo de irregularidades que llegaren a existir sobre la superficie para así otorgar una mejor sensación de manejo a su conductor y los ocupantes, la amortiguación a la vez permite un mayor control del vehículo en su trayectoria. En sí cuando un vehículo circula por una calzada debido a las irregularidades la carrocería del vehículo permanece en un movimiento ascendente y descendente lo cual se comprende como oscilaciones que genera un riesgo e incomodidad al momento de manejar.

Los sistemas de amortiguación son sencillos en una suspensión convencional, sin embargo, la diferencia con los otros tipos de suspensiones cambia en el tipo de accionamiento para poder mejorar el sistema de amortiguación incrementando la cantidad de piezas por las cuales está compuesta, en el caso de la amortiguación en un sistema convencional estaría conformada por las siguientes partes:

- Amortiguadores
- Componentes elásticos
- Bujes o Silentblock



*Figura 2. Sistema de amortiguación  
Fuente: Renovarcarnet, (2018)*

### **2.1.1.1 Amortiguador**

Para entender el funcionamiento de un amortiguador se debe comprender ciertos principios para los cuales son instalados en un vehículo entre los cuales están:

- Maniobrabilidad
- Agarre
- Oscilaciones verticales
- NVH (ruido, vibración y aspereza)

Las oscilaciones verticales (movimientos hacia arriba y hacia abajo) son dados por la cantidad de irregularidades que se encuentran en el camino transitado por el vehículo, por la acción de aceleración y de frenado en las cuales el amortiguador cumple la función de reducir la capacidad cíclica de los movimientos oscilatorios, todo esto mediante el uso de diferentes mecanismos restringiendo el paso de líquido para los amortiguadores hidráulicos y de gas para los amortiguadores neumáticos, en algunos casos ciertos amortiguadores hidráulicos poseen un encapsulado de nitrógeno en alta presión para que en lo posible su recorrido no

llegue al punto final de recorrido con toda la fuerza de reacción. Dentro de los amortiguadores podríamos clasificarlos como amortiguadores:

- Monotubo sin gas
- Monotubo con gas
- Bitubo

La energía cinética recibida en el amortiguador se transforma en energía térmica la cual es disipada a través de los componentes elásticos y también por el fluido que contenga el amortiguador.



*Figura 3. Amortiguadores de tipo monotubo regulables  
Fuente: Motoryracing, (2016)*

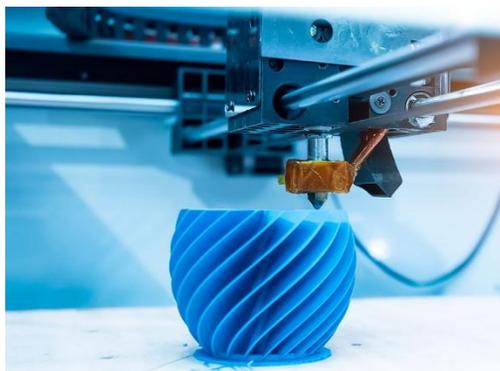
### **2.1.2. Prototipo**

El prototipo es el primer modelo que se detalla como la representación o la simulación de un objeto antes de convertirse en un producto final, esto nos permite verificar el diseño en sus medidas y características específicas las cuales fueron planteadas para un objetivo específico. Para la realización de prototipos se recurre a dos formatos, el prototipo de baja fidelidad el cual se realiza en un material diferente al que va a ser utilizado en el producto final, y el

prototipo de alta fidelidad el cual es idéntico al producto final los cuales se recomiendan realizar antes de realizar una producción en serie del objeto. Los prototipos cumplen la función de generar conocimiento para incluir modificaciones, nuevos aportes, un rediseño estructural o total del objeto.

### **2.1.3 Impresión 3D**

A partir de que la posibilidad de obtener copias digitales de objetos, poder crear nuevos objetos en una pantalla, se apertura una nueva área para el desarrollo y la fabricación de productos. Esto a la vez ha sido potenciado con la generación de maquinaria operadas desde una computadora o a través de ella la cual en un inicio fueron conocidas como tecnologías de control numérico computarizado o por sus siglas CNC. En la actualidad esta tecnología tiene una difusión y expansión en muchos campos sobre todo en el estudiantil, muchas pequeñas y grandes empresas, algunos grupos de aficionados y muchos garajes o talleres de personas convencionales.



*Figura 4. Impresión 3D*  
*Fuente: Informe Universidad ESAN (2017)*

### 2.1.3.1 Digitalización

Uno de los principales cambios se ha sufrido en torno a la digitalización en la cual muchos de los usuarios comunes la han ido incorporando, la proliferación de los distintos softwares conocidos como código abierto, modalidad que se ha extendido entre muchos internautas para el desarrollo tecnológico. Sin embargo, los softwares más conocidos para las aplicaciones en tres dimensiones sobre todo por su uso en el desarrollo y fabricación de piezas son Solidworks, AutoCAD, Inventor, Fusion 360. Muchas herramientas de diseño entre las cuales también se pueden destacar equipos tales como los capturadores de datos y escáneres en tres dimensiones han logrado avances muy importantes. Cada vez las interfaces se han vuelto más amigables con el usuario las cuales se tornan más simples dando así resultados satisfactorios con personas que no se destacan por un profesionalismo en la materia.

Muchos de los procesos de digitalización nacen a partir de un objeto ya creado para su posterior modificación, sin embargo, también se contempla la creación y desarrollo de un objeto a partir de una idea, planos los cuales al ser digitalizados contemplan una gran cantidad de datos y la capacidad de entregar una mayor cantidad de información para su modelado y desarrollo.

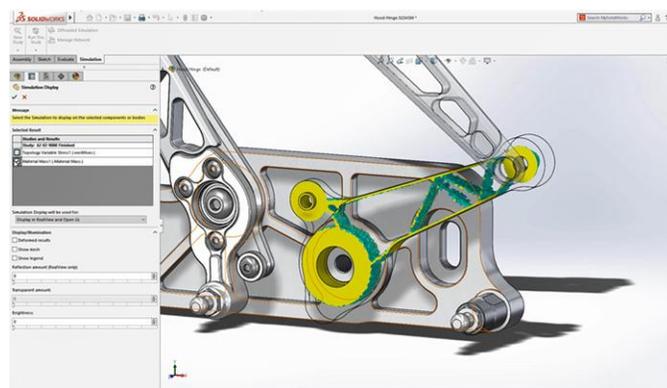


Figura 5. Diseño de objeto para fabricación aditiva  
Fuente: 3dnatives, (2020)

### **2.1.3.2 Gestión de objetos en formato digital**

Los formatos de los diferentes archivos digitales que representan cualquier infinidad de modelos de objetos pueden ser variados. Entre los archivos que a lo largo de más de dos décadas han sobresalido son los de tipo DWG que por sus siglas se interpreta como DraWinG los cuales tienen su origen a partir del software AutoCAD, hace un poco más de una década los archivos STL que por sus siglas significa Stereo Lithography y en español se traduciría a Litografía Estéreo han proliferado dando así una cantidad de programas que los reconocen y a partir de los cuales se puede entender una figura en tres dimensiones, los Formatos de Fabricación Aditiva que en inglés se describiría como Additive Manufacturing Format y en siglas AMF las cuales tuvieron un uso intensivo en los inicios de la fabricación de piezas en impresoras 3D, por último los archivos 3MF el cual significa Formato de Fabricación 3D y en inglés para las siglas sería 3D Manufacturing File los cuales son utilizados en la actualidad por todos los programas de impresión 3D por su facilidad de codificación y lectura por parte de los equipos de impresión.

### **2.1.3.3 Producción**

Dentro de los medios de producción existen dos categorías de máquinas por fabricación digital las cuales se determinan por tecnología aditiva y tecnología sustractiva, en la primera las capas se añaden de material hasta lograr construir un objeto y en la segunda opera en base a retirar material de un objeto pre fabricado como un torno o fresa CNC.

#### **2.1.4. Tensión o diferencia de potencial**

La tensión eléctrica o también llamada diferencia de potencial o voltaje se comprende como una magnitud física la cual cuantifica dos valores y la diferencia entre estos por su potencial eléctrico. En sí la unidad de medida estándar para la diferencia de potencial de fuerza electromotriz es el Voltio con símbolo V, la cual equivale a la diferencia de potencial que se halla entre dos puntos los cuales son recorridos por una corriente constante de un amperio y en sí la potencia disipada entre aquellos puntos es igual a un vatio. La medida de este se toma a través de un voltímetro o un multímetro conectado en paralelo.

#### **2.1.5. Intensidad de corriente**

La intensidad de corriente o corriente eléctrica es el flujo de la carga eléctrica existente desde un polo de la fuente de energía hacia el otro, la unidad de medida es el Amperio con símbolo A, esta también se puede definir como la corriente eléctrica constante la cual es mantenida en un conductor sometida a una diferencia de potencial de un voltio que produce una potencia de un vatio.

#### **2.1.6. Motor Eléctrico**

Entre las diferentes máquinas eléctricas se encuentran los motores eléctricos, los cuales llegan a ser el resultado de la aplicación de algunos principios como los del electromagnetismo y la ley de inducción de Faraday. Este tipo de máquinas se reconocen por tener circuitos electromagnéticos y eléctricos funcionando en conjunto. Estas máquinas realizan una conversión de energía partiendo de la electricidad y transformándola a energía

mecánica utilizable para distintos propósitos. El funcionamiento radica en la inducción de una corriente a un bobinado el cual reacciona con imanes o electroimanes en el contorno de la máquina. Los motores eléctricos constan de las siguientes partes:

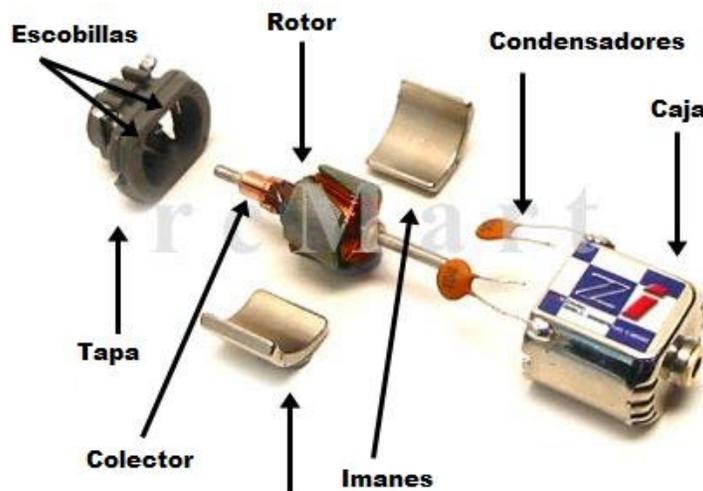


Figura 6. Partes de un motor eléctrico  
Fuente: Google Sites, (2014)

### 2.1.6.1 Generador Eléctrico

El generador al igual que el motor es una máquina eléctrica solo que en este caso es la energía mecánica la que va a ser transformada a energía eléctrica mediante los mismos principios de electromagnetismo y la ley de Faraday. En el generador la energía mecánica es transmitida al eje y en función de este movimiento se produce una excitación en las bobinas las cuales generan un pico de energía por cada vez que realiza un paso por el imán.

### **2.1.7. Dispositivos de medición eléctrica**

Existen diferentes tipos de dispositivos de medición eléctrica, cada uno servirá para una o varias funciones determinadas ya que cada dispositivo puede ser específico para cumplir una sola medición o como en el caso del multímetro digital podría tener varias funciones para tener distintos tipos de mediciones en un solo dispositivo. Se debe tomar en cuenta que la mayoría de dispositivos con múltiples mediciones se encuentran limitados en los rangos para poder obtener sus resultados. Los dispositivos han evolucionado a través del tiempo desde la creación del galvanómetro hacia dispositivos totalmente digitales en los cuales todos los procesos se manejan a través de microcontroladores y componentes eléctricos convencionales por lo que sus mediciones tienen un margen de error muy reducido.

### **2.1.8. Ley de Hooke**

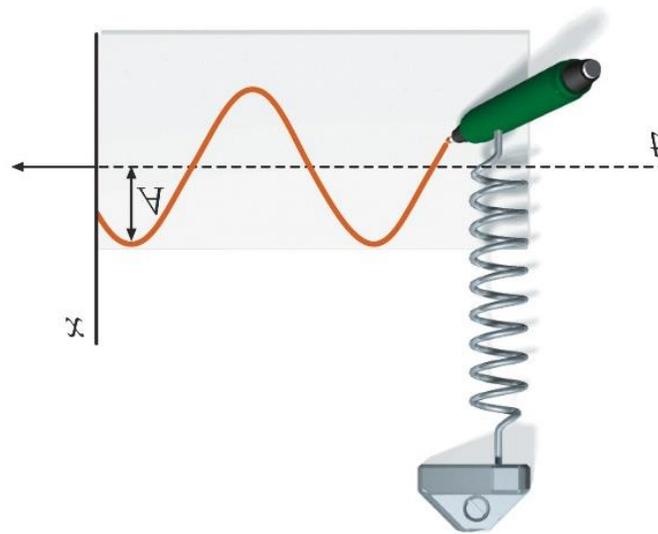
La ley elasticidad de Hooke o también conocida como la ley de Hooke en la física describe mediante una ecuación la constante de los muelles o resortes para los casos de estiramiento longitudinal sin embargo la misma se ha visto aplicada para los resortes en momentos de compresión en donde la única diferencia es la aplicación de fuerza en su dirección, el margen de error es relativamente bajo entre un 1% al 3% por lo cual se puede utilizar para cálculos y procedimientos sobre estos. La ley de Hooke establece que:

$$F = K * \Delta x \qquad \text{Ec. [2.1]}$$

Donde F es la fuerza expresada en Newton, K es la constante del resorte que vienen en unidades Newton/metro y la elongación  $\Delta x$  igualmente expresada en metros.

### 2.1.9. Movimiento oscilatorio

El movimiento oscilatorio se explica cómo una serie de movimientos los cuales se repiten por intervalos de tiempo los cuales se pueden encontrar en la naturaleza como por ejemplo el movimiento de un resorte en su elongación y su compresión, las vibraciones de una cuerda de una guitarra al momento de ser tocada, la oscilación de un péndulo o el movimiento de una persona en un columpio, o las ondas de radio las cuales se propagan en el aire.



*Figura 7. Oscilación de resorte por elongación  
Fuente: Estudio UCPT, (2004)*

### 2.2.10 Sistemas Eléctricos Regenerativos en vehículos

Los sistemas eléctricos regenerativos son mecanismos complejos los cuales son instalados en vehículos con el fin de incrementar su autonomía entregando una carga determinada a su función hacia las baterías las cuales almacenan la energía para ser utilizada de una forma eficiente de acuerdo a su programación. Estas suelen ser máquinas eléctricas las cuales se consideran como generadores, tienen su denominación como regenerativo ya que aprovechan la energía (cualquiera que se encuentre en el vehículo) que fue producto de una anterior

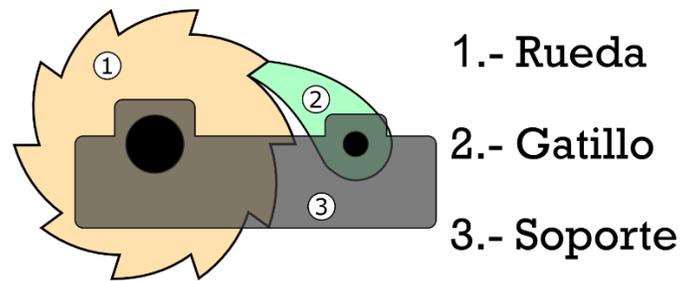
transformación para convertirla nuevamente en energía eléctrica, entre los diferentes sistemas existentes como prototipos o de producción solo se puede destacar uno que se encuentra en la mayor parte de vehículos eléctricos con sistemas regenerativos y es el Kinetic Energy Recovery System que quiere decir “Sistema de recuperación de energía cinética” el cual ha llegado a la recuperación de hasta un 70% de la energía que se aplica en una frenada.



*Figura 8. Sistema KERS  
Fuente: Giornalemotori, (2020)*

### **2.2.11. Engranaje de trinquete**

El mecanismo de trinquete permite a un engranaje girar en una sola dirección y le impide girar en el sentido contrario ya que este, dependiendo del tipo de trinquete, traba con un gatillo de retención en los dientes en forma de sierra que tiene la otra parte, estos pueden ser que incluyan los gatillos de retención desde el eje conductor o pueden tenerlos en el eje conducido o incluso desde una posición fija dependiendo siempre del tipo de aplicación y su trabajo a realizar.



*Figura 9. Sistema de trinquete  
Fuente: Xunta de Galicia, (2016)*



*Figura 10. Mecanismo de trinquete de una bicicleta  
Fuente: Icancycling, (2011)*

## **2.3. Marco conceptual.**

### **2.3.1. Autonomía**

La autonomía en un vehículo se define como la capacidad de recorrer una distancia en función de las características técnicas de todo el vehículo y el ambiente de pruebas, principalmente las consideraciones a tomar son su peso, la capacidad en litros o galones de su tanque de combustible, el cilindraje de su motor, el tipo de ruta que se escoja, el tipo de conducción, la altura sobre el nivel del mar y la temperatura ambiente. La autonomía es directamente proporcional a la capacidad de sus fuentes de energía, por ejemplo, si un

vehículo posee un tanque de combustible más grande, este podrá llegar a recorrer una distancia más considerable.

### **2.3.2. Autonomía de vehículos híbrido**

La autonomía en un vehículo híbrido se calcula colocando las mismas situaciones y tipos de conducción que en un vehículo con motor de combustión interna a diferencia que en este caso se toma en cuenta el tanto el cilindraje del motor como las características del motor eléctrico, en su capacidad se cuenta la cantidad de litros o galones de combustible y la capacidad de sus baterías, en los vehículos híbridos con sistemas eléctricos regenerativos y complementarios la autonomía se nota un incremento de autonomía variando por el medio de conducción ya que muchos de estos sistemas se vuelven más efectivos en un recorrido urbano antes que un recorrido por carretera.

### **2.3.3. Autonomía de vehículos eléctricos**

La autonomía en un vehículo eléctrico se refiere igualmente a la distancia que este vehículo puede recorrer con una sola carga de la batería, generalmente las baterías en estos vehículos suelen ocupar un gran porcentaje del espacio del automóvil, la autonomía de estos vehículos todavía se encuentran bajo el rango de 450 km por carga completa lo cual reduce su atracción a un público que recorre largas distancias o que por lo menos realizan viajes largos, por todo esto la implementación de sistemas que ofrezcan una carga mediante el uso progresivo del vehículo son necesarias para el incremento de su autonomía.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Metodología.

Se realizó el diseño de un prototipo funcional para su aplicación en un modelo de amortiguador impreso en 3D mediante la fabricación aditiva. A continuación, se detalla la forma de diseño, las herramientas, y la metodología que se aplicó para la realización del presente proyecto.

#### 3.1.1. Alcance.

El presente proyecto comprende la investigación de todas las herramientas y programas necesarios para lograr implementar el prototipo mediante el cambio y modificación de algunos componentes para el funcionamiento del proyecto, con esto se logra abordar temas como los sistemas regenerativos en el vehículo, los diferentes tipos de vehículos por su propulsión, el uso de nuevas tecnologías para realización de prototipos, figuras y objetos mediante la impresión 3d y los distintos tipos de materiales utilizables para estas tecnologías.

El prototipo de generación EGSAO o Electrical Generation by Shock Absorber Oscillation el cual fue nombrado así por sus siglas en inglés que significa Generación Eléctrica por Oscilación de Amortiguador cumple con la siguiente función.

- Generar tensión eléctrica a partir del movimiento del amortiguador tanto en su momento de compresión como también el de recuperación a su posición inicial dados por el movimiento oscilatorio durante su funcionamiento mediante el uso de un sistema de piñón y cremallera.

## 3.2 Equipos, herramientas y materiales.

### 3.2.1 Equipos

La tabla N° 1 presenta los equipos que fueron utilizados para el desarrollo de este proyecto con los respectivos requisitos que necesitan.

Tabla 1.  
Equipos y requisitos mínimos

Equipo	Requisitos
Computadora	Intel Core i5 128GB HDD 8Gb Ram Tarjeta de Video 4Gb
Impresora 3D	Extrusor Temperatura Máxima 300°C Boquilla de extrusor 0,4 mm Fuente de poder a 110V Volumen de construcción 300*300*350

### 3.2.2. Herramientas

La tabla N° 2 identifica las herramientas necesarias para la elaboración del proyecto en conjunto con la versión utilizada para su proceso de diseño.

Tabla 2.  
Software con su respectiva versión

Software	Versión
AutoCAD	J 51.0.0 2015 Español
SolidWorks	SP 0.0 2019 Español
Ultimaker Cura	4.10.0
Excel	16.0.4266 2016

### 3.2.3. AutoCAD

Es un software de diseño asistido por computadora o por sus siglas CAD el cual permite crear dibujos muy precisos y con las unidades que se requiera en planos 2D y 3D, este permite

crear, anotar y editar todo tipo de geometrías en diseños de dos dimensiones mientras que en el de tres dimensiones nos permite realizar los mismo con sólidos, superficies y por mallas. Este programa posee distintos conjuntos de herramientas los cuales ayudan a las personas que son especializadas en diferentes áreas.

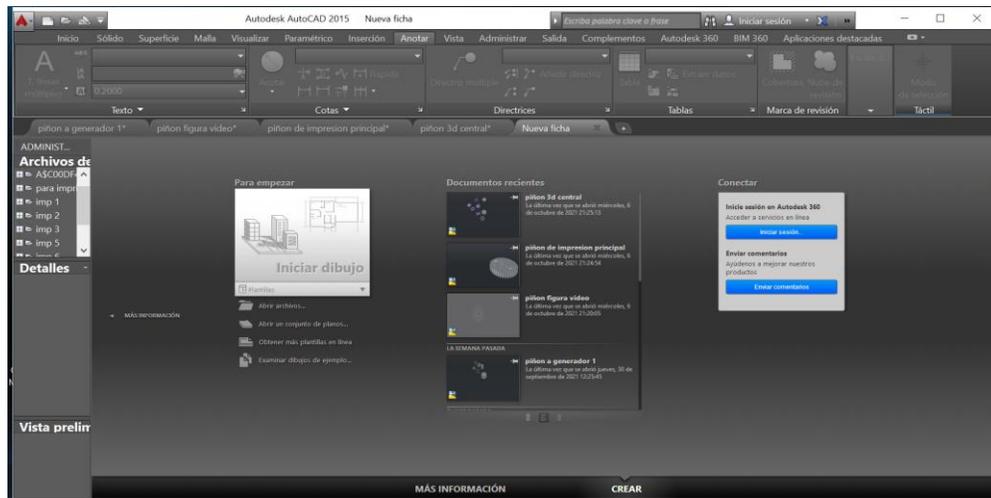


Figura 11. Página de inicio de AutoCAD  
Fuente: Salazar, (2021)

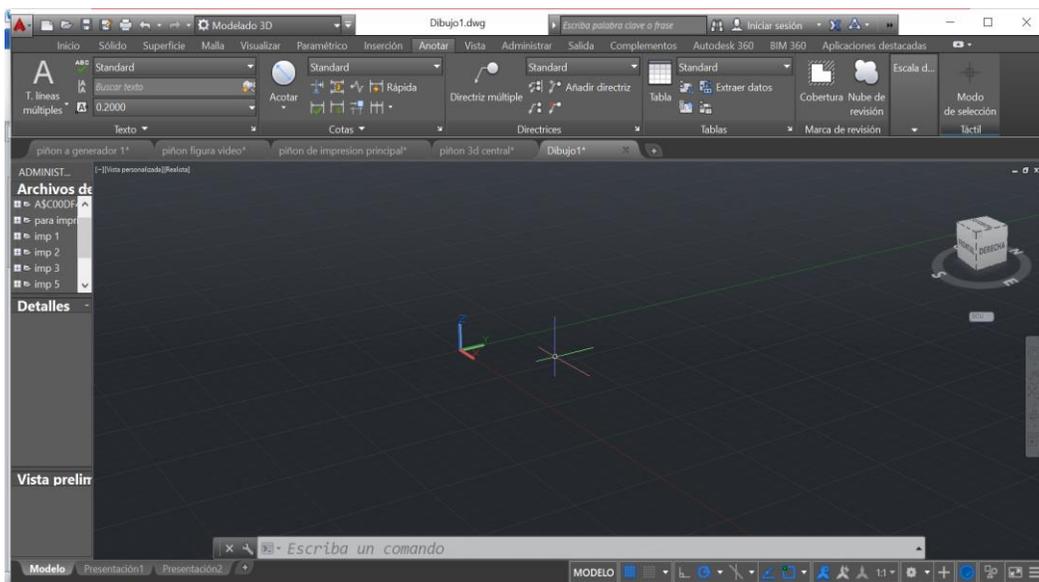
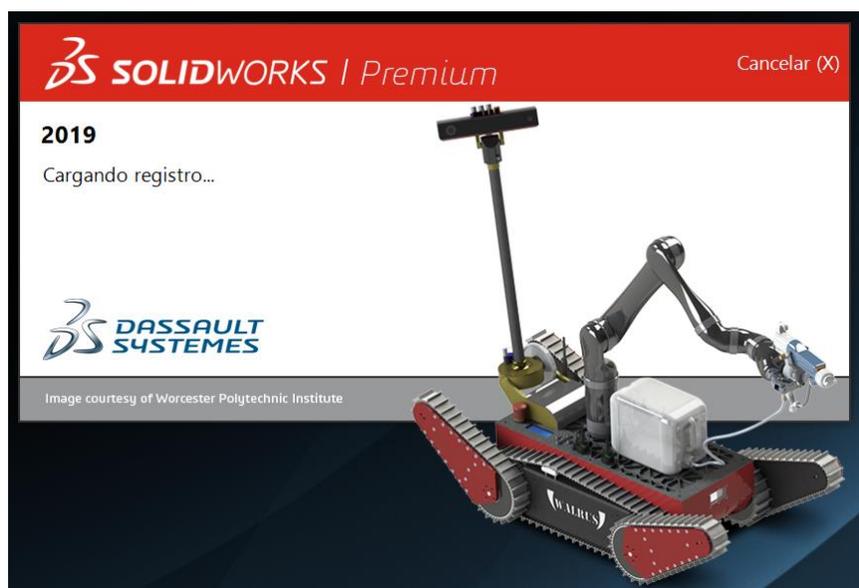


Figura 12. Plano de dibujo AutoCAD  
Fuente: Salazar, (2021)

### 3.2.4. SolidWorks

Es un programa fiable en el sector de diseño e ingeniería. Este programa permite crear diseños de forma rápida y sencilla con una precisión incomparable, incluye modificaciones a realizar en objetos y modelos en tres dimensiones como también en modelos de dos dimensiones, incluso en sus planos de dos dimensiones se pueden realizar pruebas de diseño para un posterior ensamblaje, maneja desde objetos simples hasta objetos complejos.

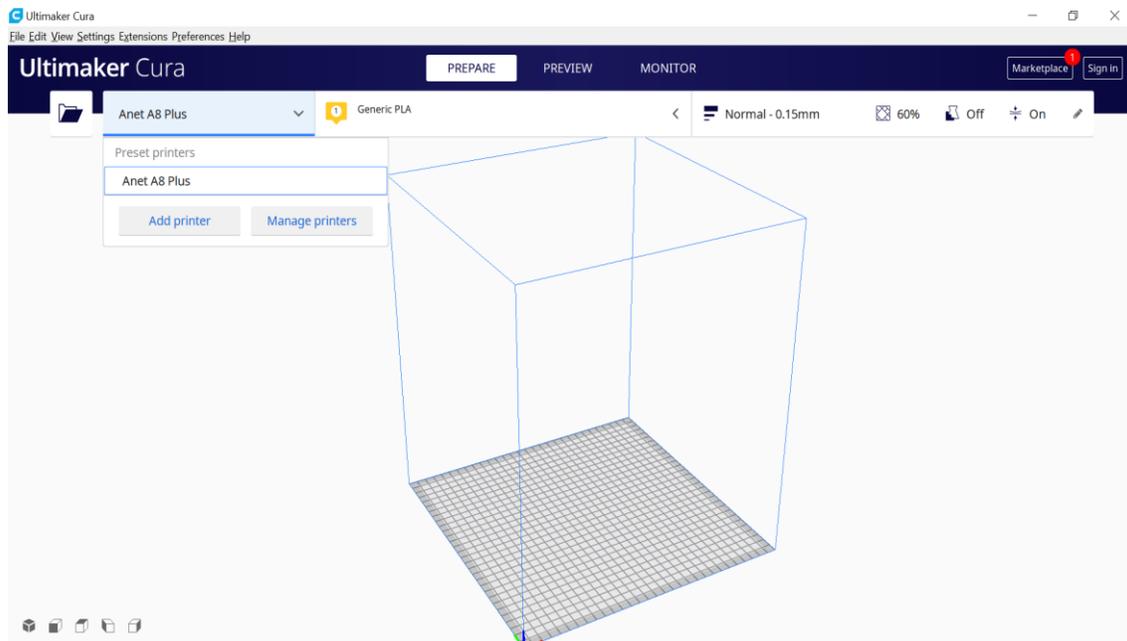


*Figura 13. Software SolidWorks durante su arranque  
Fuente: Salazar, (2021)*

### 3.2.5. Cura

Este es el software de impresión en 3D más conocido a nivel mundial, permite preparar las impresiones 3D con un par de selecciones. Con una gran variedad de formatos predeterminados de impresión este software ayuda en la selección para la construcción de objetos según su uso y el requerimiento específico a la par que el programa puede integrarse con software tipo CAD para mejorar el flujo de trabajo. El software permite realizar una pre

visualización de la estructura que se formará durante la impresión para realizar correcciones oportunas.

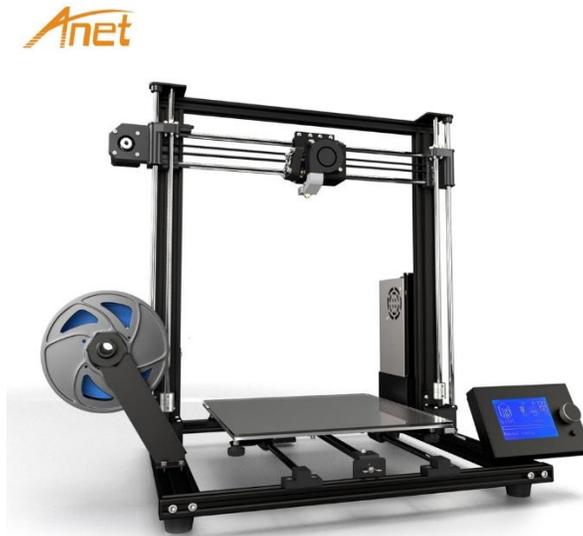


*Figura 14.* Plano en tres dimensiones de ajuste para impresión 3D  
*Fuente:* Salazar, (2021)

### 3.2.6. Impresora 3D

La impresora 3D es una máquina de tipo control numérico por computadora o también conocido como CNC, esta máquina dispone de 3 ejes en los cuales funciona que son X, Y y Z, por cada eje que permita movimiento esta tendrá un motor paso a paso controlado por el ordenador, en las barras que direccionan el movimiento a través del eje Y se encuentra el extrusor, este pequeño mecanismo permite calentar el filamento mediante unas bobinas eléctricas para que el filamento se pueda llegar a fundir, el dispositivo cuenta con un sensor colindante para poder controlar la temperatura exacta de funcionamiento. La cama caliente es la base la cual soporta a los objetos o piezas durante su construcción, en el caso de la Anet

A8 Plus la cama posee un sensor de temperatura para mantenerla estable y así reducir la cantidad de efecto de deformación por excesos de temperatura o desprendimientos por reducción de la misma.



*Figura 15. Impresora 3D Anet A8 PLUS  
Fuente: Anet, (2020)*

### **3.2.7. Filamentos**

El filamento plástico o metálico es la materia prima para la elaboración de objetos mediante la adhesión de material en impresoras 3D de tipo FDM para lo cual el extrusor le calienta a una determinada temperatura para que llegue a fundirse y adherirse a las otras capas.

#### **3.2.7.1 PLA**

El filamento PLA o ácido poliláctico es un material con un punto de fundición de 160°C a 200°C dependiendo de su marca y color, las características técnicas vienen dadas por el fabricante, sin embargo, en la mayor parte de impresiones la temperatura estándar para su

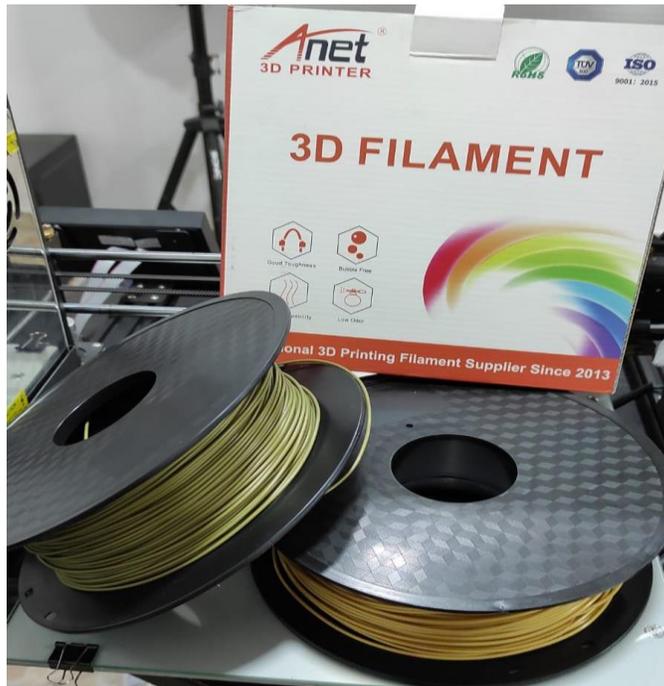
extrusión es de 180°C la cual viene programada en el software de impresión 3D. El PLA es el filamento más utilizado para la impresión debido a sus bondades y facilidad para la impresión 3D ya que este presenta menos inconvenientes al momento de irse fundiendo capa sobre capa, con un menor efecto de desprendimiento de la cama caliente (Warping). Las características mecánicas y físicas del PLA son las que se detallan en la tabla N° 3 que se pueden comparar con la tabla N° 4 que posee las características del acero tipo AISI SAE 4140 recocido.

Tabla 3.  
Ficha técnica del PLA

<b>PLA</b>	
Densidad	1240 Kg/cm <sup>3</sup>
Relación de Poisson	0,38 - 0,4
Modulo elástico (GPa)	2,3465
Resistencia a la Tensión (MPa)	58,05
Resistencia a la Cedencia (Mpa)	38,27
Elongación (%)	9,8
Reducción en área (%)	12
Dureza (HB)	17 - 27
Resistencia al impacto	6,1
Temperatura de fusión (°C)	145 - 177

Tabla 4.  
Ficha técnica acero AISI SAE 4140 Recocido

<b>Acero AISI SAE 4140 Recocido</b>	
	7700
Densidad	Kg/m <sup>3</sup>
Relación de Poisson	0.27-0.30
Modulo elástico (GPa)	190-210
Resistencia a la Tensión (MPa)	655.0
Resistencia a la Cedencia (Mpa)	417.1
Elongación (%)	25.7
Reducción en área (%)	56.9
Dureza (HB)	197
Resistencia al impacto	54.5
Temperatura de fusión (°C)	1232



*Figura 16. Filamentos PLA bronce y dorado Anet  
Fuente: Salazar, (2021)*

### **3.2.8. Generador de tensión eléctrica**

Los generadores eléctricos utilizado para el presente proyecto es un motor de tipo corriente directa o corriente continua el cual transforma la energía eléctrica en energía mecánica sin embargo este mismo se puede utilizar en sentido inverso a su transformación, esto quiere decir que se va a pasar de energía mecánica a energía eléctrica en donde se le considera al motor eléctrico como generador de tensión eléctrica que en términos técnicos es un dínamo. El motor utilizado posee una caja reductora de transmisión para lo que la velocidad de giro se ha reducido con el fin de obtener valores más eficientes con respecto a su trabajo realizado.

Los dos motores a utilizar como generadores tienen las siguientes características detalladas en la tabla N° 5.

Tabla 5.  
Ficha técnica motor NFP25-370 130RPM

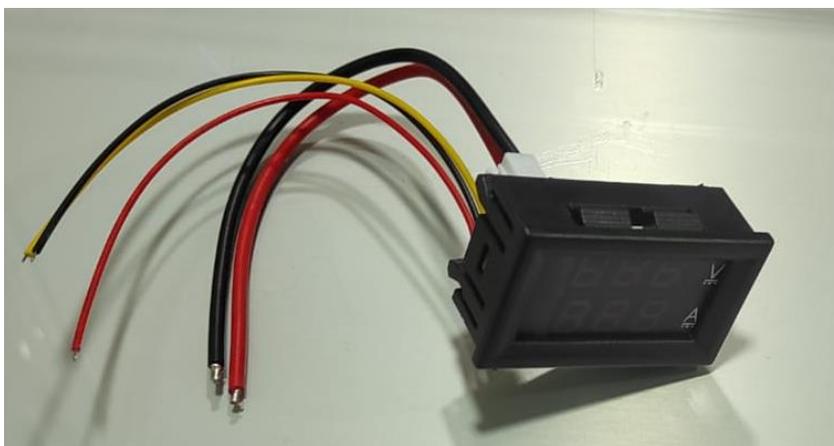
Ficha de datos	
Modelo	NFP-25-370
Serie	12v1260
Relación de transmisión	1:45
Voltaje de Operación	6v a 18v
Voltaje Nominal	12v
Velocidad funcionamiento libre 12v	130rpm
Velocidad nominal	100rpm
Corriente funcionamiento libre 12v	60mA
Corriente nominal	0,45 mA
Corriente en parada	1,3 A
Par de parada	2,2 Kg.cm
Par nominal	1 Kg.cm
Peso	84g



Figura 17. Motores eléctricos JGA25370-130rpm  
Fuente: Salazar, (2021)

### 3.2.9. Voltímetro

El voltímetro es un instrumento utilizado para medir las unidades de tensión eléctrica o la diferencia de potencial en voltios. Este dispositivo originalmente funcionaba como un galvanómetro sin embargo el paso de la tecnología desarrollo avances en el mismo para lo cual ahora se da uso a los voltímetros digitales, con mayor facilidad estos se encuentran en un solo equipo llamado multímetro sin embargo para este proyecto se encontró un dispositivo que es capaz de leer la cantidad de voltios y amperios que existen en un sistema.



*Figura 18.* Dispositivo de medición de voltaje y amperaje.  
*Fuente:* Salazar, (2021)

### 3.3.10 Amperímetro

El amperímetro es el dispositivo que mide la intensidad de corriente eléctrica la cual tiene como unidad el Amperio o Ampere con símbolo A, su origen al igual que el voltímetro viene del galvanómetro, en sus inicios estos eran de tipo análogo en donde no se podía analizar con exactitud sus mediciones, sin embargo en la actualidad se posee estos equipos en tipo digital para una mayor eficacia en sus mediciones, el amperímetro se encuentra presente en la mayoría de multímetros presentes en el mercado, sin embargo para el proyecto se usa un solo

equipo que permite realizar medición de voltaje y amperios, en el caso de este equipo la medición puede llegar solo hasta centésimas de amperio.

### 3.3.11 Multímetro digital

El multímetro digital es una pieza clave para la elaboración de este proyecto ya que gracias a este nos permite obtener los valores referenciales de tensión eléctrica en Voltios y la intensidad de corriente eléctrica en miliamperios, las características del multímetro digital utilizado se encuentran descritas en la tabla N° 6.

Tabla 6.  
Ficha técnica multímetro digital TMT46001

<b>Información Técnica del Multímetro</b>	
Marca	Total
Modelo	TMT46001
Tipo	Digital
Display	LCD
Selección de modo	Perilla
Escala máxima de voltaje CC	600 v
Escala mínima de voltaje CC	200 mv
Escala máxima de voltaje CA	600 v
Escala mínima de voltaje CA	200 v
Escala máxima de resistencia	20 MOhm
Escala mínima de resistencia	200 Ohm
Escala máxima de amperaje	10 Amp
Escala mínima de amperaje	20 mAmp
Continuidad	Comprobación sonora
Cables con conector en punta	2



Figura 19. Multímetro Digital TMT46001.  
Fuente: Salazar, (2021)

### 3.4 Ensamblaje

El proceso de ensamblaje se realiza en 9 pasos, los cuales fueron organizados en la siguiente tabla N° 7.

Tabla 7.  
Pasos para el ensamblaje del amortiguador con mecanismo.

Paso	Detalle
1	Verificación de holguras entre el eje y el tubo del amortiguador
2	Instalación del eje, llenado de aceite y colocación de la tapa inferior del tubo
3	Colocación del resorte de compresión sobre el tubo
4	Alojar la tapa superior modificada y ajustar con la respectiva tuerca del eje
5	Instalación de los rodamientos en cada piñón según las especificaciones
6	Colocación de todos las uñetas o gatillos en el piñón principal del mecanismo
7	Instalación de la cremallera en su respectiva posición y colocar los pernos
8	Instalación del mecanismo en la tapa superior modificada.
9	Ensamble de los motores en la tapa superior con sus respectivos engranajes

### 3.4.1. Pernos y rodamientos

Para el proyecto se utilizan dos tipos de pernos diferentes, el primero es el que sostiene el mecanismo de generación de tensión eléctrica hacia la cubierta superior del amortiguador modificada y el segundo tipo de perno ajusta la cremallera al tubo del amortiguador mediante dos pernos. Los pernos y rodamientos utilizados en el proyecto se detallan en la tabla N° 8.

Tabla 8.  
Pernería y rodamientos

Elementos	Detalle	Cantidad
Perno	M8 x 1.5 x 80	1
Perno	M12 x 1.75 x 50	2
Tuerca	M10 x 1.5	1
Arandela	7-10	2
Arandela	7-14	2
Rodamiento	7-17-6	6



Figura 20. Rodamientos de agujas y de bolas.  
Fuente: Salazar, (2021)

### 3.4.2. Componentes mecánicos

Los componentes mecánicos de este proyecto son en suma un mecanismo de tipo ratchet o trinquete el cual funciona en ambas direcciones, conduciendo el movimiento hacia un solo piñón por cada dirección en la que se mueva aprovechando la energía mecánica durante su movimiento oscilatorio y manteniendo la energía cinética en los piñones de los generadores.

Los componentes están enlistados en la siguiente tabla N° 9.

Tabla 9.  
Listado de piezas requeridas

Piezas del mecanismo Prototipo	
Item	Cantidad
Cremallera	1
Piñón conductor	1
Piñón conducido	2
Gatillos de retención	12
Piñón de generador	2

### 3.4.3. Alineación, verificación y rectificación de holguras

Este proceso nace de la obtención de los objetos impresos en 3D los cuales durante la impresión y por las características de la misma se modifican algunas de las medidas en cuanto a su ancho, longitud, altura y espesor dependiendo de la orientación configurada para su impresión, la variación en estas medidas principalmente se presenta en los ejes X y Y, ya que el eje Z no tiene ningún tipo de variación. Este tipo de variaciones se da ya que la impresora 3D sigue un mapa en dos dimensiones sin embargo como la boquilla del extrusor tiene un ancho de 0.4mm, este proceso de adhesión incrementa en 0.2mm la medida original por cada lado por el cual el extrusor llegue a pasar. En algunos casos que se necesita rectificar las medidas en el eje, los orificios de paso, y en todas las superficies que tuvieron contacto directo con la cama caliente de la impresora 3D.

### 3.4.4. Conexión eléctrica del sistema de generación

Las conexiones eléctricas están basadas la figura N° 21 en el cual podemos observar que los generadores tienen una conexión en paralelo para lo cual se debe conectar los cables según su polaridad y para realizar las mediciones se dejarán las puntas de los cables abiertas para facilitar la conexión del multímetro digital.

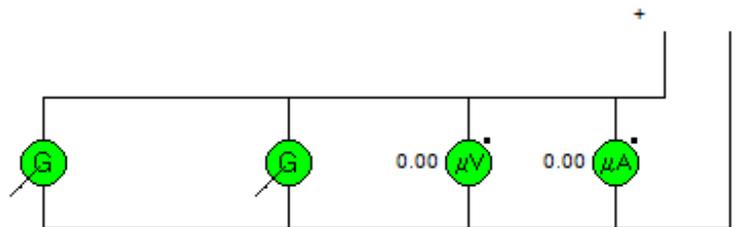


Figura 21. Diagrama de conexión eléctrica en Crocodile Clips.  
Fuente: Salazar, (2021)

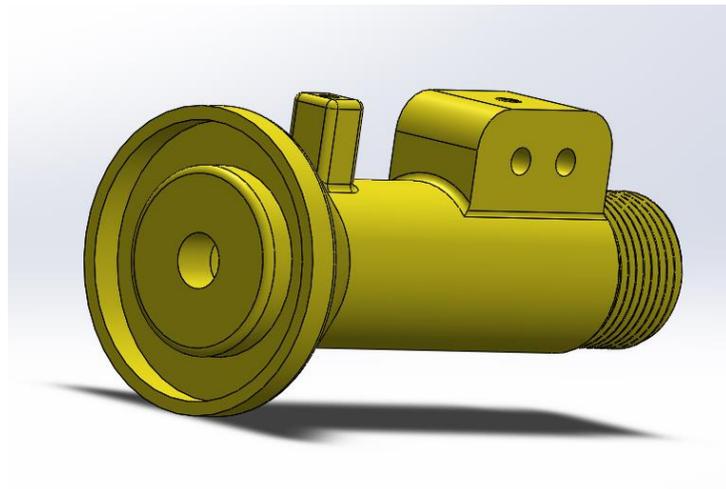
## 3.5 Diseño

El diseño de las piezas empieza a partir del amortiguador y seguirá avanzando hacia el mecanismo de generación de tensión eléctrica para el cual realizaremos algunas pruebas de resistencia y deformación en las secciones de las piezas las cuales se encontrarán expuestas a la fuerza resultante del elemento elástico que se definió como un resorte de compresión. Se utilizan los softwares AutoCAD y SolidWorks para el proceso de diseño y pruebas.

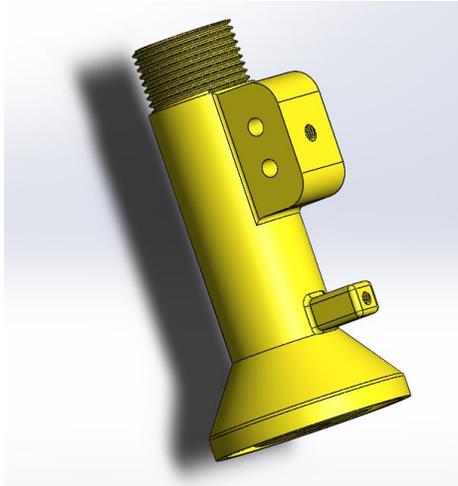
### 3.5.1. Tubo principal de amortiguador

El diseño del tubo principal se basó en un sistema de acople de doble perno hacia la mangueta, ya que el amortiguador de modelo es en función de un sistema de suspensión tipo McPherson,

este posee un soporte para el elemento elástico de la suspensión que para el caso será un resorte de compresión. Una vez analizado el tipo de construcción que se le va a dar y ajustando a las especificaciones de la impresora 3D se observa que el soporte del resorte no podrá ser igual al de un amortiguador convencional por lo cual se le agrega un ángulo de soporte de 45° para que pueda soportar la tensión generada por el resorte. En vista del diámetro externo del resorte y el diámetro superior del amortiguador en el soporte del resorte se procede a realizar el diseño de los soportes para la cremallera utilizando como punto de partida la altura del acople de doble perno a la mangueta y realizando un nuevo soporte desde el punto más alto accesible para formar el segundo soporte para la cremallera. La medida del roscado de la parte inferior es de tipo M39x4.0.



*Figura 22.* Tubo principal amortiguador vista I SolidWorks.  
*Fuente:* Salazar, (2021)



*Figura 23.* Tubo principal amortiguador vista II SolidWorks.  
*Fuente:* Salazar, (2021)

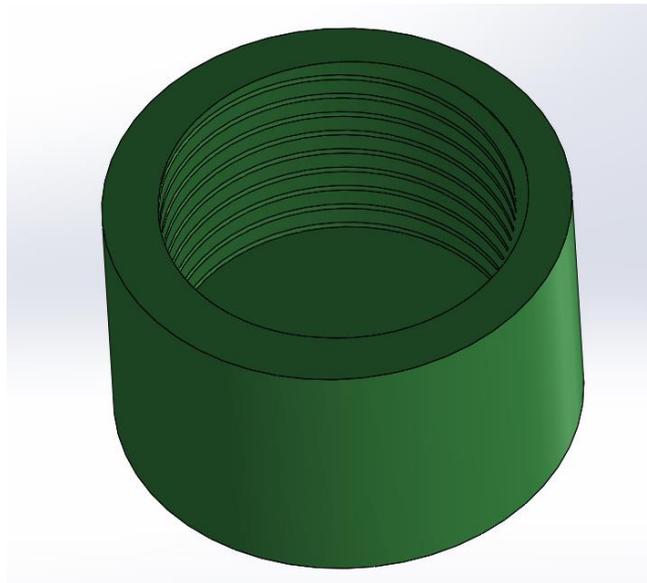
Como se podrá observar en la figura N° 24 la impresora 3D se encuentra construyendo el objeto de tal manera que el espesor de sus paredes es de dos milímetros, el espesor de la sección superior e inferior de igual manera es de dos milímetros mientras que el relleno de la pieza es de un 80 % con una construcción de tipo lineal en construcción transversal de capa sobre capa.



*Figura 24.* Proceso de impresión 3D del tubo principal amortiguador.  
*Fuente:* Salazar, (2021)

### 3.5.2 Cubierta inferior roscada

Esta pieza estará basada en su diámetro interior por el diámetro interior del roscado del tubo principal de amortiguador y el diámetro externo tendrá en consideración la sección final del roscado con un incremento de su espesor de cinco milímetros, el tipo de roscado será el mismo del tubo principal, es decir M39x4.0.



*Figura 25. Cubierta inferior roscada en SolidWorks.  
Fuente: Salazar, (2021)*

En vista que la presente pieza no presentará un esfuerzo longitudinal su construcción mediante la impresión 3D mantiene la configuración en paredes, sección superior e inferior de dos milímetros, en el caso de relleno este tuvo un decremento con respecto a la pieza anterior, el de esta es de un 60% de relleno.



*Figura 26. Cubierta inferior roscada impresa en 3D.  
Fuente: Salazar, (2021)*

### **3.5.3. Resorte de compresión.**

El diseño básico del resorte debe permitir que en función del eje Y este permita una compresión considerable para la realización de pruebas del proyecto, una vez realizados los cálculos de las distancias requeridas procedemos a verificar la altura necesaria para el resorte de compresión, en cuanto al diseño de este, el proceso se acorta significativamente gracias a que el software SolidWorks contiene funciones especiales para realizar este tipo de piezas, para poder mantener una superficie extensa en contacto permanente con el tubo principal de amortiguador y la cubierta superior modificada se realiza una corona de paso circular tanto en la parte superior e inferior del resorte con posición perpendicular al eje de este.

El cálculo realizado para obtener la constante de elasticidad del resorte se basa en las fórmulas de la ley de Hooke en la cual dice que:

$$R = \frac{Gd^4}{8D^3n} \quad \text{Ec. [3.1]}$$

En donde R es la constante del resorte, G es el módulo de corte del material de resorte en  $N/mm^2$ , d el diámetro del cable en mm, D es el diámetro de la bobina en mm, y n es el número de vueltas del resorte. Reemplazando los valores en la fórmula:

$$R = \frac{3900 \frac{N}{mm^2} * 15^4 mm}{8 * 84^3 mm * 6} \qquad R = 6.94 \frac{N}{mm} \qquad \text{Ec. [3.2]}$$

Sin embargo, una vez obtenida la constante del resorte debemos pasarlo a unidades normalizadas, para lo cual solo se variará las unidades de mm a metros:

$$R = 6.94 \frac{N}{mm} * \frac{1000 mm}{1 m} \qquad R = 6940 \frac{N}{m} \qquad \text{Ec. [3.3]}$$

Este valor nos ayudará a calcular la fuerza a la que estará sometido el piñón conductor del mecanismo de generación de tensión eléctrica.

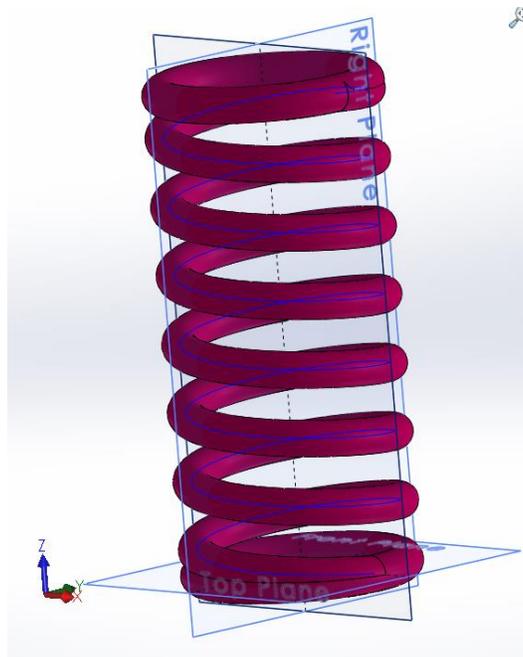
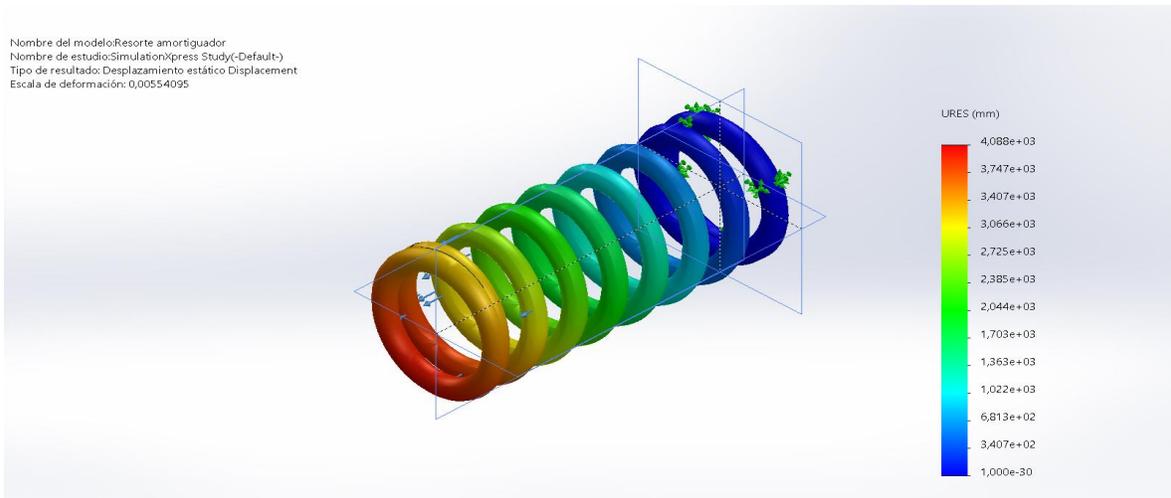


Figura 27. Resorte de compresión SolidWorks.  
Fuente: Salazar, (2021)



*Figura 28. Simulación de deformación a resorte de compresión.  
 Fuente: Salazar, (2021)*

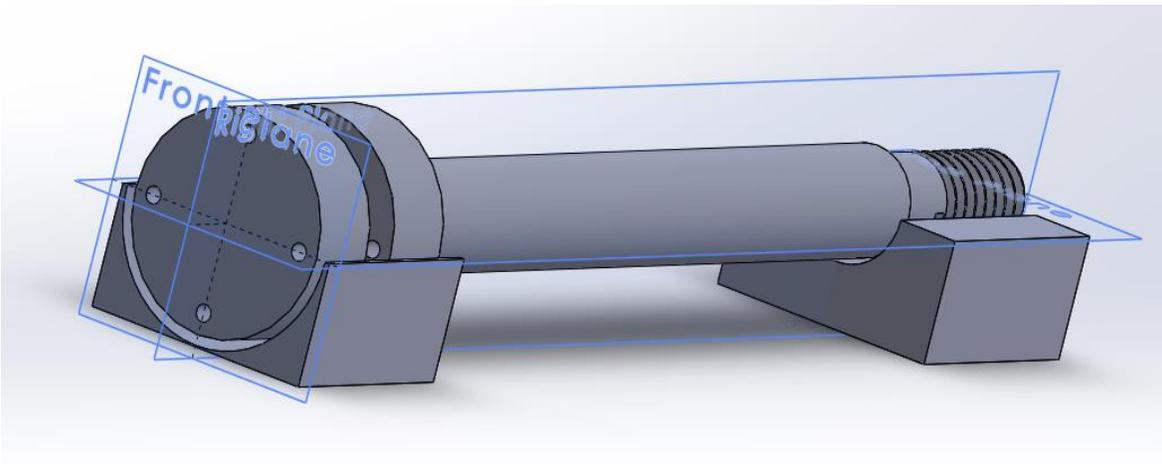
Debido a que esta pieza soportará una gran carga y realizará un trabajo permanente durante su funcionamiento soportando la fuerza de compresión y retornando a su posición inicial la configuración de impresión del resorte fue de paredes, sección inferior y superior de dos y medio milímetros y en su relleno de un 90% para lo cual la impresora se tomó un total de cincuenta y siete horas para su construcción.



*Figura 29. Resorte de compresión impreso en 3D.  
 Fuente: Salazar, (2021)*

### 3.5.4. Eje de amortiguador

En vista de que en función de un amortiguador hidráulico este debe restringir la velocidad del paso del fluido de la sección superior a la inferior y viceversa los pistones serán creados en conjunto con el eje de amortiguador, para lo cual se realiza el cálculo de la cantidad de fluido que existirá en la parte interna del tubo y la cantidad que podrá fluir a través de los orificios diseñados. En cuanto a longitudes estas vienen dadas por el cálculo inicial de amortiguación y respecto a los diámetros se contemplará las medidas del tubo principal de amortiguador y los márgenes que difieren del diseño a la impresión 3D en la sección superior del eje de debe realizar el roscado necesario para poder realizar el ajuste de las piezas e impedir que estas lleguen a desacoplarse.



*Figura 30. Eje de amortiguador SolidWorks.  
Fuente: Salazar, (2021)*

Para la impresión del eje se debe seleccionar la construcción en sentido horizontal ya que el sentido de impresión determina también el tipo de resistencia que la pieza pueda llegar a tener, en este caso si se imprimiera en sentido vertical el cizallamiento se produciría en perpendicular al sentido de construcción. Se debe tomar también en consideración que todo tipo de objetos cilíndricos en construcción por impresión 3d debe tener un soporte con la

misma forma cilíndrica, esto se debe a que la superposición de capas provoca que la masa que está siendo adherida se suspenda solamente sobre una pequeña sección por lo cual la pieza se deformaría. Las especificaciones de impresión de este objeto fueron paredes, sección inferior y superior de dos y medio milímetros y en su relleno se seleccionó un 80%.



*Figura 31. Eje de amortiguador impreso en 3D.  
Fuente: Salazar, (2021)*

### **3.5.5. Cubierta superior**

En función de verificar el funcionamiento del sistema de amortiguación se realiza la cubierta superior que tendrá contacto directo con el resorte de compresión, de esta forma la cubierta mantendrá una paridad con la base de soporte del resorte en el tubo principal del amortiguador por lo cual su diseño conservará la forma de una sección de otra pieza ya diseñada considerando que el diámetro del orificio de paso en el centro de la sección circular será de la medida contemplada para el paso del eje de amortiguador.

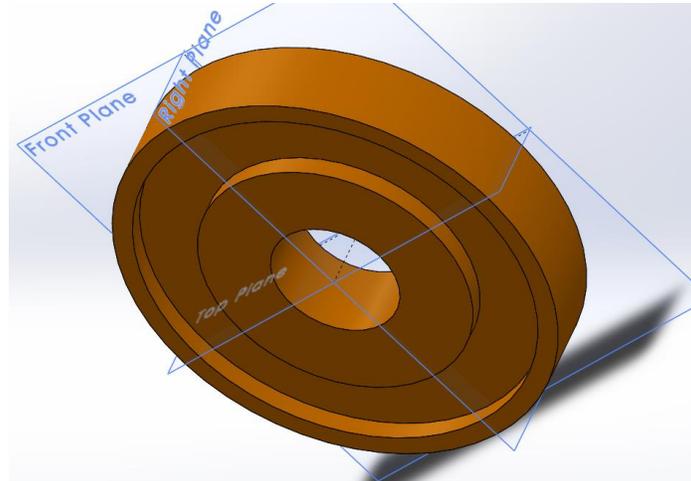


Figura 32. Cubierta superior de amortiguador SolidWorks.  
Fuente: Salazar, (2021)

### 3.5.6. Tuerca de eje

Una vez realizados los diseños previos a esta pieza se puede considerar todas las medidas obtenidas para poder realizar la tuerca, con el paso de rosca del eje se procede a diseñar el paso de rosca para la tuerca, considerando que el amortiguador será colocado en una base para su futura exposición se considera una medida en la cual se pueda colocar el soporte necesario o el acople que se pudiera requerir.

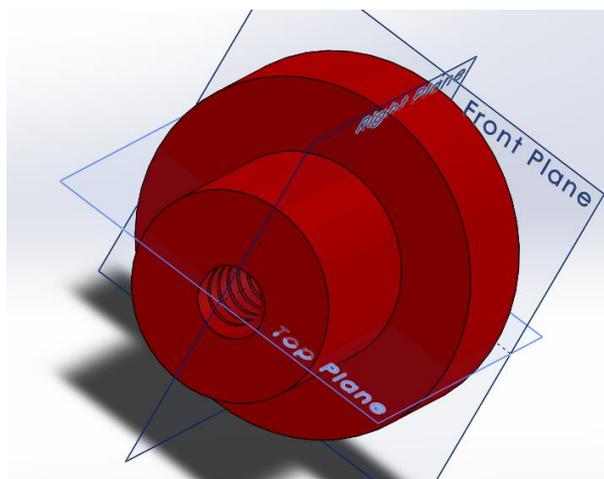
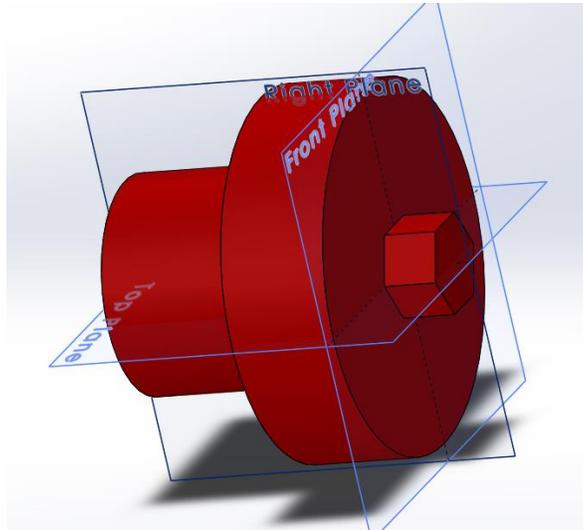
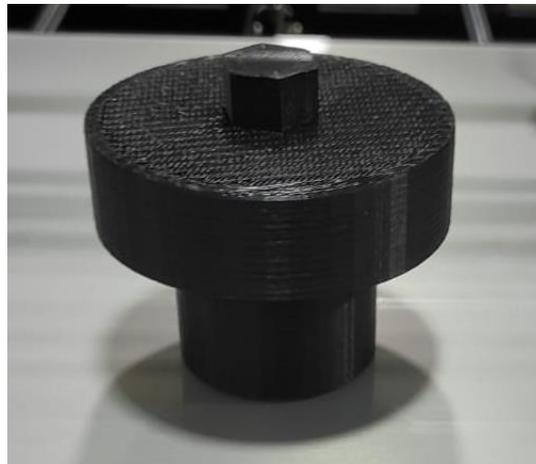


Figura 33. Tuerca de eje vista I SolidWorks.  
Fuente: Salazar, (2021)

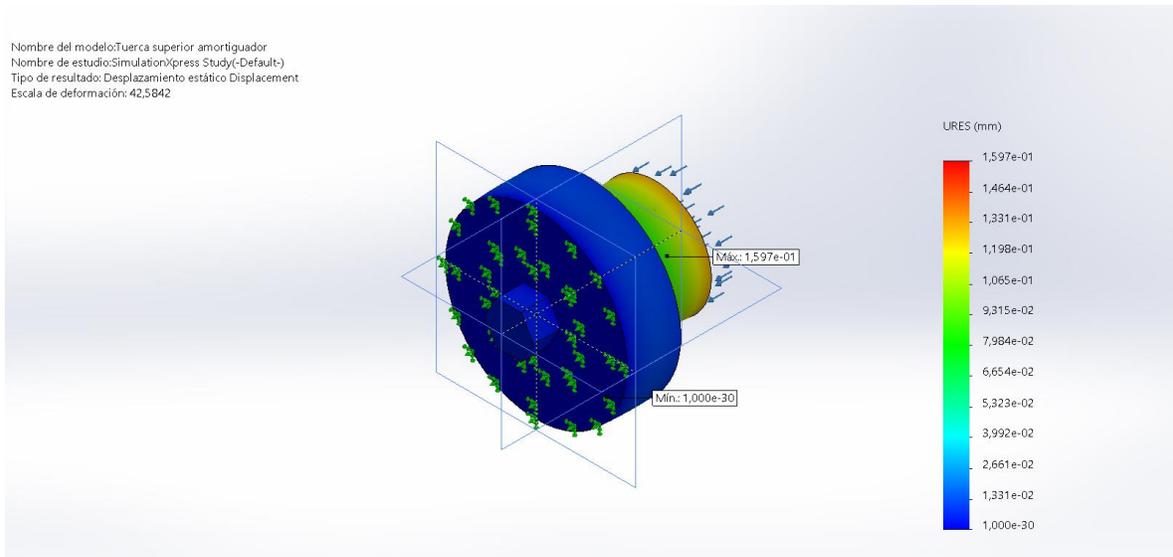


*Figura 34. Tuerca de eje vista II SolidWorks.  
Fuente: Salazar, (2021)*

En consideración que parte de la energía es absorbida por esta pieza se realizó una construcción en sentido vertical al eje de la pieza para lo cual en su resistencia soporte cargas verticales manteniendo una configuración de dos y medio milímetros en sus paredes y de tres milímetros en su sección superior e inferior para realizar el ajuste necesario, en el relleno de la pieza se configura un 80%.



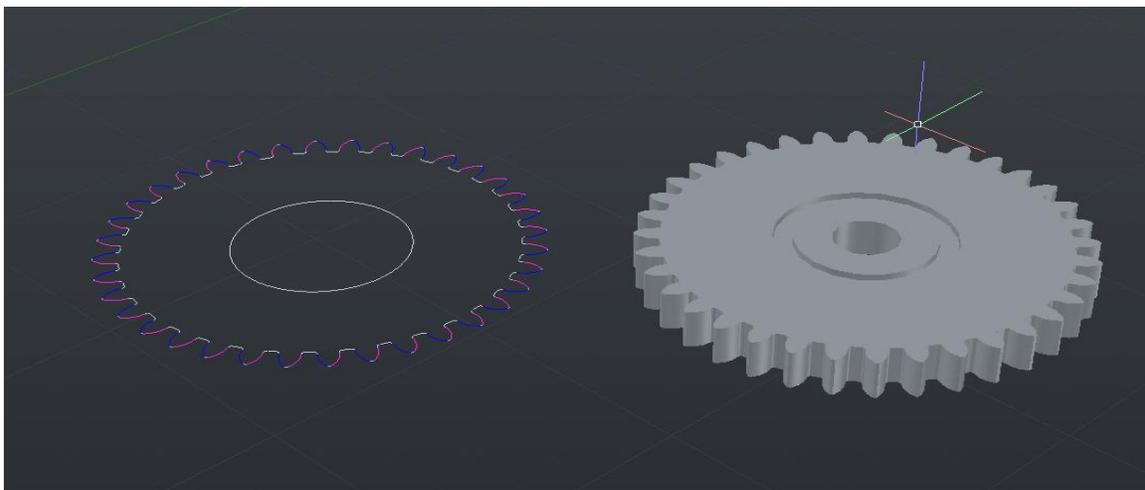
*Figura 35. Tuerca de eje impresa en 3D.  
Fuente: Salazar, (2021)*



*Figura 36.* Simulación de deformación a tuerca de eje.  
*Fuente:* Salazar, (2021)

### 3.5.7 Piñón principal conductor

El piñón principal conductor tiene un módulo de dientes de tres unidades, para lo cual se utilizará un total de treinta y seis dientes considerando el modelo de construcción a través del software SolidWorks y AutoCAD, estos tienen una configuración predeterminada para estos objetos, dándonos así un diámetro exterior de ciento catorce milímetros.



*Figura 37.* Piñón conductor en plano 2D y 3D.  
*Fuente:* Salazar, (2021)

### 3.5.8 Piñones conducidos

Los piñones conducidos tienen la misma cantidad de dientes así que la construcción del engranaje será igual a la del piñón conductor, en cuanto a la sección de contacto del sistema tipo trinquete se configura en el siguiente diseño.

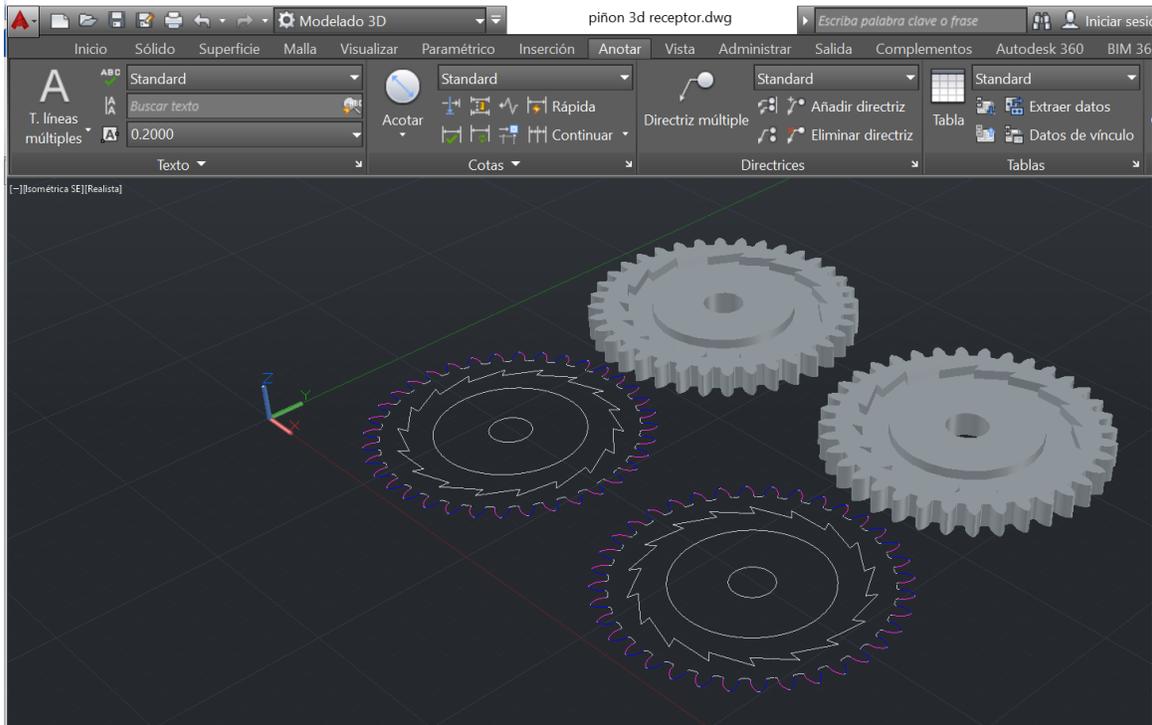
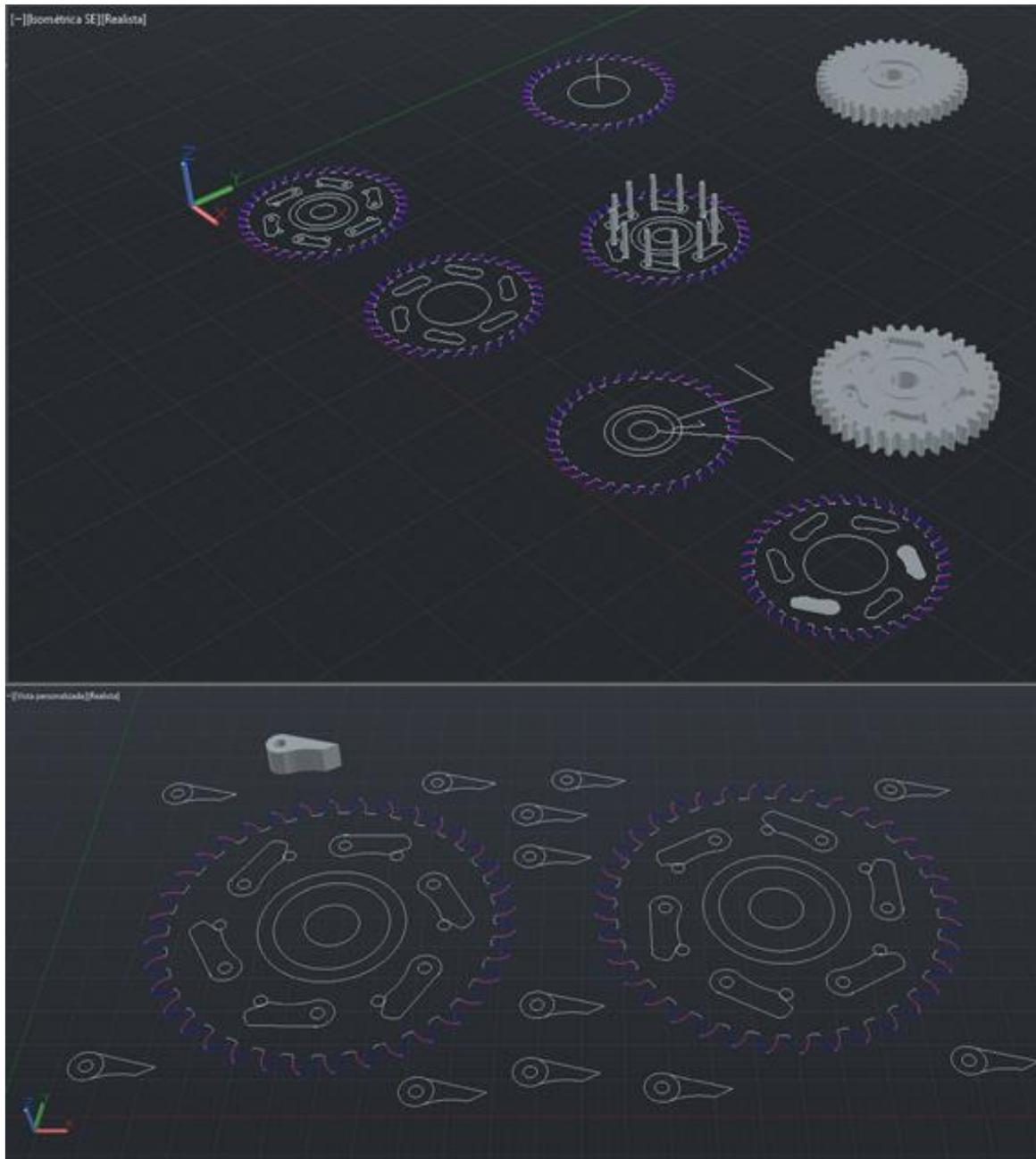


Figura 38. Piñones conducidos en plano 2D y 3D.  
Fuente: Salazar, (2021)

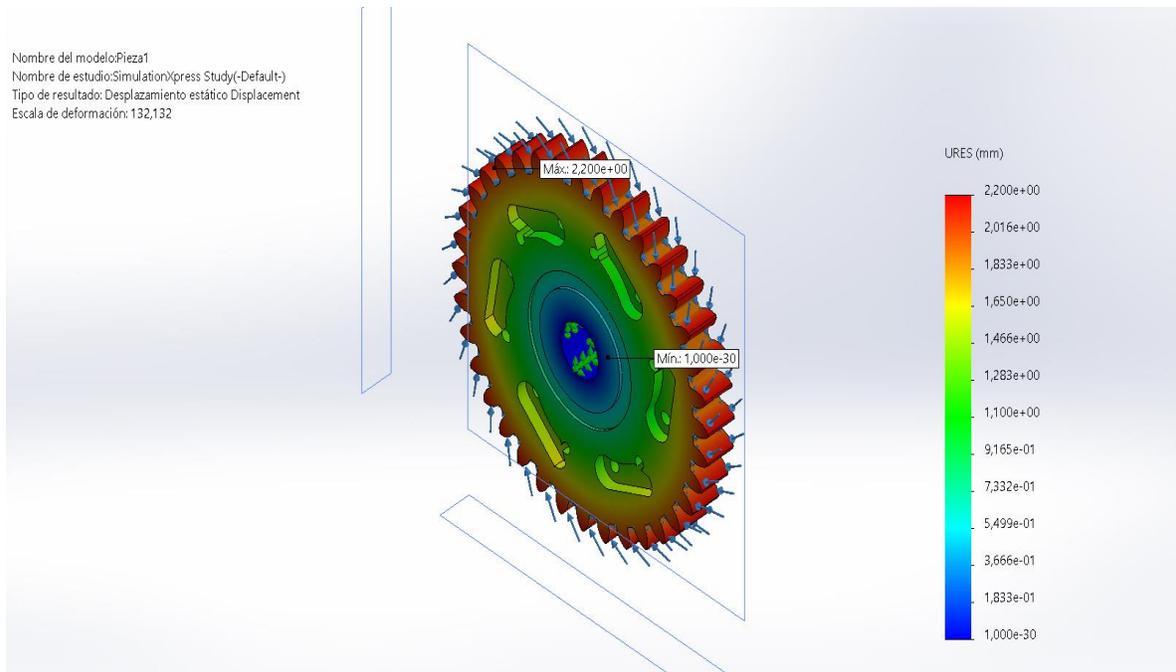
### 3.5.9. Sistema de trinquete a los piñones

El sistema de trinquete es integrado en 3 piezas, el piñón conductor y los dos piñones conducidos, para lo cual se tomará un diseño circular con secciones de sesenta grados de diferencia permitiendo crear así los orificios para la colocación de los gatillos los cuales tomarán en consideración dos diámetros para su diseño, el primer diámetro menor será de ochenta milímetros y del diámetro mayor será de noventa milímetros. Esta misma sección

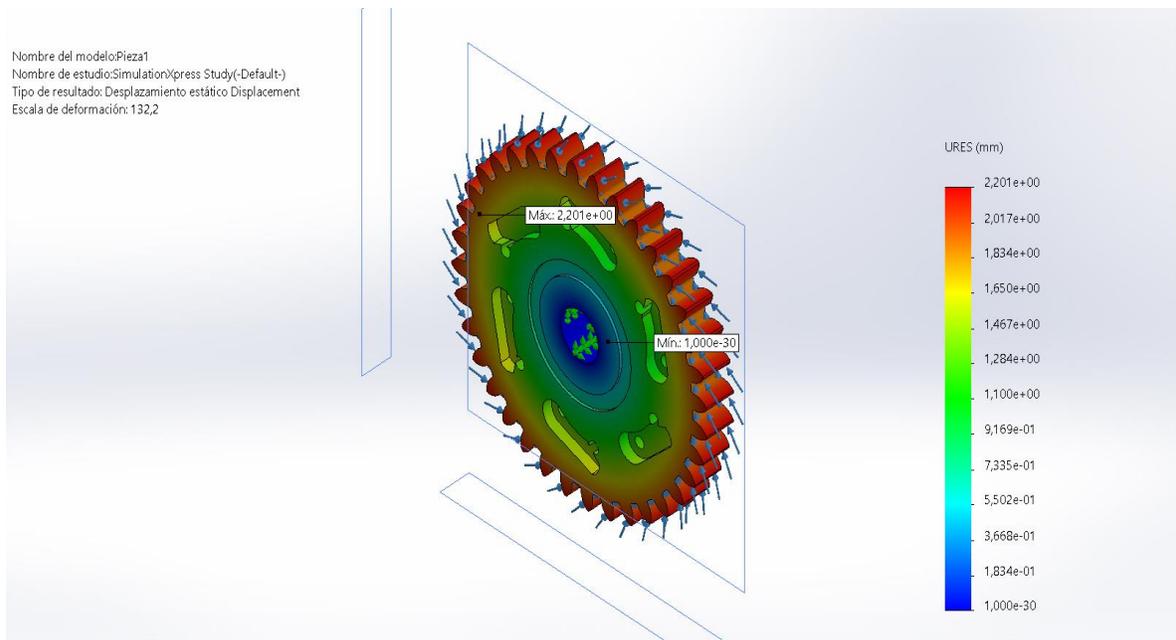
será repetida en los otros dos piñones conducido para permitir el paso de los gatillos mientras el primero se encuentre girando.



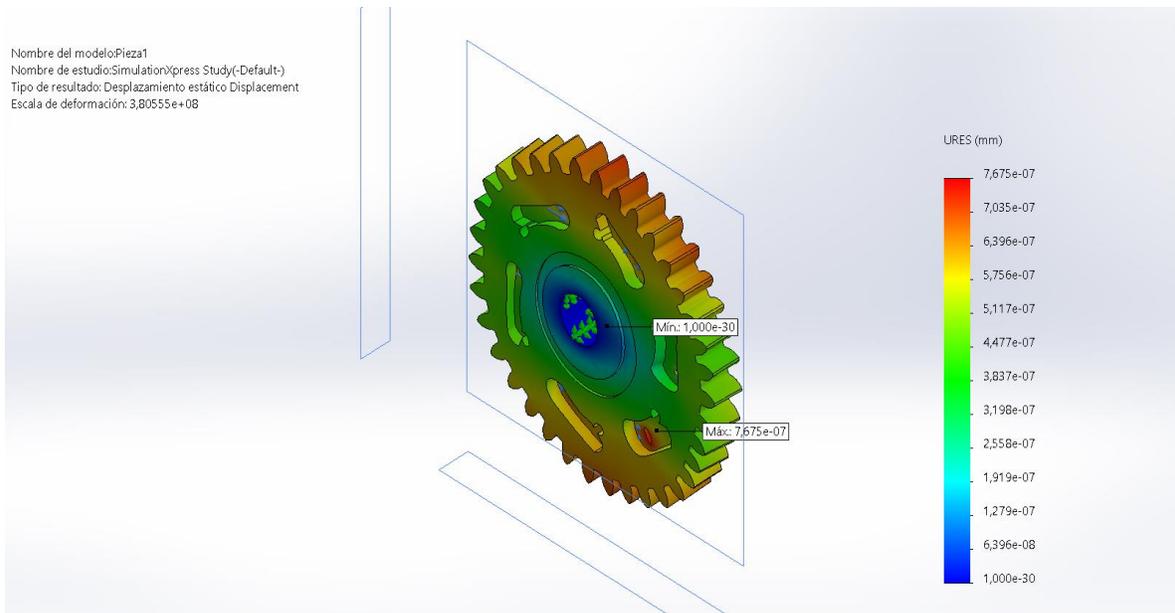
*Figura 39. Sistema de trinquete en plano 2D y 3D AutoCAD.  
Fuente: Salazar, (2021)*



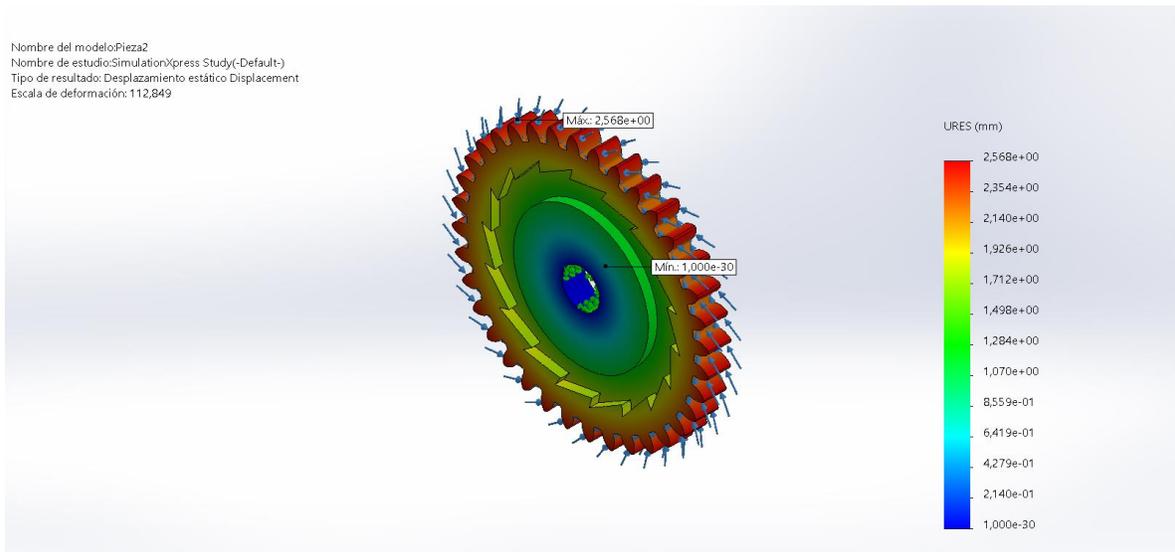
*Figura 40.* Simulación de deformación con fuerza aplicada en sentido horario.  
*Fuente:* Salazar, (2021)



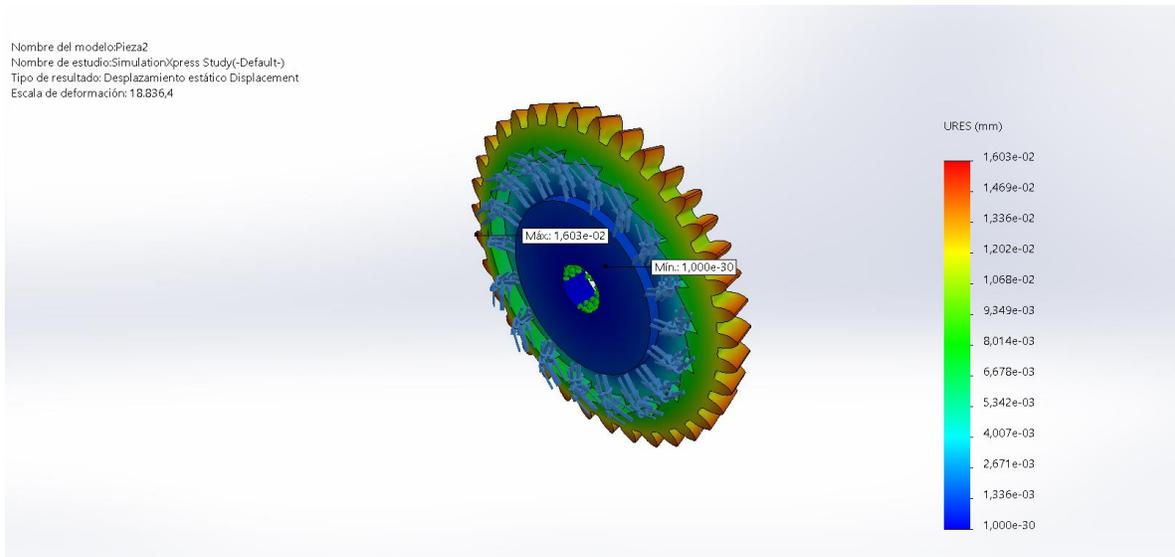
*Figura 41.* Simulación de deformación con fuerza aplicada en sentido anti horario.  
*Fuente:* Salazar, (2021)



*Figura 42.* Simulación de deformación punto de anclaje a gatillos.  
*Fuente:* Salazar, (2021)



*Figura 43.* Simulación de deformación piñón conducido, fuerza sobre dientes de piñón.  
*Fuente:* Salazar, (2021)



*Figura 44.* Simulación de deformación piñón conducido, fuerza aplicada a contacto de gatillos.  
*Fuente :* Salazar, (2021)

Una vez realizado el diseño se observa que para la configuración de impresión se mantiene un espesor de dos milímetros para sus paredes, sección superior e inferior mientras que pasa su sección interna se configura un relleno del 80% para resistir fuerzas sobre estos.



*Figura 45.* Piñones conducidos impresos en 3D.  
*Fuente:* Salazar, (2021).



*Figura 46. Piñón conductor y gatillos de retención impresos en 3D.  
Fuente: Salazar, (2021)*

### **3.5.10. Piñones a generadores**

Debido a que el límite mínimo de dientes es de diez para la construcción de un piñón en el software de SolidWorks se procede a realizar su diseño en el software AutoCAD en el cual se le configura el mismo módulo de tres unidades para que la superficie de contacto sea similar. Para el diseño de la sección del eje al generador se toma en cuenta un sistema de acople de tipo D, para lo cual se realiza una circunferencia con radio de dos punto dos milímetros mientras que para la sección lineal de la circunferencia se toma como referencia el centro y se traza una línea y a uno punto siete milímetros de distancia una línea perpendicular que cruce por dos secciones de la circunferencia, todos estos datos fueron ya obtenidos mediante la medición del eje del generador y considerando la expansión del material durante con construcción en la impresión 3D.

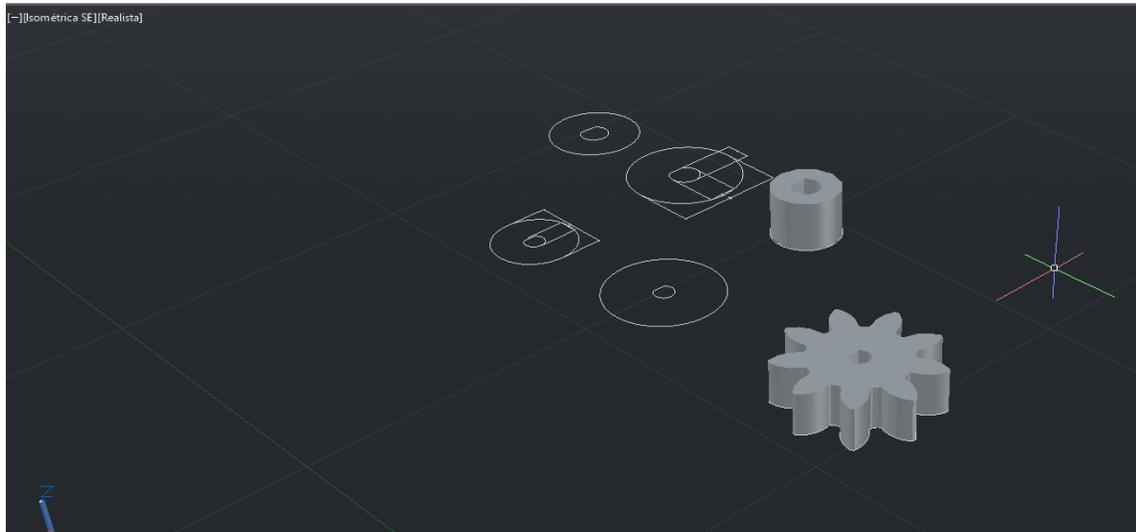


Figura 47. Plano en 2D y 3D del piñón a generador.

Fuente: Salazar, (2021)

Para el caso de este piñón se tuvo que tomar en consideración la fuerza necesaria para vencer el par detenido del generador en el cual se pudo considerar una deformación la sección de conexión con el eje, por lo cual debido a que el proyecto se realiza en su totalidad mediante la impresión 3D se imprimen dos juegos más de piñones para poder obtener resultados fiables de las pruebas.

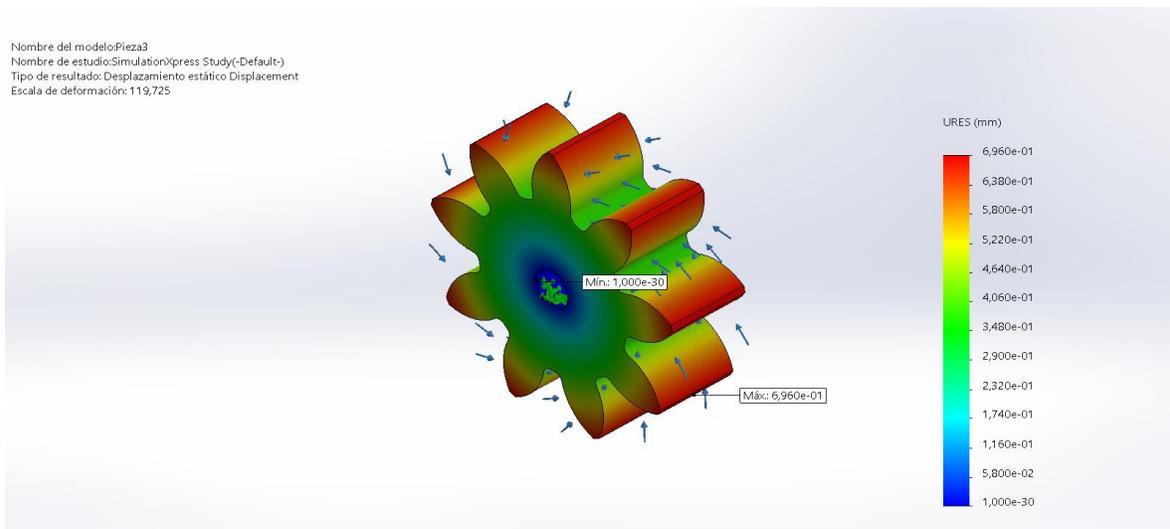
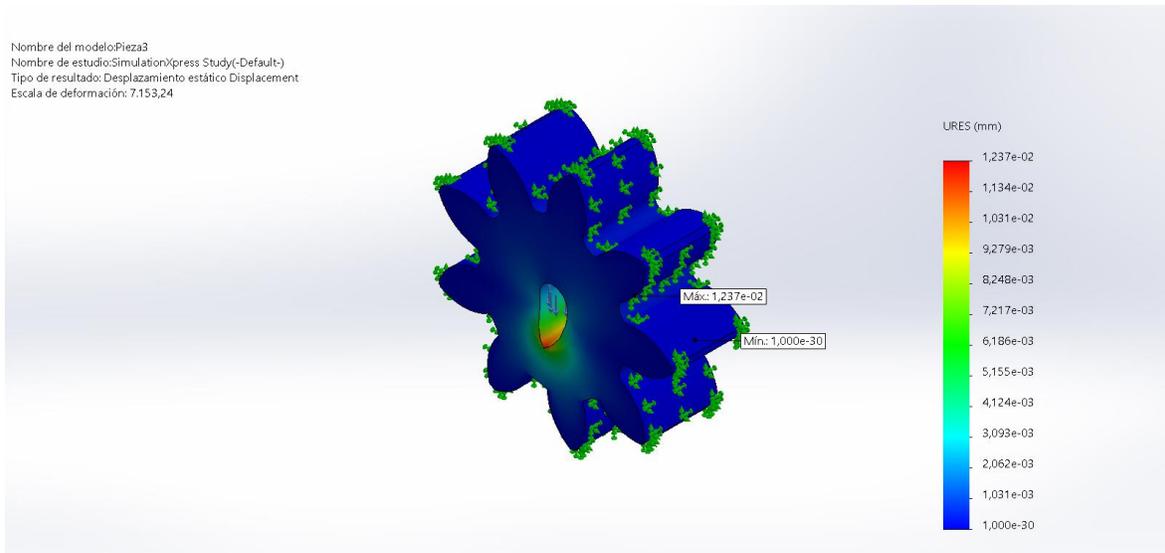


Figura 48. Simulación de deformación del piñón a generador, fuerza aplicada a los dientes.

Fuente: Salazar, (2021)



*Figura 49.* Simulación de deformación del piñón a generador, fuerza aplicada sobre eje de conexión.  
*Fuente:* Salazar, (2021)

La configuración para la construcción de estos piñones mediante la impresión 3D se estableció en 2.5 milímetros para sus paredes, dos milímetros para su sección superior e inferior y un 100% de relleno.



*Figura 50.* Piñón a generador x2 impresos en 3D.  
*Fuente:* Salazar, (2021)

### 3.5.11. Cremallera

Para el diseño de la cremallera se utilizó las plantillas predeterminadas del software SolidWorks para el cual se configura un módulo de tres unidades en sus dientes, con  $N=20$ , se realiza una prolongación de su base para poder ser fijada al tubo principal de amortiguador en dos secciones que permitan un paso de perno M12.

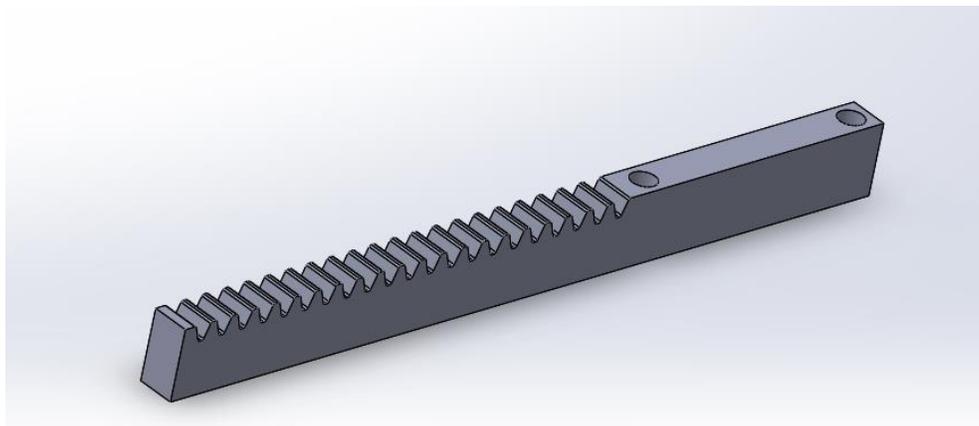


Figura 51. Cremallera SolidWorks.  
Fuente: Salazar, (2021)

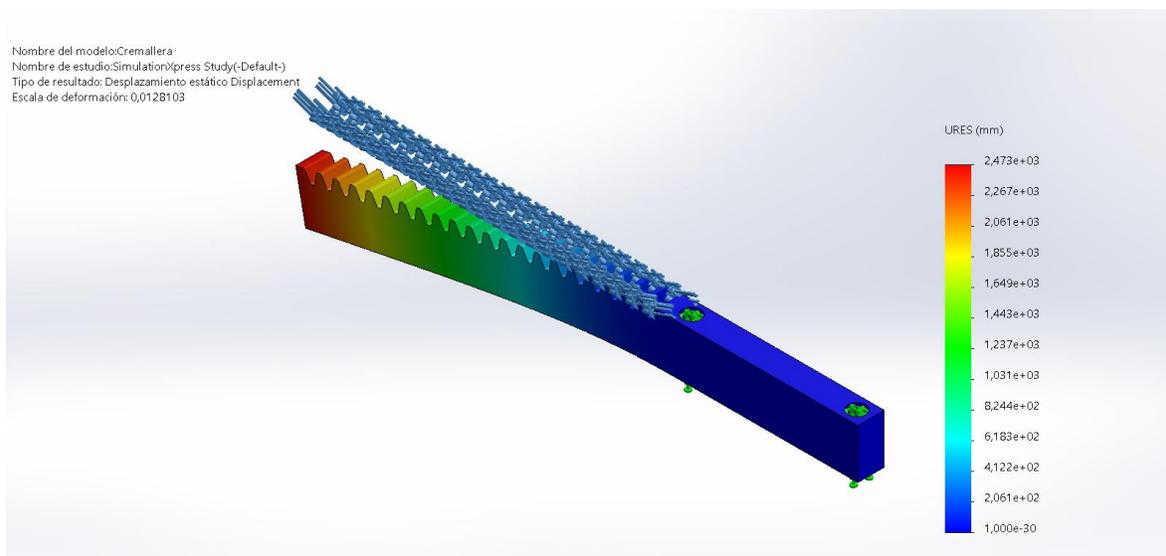
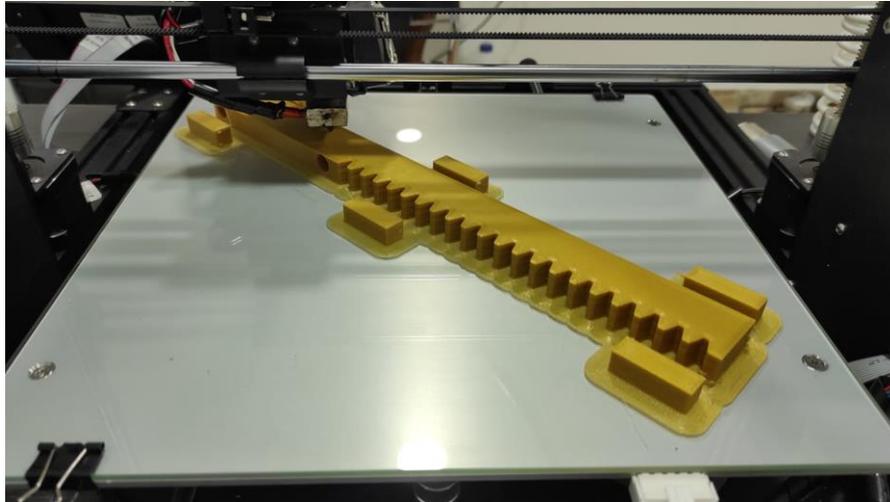


Figura 52. Simulación de deformación cremallera, fuerza aplicada sobre los dientes.  
Fuente: Salazar, (2021)

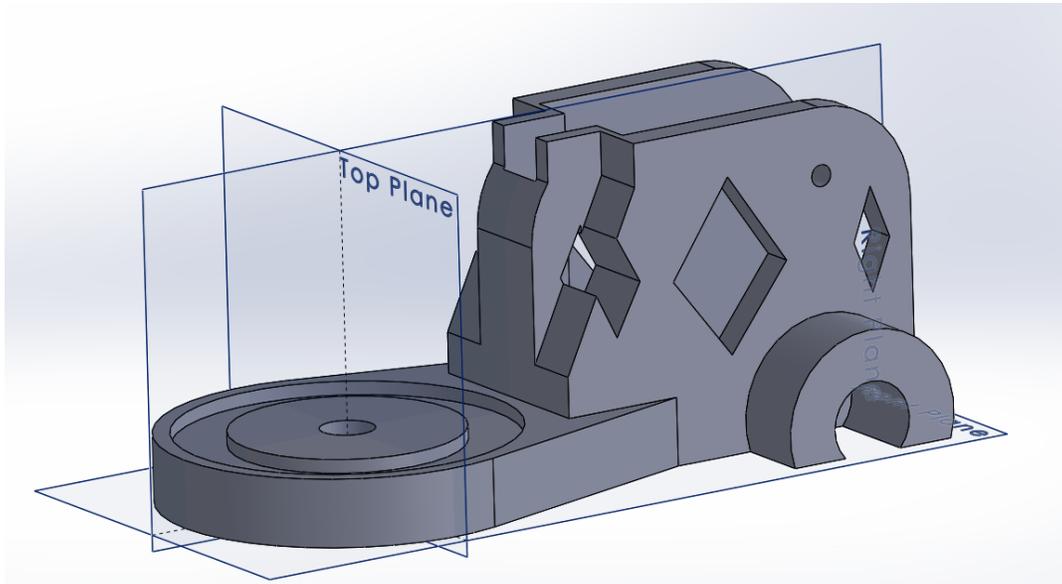
El proceso constructivo se configuro con un 100% de relleno y un espesor de paredes y secciones superior e inferior de 2 milímetros.



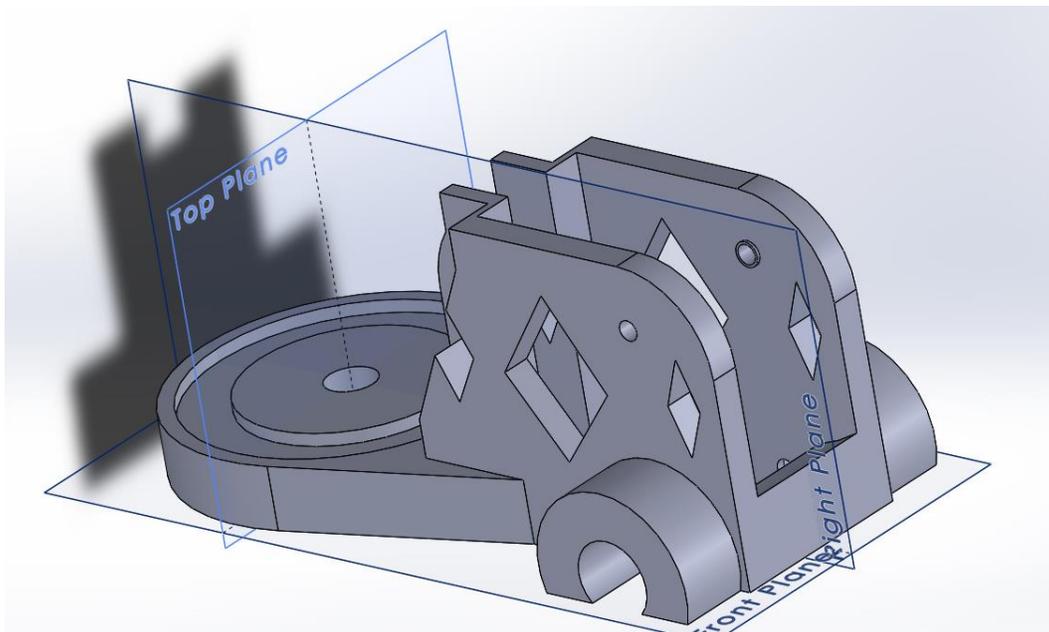
*Figura 53. Proceso de impresión 3D de la cremallera.  
Fuente: Salazar, (2021)*

### **3.5.12. Cubierta superior modificada**

La cubierta superior modificada fue el resultado de varias pruebas de ensayo en las cuales debido a la modificación de medidas durante la construcción se tuvo que realizar dos impresiones, siendo una de las piezas más complejas a realizar, la sección de contacto con el resorte de compresión es igual a la superficie de contacto del mismo con el tubo principal de amortiguador, mientras que el resto de la pieza se formó mediante la construcción del sistema en SolidWorks, esto usando el método de extrusión y extrusión corte.



*Figura 54. Cubierta superior modificada vista I Solidworks.  
Fuente: Salazar, (2021)*

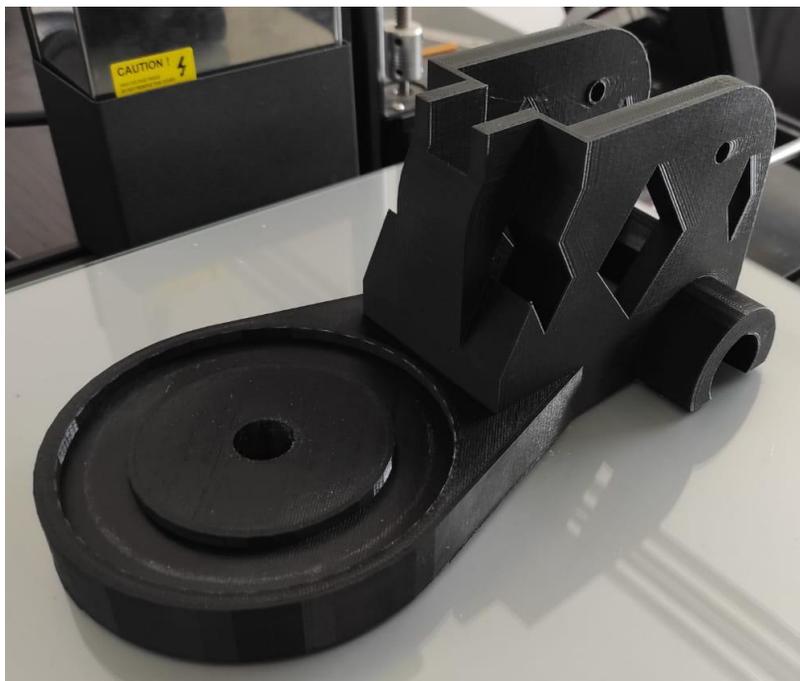


*Figura 55. Cubierta superior modificada vista II SolidWorks.  
Fuente: Salazar, (2021)*

Siendo una pieza suspendida sobre su eje horizontal, se fijó una configuración con relleno del 90%, un espesor de paredes de 2.5 milímetros y espesor de sección superior e inferior de dos milímetros.



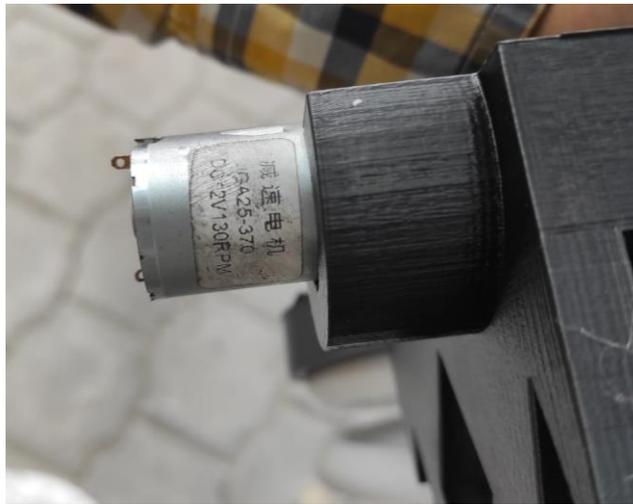
*Figura 56. Cubierta superior modificada impresa en 3D vista I.  
Fuente: Salazar, (2021)*



*Figura 57. Cubierta superior modificada impresa en 3D vista II.  
Fuente: Salazar, (2021)*

### 3.6. Ensamblaje terminado

El ensamblaje se concluyó siguiendo todos los pasos de construcción establecidos, siendo determinante una prolija observación de las rebabas y eliminación de residuos no deseados en las piezas, la instalación de los diferentes componentes se torna sencilla en cuanto se consideren las variables mencionadas en el proyecto.



*Figura 58. Motor eléctrico 1 alojado en su posición  
Fuente: Salazar, (2021)*



*Figura 59. Gatillos de retención alojados en el piñón conductor.  
Fuente: Salazar, (2021)*



*Figura 60. Ensamblaje de mecanismo y amortiguador concluido*  
*Fuente: Salazar, (2021)*

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Pruebas

Las pruebas realizadas en este proyecto tomarán en consideración diferentes movimientos oscilatorios respecto a la frecuencia de compresión del amortiguador, empezando por una prueba de comprobación del funcionamiento del amortiguador y de igual manera tres pruebas del funcionamiento del mecanismo de generación de tensión eléctrica mediante varias pruebas de compresión con diferentes variables en el recorrido de compresión.

#### 4.1.1. Pruebas de funcionamiento de amortiguación

Esta primera prueba se realiza sin objeto de obtener ningún tipo de valor referencial, el fin de esta prueba es la verificación de su funcionamiento, que cumpla con los estándares requeridos al igual que la observación de fallas que podrían llegar a presentarse.



*Figura 61. Sistema en punto de Equilibrio  
Fuente: Salazar, (2021)*



*Figura 62. Sistema en punto de compresión 0.07m  
Fuente: Salazar, (2021)*

#### **4.1.2. Pruebas de funcionamiento del sistema de generación.**

##### **4.1.2.1 Procedimiento**

Ya que en el actual proyecto se consideró el recorrido de compresión del amortiguador solo se considerará el recorrido que se puede realizar respecto al modelo y al prototipo diseñados para conseguir observar los resultados de tensión eléctrica generados, cada prueba se realizará en tres partes, en las cuales mediante los dos dispositivos de medición se obtendrán los valores referenciales para lograr realizar el gráfico de las oscilaciones. En la primera parte de la prueba se realizará la medición del primer generador, en la segunda parte se realizará la medición del segundo generador y en la tercera parte se realizará la medición con los dos motores conectados en paralelo.

Como parte del procedimiento se toman en cuenta algunas consideraciones con el objetivo de obtener las mediciones más precisas posibles, por las cuales se establece que se sigan los siguientes pasos previo al inicio de pruebas.

- Considerar que cada prueba descrita, será tomada en cuenta como una sola para el recorrido establecido, siendo que para cada prueba realizada con ese recorrido se deben realizar 3 secuencias de oscilaciones de compresión, en las cuales los primeros valores a obtener serán medidos directamente desde el generador 1, la segunda obtención de valores se dará a partir del generador 2, y la tercera respectivamente será de la conexión en paralelo de los motores 2 y 2. Permitiendo así la elaboración de los cuadros y gráficas correspondientes.
- La segunda consideración será delimitar el recorrido con la ayuda de un flexómetro, para lo cual se tomará como punto inicial, el lugar en el cual se mantiene en reposo el conjunto superior del amortiguador con respecto a la cremallera, a partir del cual se tomarán las medidas de 7cm, 5cm y 3cm.
- Para la realización de las pruebas se debe colocar el prototipo ensamblado en sentido vertical sobre una superficie plana que se encuentre perpendicular al prototipo, para lo cual se asentará la sección inferior en esta superficie. En cuanto a las compresiones se refiere, se utiliza la fuerza de una persona adulta para realizarlas, cronometrando la cantidad de compresiones durante un periodo de 15 segundos, buscando obtener un total de 30 compresiones durante el tiempo indicado.
- Utilizar los dos dispositivos de medición, debido a que cada uno tiene un tiempo diferente de latencia para variar el valor medido respecto a lo que se muestre en el Display, y establecer respectos los cuadros.

#### 4.1.2.2 Prueba 1 con movimiento de 7cm

Durante la primera prueba que contempla un movimiento por compresión de espiral con un recorrido de siete centímetros deberemos calcular la fuerza necesaria a ejercer para aplicar sobre el amortiguador para lo cual recapitularemos la ley de Hooke, explícitamente la fórmula de fuerza de compresión o elongación de resortes en donde se expresa que:

$$F = -R \cdot s \quad \text{Ec. [4.1]}$$

En la ecuación descrita se establece que F será la fuerza dada en Newton, el símbolo negativo da referencia a la dirección de la fuerza, la R es la constante del resorte mientras que la especifica el recorrido realizado por el resorte para lo cual se despeja la fórmula:

$$F = -6940 \frac{N}{m} \times 0.07m \quad \text{Ec. [4.2]}$$

$$F = 485.8 N \quad \text{Ec. [4.3]}$$

De esta manera se determina que la fuerza necesaria para comprimir el amortiguador será F= 485800 Newton de manera ideal sin considerar el peso del resto de componentes que se encuentren sobre la superficie de la sección superior del resorte.

Tabla 10.  
Recorrido de prueba 1

Recorrido de Prueba 1			
Tiempo (s)	Distancia (cm)	Tiempo (s)	Distancia (cm)
0	0	7,75	7
0,25	7	8	0
0,5	0	8,25	7
0,75	7	8,5	0
1	0	8,75	7
1,25	7	9	0
1,5	0	9,25	7
1,75	7	9,5	0
2	0	9,75	7
2,25	7	10	0
2,5	0	10,25	7
2,75	7	10,5	0
3	0	10,75	7
3,25	7	11	0
3,5	0	11,25	7
3,75	7	11,5	0
4	0	11,75	7
4,25	7	12	0
4,5	0	12,25	7
4,75	7	12,5	0
5	0	12,75	7
5,25	7	13	0
5,5	0	13,25	7
5,75	7	13,5	0
6	0	13,75	7
6,25	7	14	0
6,5	0	14,25	7
6,75	7	14,5	0
7	0	14,75	7
7,25	7	15	0
7,5	0		

Tabla 11.  
Prueba 1.1 Generador 1

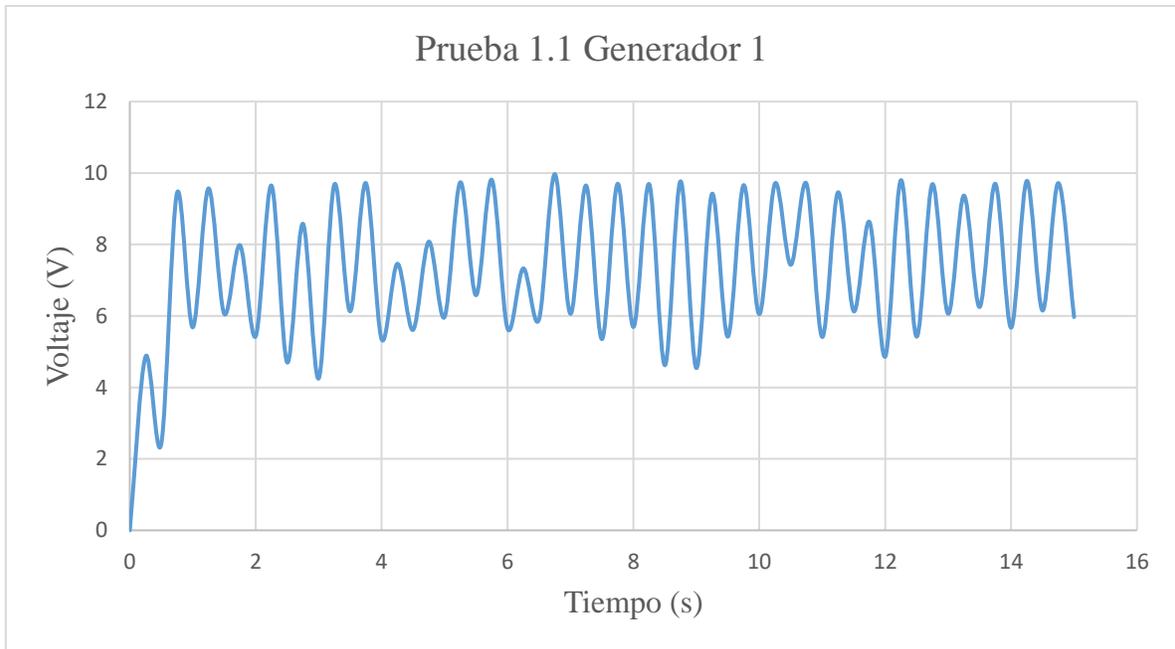
Prueba 1.1 Generador 1			
Tiempo (s)	Voltaje (V)	Tiempo (s)	Voltaje (V)
0	0	7,75	9,7
0,25	4,86	8	5,69
0,5	2,42	8,25	9,69
0,75	9,44	8,5	4,62
1	5,68	8,75	9,77
1,25	9,57	9	4,54
1,5	6,06	9,25	9,42
1,75	7,98	9,5	5,42
2	5,43	9,75	9,66
2,25	9,65	10	6,05
2,5	4,7	10,25	9,71
2,75	8,58	10,5	7,43
3	4,25	10,75	9,7
3,25	9,68	11	5,41
3,5	6,13	11,25	9,46
3,75	9,72	11,5	6,13
4	5,35	11,75	8,63
4,25	7,46	12	4,86
4,5	5,61	12,25	9,8
4,75	8,08	12,5	5,42
5	5,97	12,75	9,69
5,25	9,74	13	6,06
5,5	6,58	13,25	9,37
5,75	9,81	13,5	6,25
6	5,65	13,75	9,7
6,25	7,33	14	5,67
6,5	5,9	14,25	9,78
6,75	9,97	14,5	6,15
7	6,06	14,75	9,72
7,25	9,65	15	5,97
7,5	5,35		

Tabla 12.  
Prueba 1.2 Generador 2

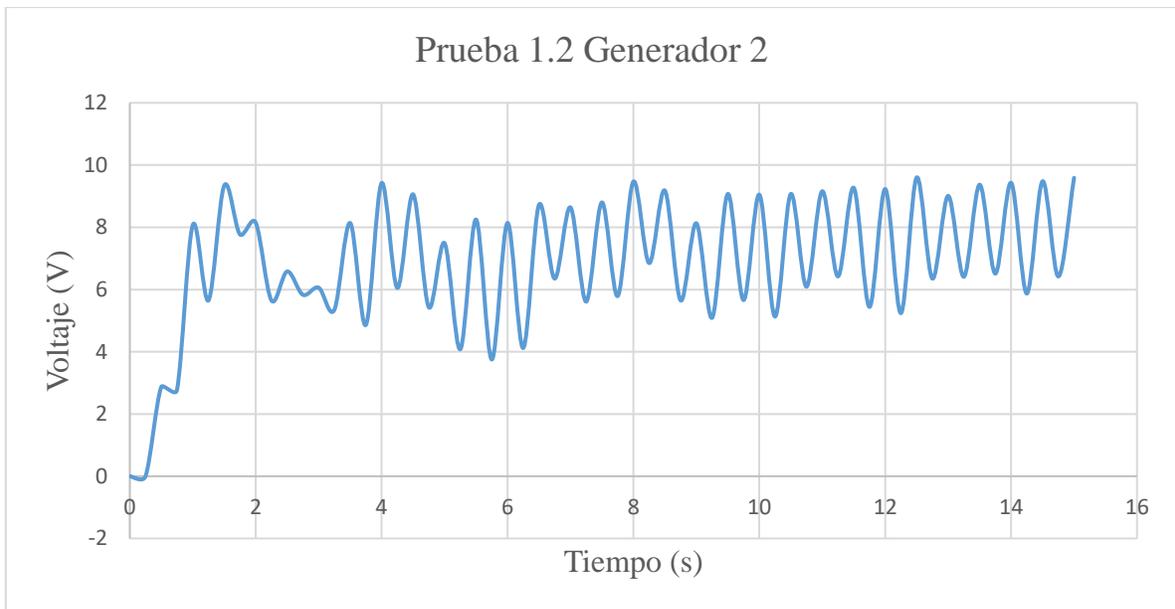
Prueba 1.2 Generador 2			
Tiempo (s)	Voltaje (V)	Tiempo (s)	Voltaje (V)
0	0	7,75	5,79
0,25	0	8	9,47
0,5	2,87	8,25	6,85
0,75	2,77	8,5	9,18
1	8,07	8,75	5,65
1,25	5,65	9	8,13
1,5	9,34	9,25	5,09
1,75	7,77	9,5	9,07
2	8,15	9,75	5,66
2,25	5,65	10	9,05
2,5	6,58	10,25	5,13
2,75	5,83	10,5	9,07
3	6,06	10,75	6,09
3,25	5,35	11	9,16
3,5	8,14	11,25	6,42
3,75	4,86	11,5	9,27
4	9,42	11,75	5,44
4,25	6,05	12	9,23
4,5	9,06	12,25	5,24
4,75	5,43	12,5	9,6
5	7,49	12,75	6,35
5,25	4,08	13	9,01
5,5	8,25	13,25	6,41
5,75	3,75	13,5	9,37
6	8,14	13,75	6,51
6,25	4,12	14	9,43
6,5	8,72	14,25	5,87
6,75	6,35	14,5	9,48
7	8,64	14,75	6,42
7,25	5,61	15	9,59
7,5	8,8		

Tabla 13.  
Prueba 1.3 Generador 1 y 2 en paralelo

Prueba 1.3 Generador 1 y 2			
Tiempo (s)	Voltaje (V)	Tiempo (s)	Voltaje (V)
0	0	7,75	9,23
0,25	4,36	8	9,72
0,5	3,2	8,25	8,91
0,75	9,38	8,5	9,66
1	8,76	8,75	9,05
1,25	9,61	9	8,14
1,5	9,53	9,25	9,12
1,75	8,92	9,5	8,72
2	9,23	9,75	9,35
2,25	8,61	10	9,69
2,5	9,84	10,25	8,06
2,75	8,33	10,5	9,37
3	8,9	10,75	8,25
3,25	9,97	11	9,7
3,5	9,06	11,25	9,66
3,75	9,65	11,5	9,05
4	9,35	11,75	9,71
4,25	8,86	12	8,43
4,5	9,42	12,25	9,13
4,75	9,25	12,5	9,07
5	9,06	12,75	9,09
5,25	9,57	13	9,16
5,5	8,06	13,25	9,42
5,75	8,98	13,5	9,27
6	9,43	13,75	8,44
6,25	8,77	14	9,35
6,5	8,07	14,25	8,7
6,75	9,65	14,5	9,69
7	8,34	14,75	8,96
7,25	9,25	15	9,62
7,5	8,68		



*Figura 63. Prueba 1.1 Generador 1*  
*Fuente: Salazar, (2021)*



*Figura 64. Prueba 1.2 Generador 2*  
*Fuente: Salazar, (2021)*

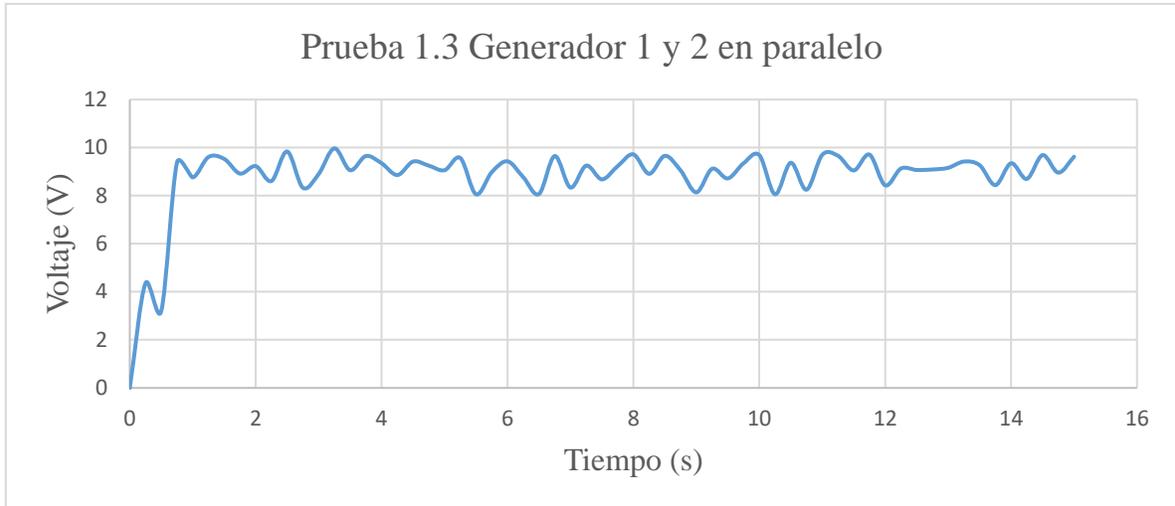


Figura 65. Prueba 1.3 Generador 1 y 2 en paralelo  
Fuente: Salazar, (2021)

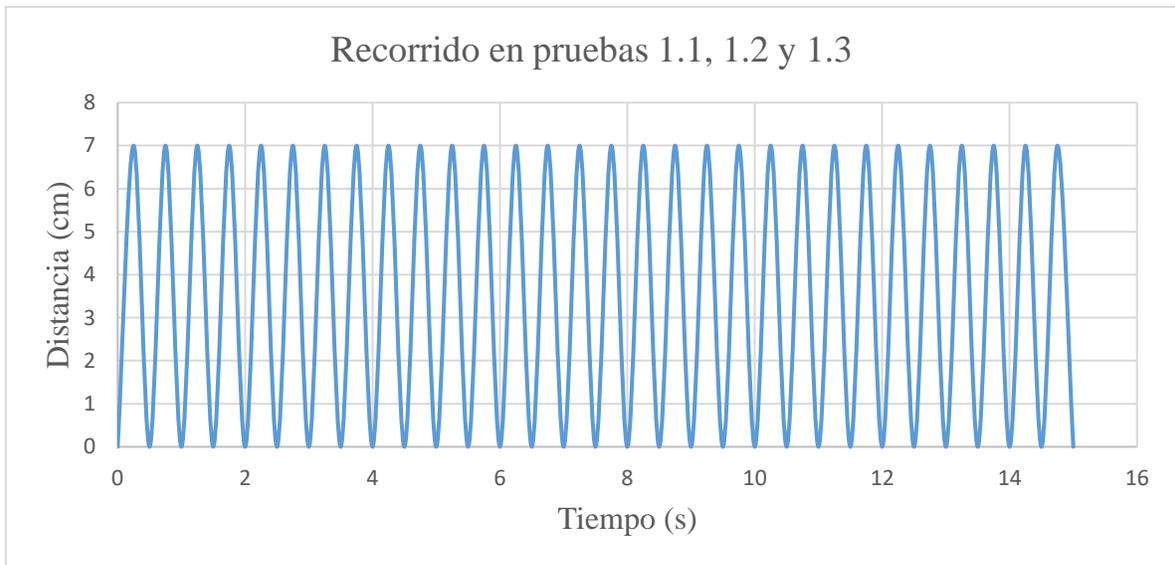


Figura 66. Recorrido en pruebas 1.1, 1.2 y 1.3  
Fuente: Salazar, (2021)

#### 4.1.2.3 Prueba 2 con movimiento de 5cm

Para la misma ecuación utilizada en la anterior prueba se contemplará el cambio del valor de recorrido para lo cual se modificará la medida de 5cm a 0.05 metros.

$$F = -R \cdot s \quad \text{Ec. [4.4]}$$

$$F = -6940 \frac{N}{m} \times 0.05m \quad \text{Ec. [4.5]}$$

$$F = -347 N \quad \text{Ec. [4.6]}$$

Tabla 14.  
Recorrido de prueba 2

Recorrido de Prueba 2			
Tiempo (s)	Distancia (cm)	Tiempo (s)	Distancia (cm)
0	0	7,75	5
0,25	5	8	0
0,5	0	8,25	5
0,75	5	8,5	0
1	0	8,75	5
1,25	5	9	0
1,5	0	9,25	5
1,75	5	9,5	0
2	0	9,75	5
2,25	5	10	0
2,5	0	10,25	5
2,75	5	10,5	0
3	0	10,75	5
3,25	5	11	0
3,5	0	11,25	5
3,75	5	11,5	0
4	0	11,75	5
4,25	5	12	0
4,5	0	12,25	5
4,75	5	12,5	0
5	0	12,75	5
5,25	5	13	0
5,5	0	13,25	5
5,75	5	13,5	0
6	0	13,75	5
6,25	5	14	0
6,5	0	14,25	5
6,75	5	14,5	0
7	0	14,75	5
7,25	5	15	0
7,5	0		

Tabla 15.  
Prueba 2.1 Generador 1

Prueba 2.1 Generador 1			
Tiempo (s)	Voltaje (V)	Tiempo (s)	Voltaje (V)
0	0	7,75	6,42
0,25	3,2	8	3,75
0,5	1,69	8,25	6,45
0,75	6,32	8,5	3,94
1	3,47	8,75	6,48
1,25	6,13	9	3,96
1,5	3,89	9,25	6,27
1,75	5,62	9,5	3,52
2	3,85	9,75	6,37
2,25	6,63	10	3,93
2,5	3,12	10,25	6,41
2,75	5,76	10,5	4,03
3	2,85	10,75	6,42
3,25	6,83	11	3,56
3,5	4,45	11,25	6,36
3,75	6,45	11,5	4,05
4	3,35	11,75	6,95
4,25	5,92	12	3,76
4,5	3,76	12,25	6,47
4,75	6,33	12,5	3,58
5	3,92	12,75	6,95
5,25	6,48	13	4,69
5,5	4,32	13,25	6,81
5,75	6,44	13,5	4,15
6	3,79	13,75	6,42
6,25	5,87	14	3,75
6,5	3,84	14,25	6,48
6,75	6,52	14,5	4,06
7	3,99	14,75	6,41
7,25	6,36	15	3,93
7,5	3,51		

Tabla 16.  
Prueba 2.2 Generador 2

Prueba 2.2 Generador 2			
Tiempo (s)	Voltaje (V)	Tiempo (s)	Voltaje (V)
0	0	7,75	3,81
0,25	0	8	6,22
0,5	1,98	8,25	4,51
0,75	1,28	8,5	6,08
1	5,62	8,75	3,73
1,25	3,79	9	5,83
1,5	6,14	9,25	3,36
1,75	4,18	9,5	5,98
2	5,79	9,75	3,56
2,25	3,29	10	5,96
2,5	5,34	10,25	3,39
2,75	3,88	10,5	5,99
3	4,99	10,75	4,01
3,25	3,15	11	6,04
3,5	5,38	11,25	4,21
3,75	3,76	11,5	6,18
4	6,27	11,75	3,5
4,25	3,93	12	6,09
4,5	5,98	12,25	3,45
4,75	3,85	12,5	6,16
5	5,93	12,75	4,19
5,25	3,69	13	5,95
5,5	5,45	13,25	4,23
5,75	3,48	13,5	6,12
6	5,72	13,75	4,29
6,25	3,79	14	6,23
6,5	5,46	14,25	4,16
6,75	4,09	14,5	6,08
7	5,42	14,75	4,27
7,25	3,76	15	6,33
7,5	5,8		

Tabla 17.  
Prueba 2.3 Generador 1 y 2 en paralelo

Prueba 2.3 Generador 1 y 2			
Tiempo (s)	Voltaje (V)	Tiempo (s)	Voltaje (V)
0	0	7,75	6,11
0,25	2,95	8	5,72
0,5	1,96	8,25	6,13
0,75	5,85	8,5	5,8
1	6,83	8,75	6,37
1,25	5,45	9	6,14
1,5	6,45	9,25	6,18
1,75	5,35	9,5	5,89
2	5,92	9,75	6,29
2,25	5,76	10	5,94
2,5	6,33	10,25	6,38
2,75	5,81	10,5	5,99
3	5,98	10,75	6,15
3,25	6,14	11	5,88
3,5	6,31	11,25	5,76
3,75	5,87	11,5	5,74
4	5,94	11,75	5,93
4,25	5,8	12	5,81
4,5	5,97	12,25	6,03
4,75	6,13	12,5	6,42
5	6,3	12,75	5,56
5,25	5,96	13	5,86
5,5	5,63	13,25	6,05
5,75	6,29	13,5	6,34
6	6,26	13,75	6,42
6,25	6,12	14	5,75
6,5	6,29	14,25	6,45
6,75	5,85	14,5	5,94
7	5,92	14,75	6,48
7,25	6,48	15	5,96
7,5	5,99	-	-

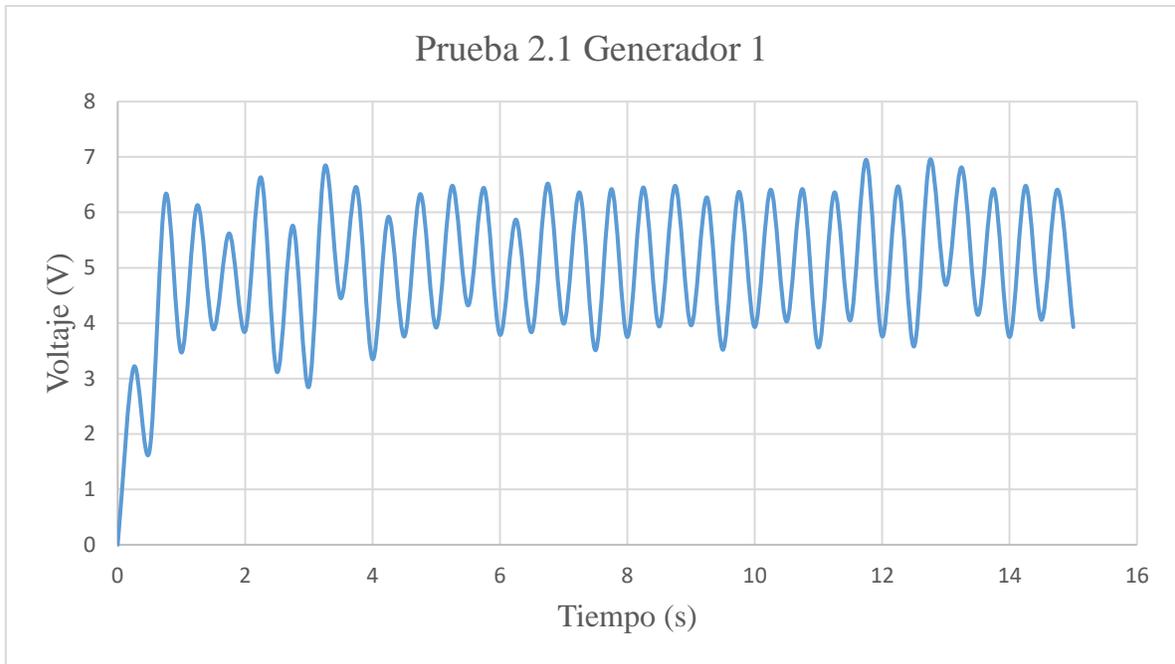


Figura 67. Prueba 2.1 Generador 1  
Fuente: Salazar, (2021)

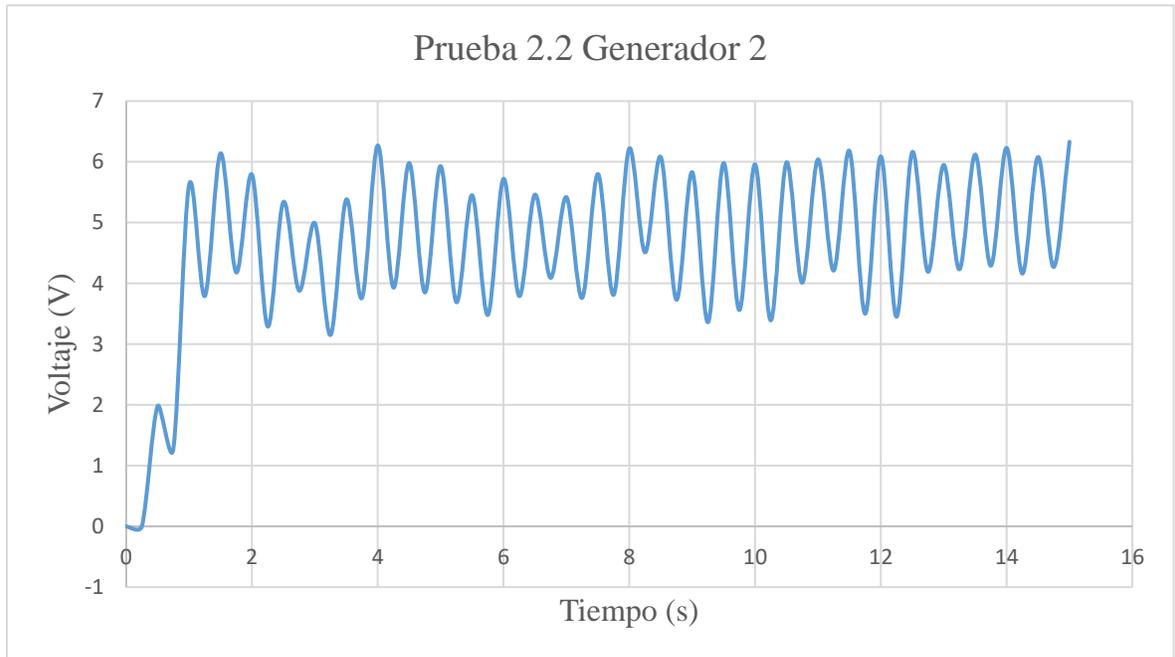


Figura 68. Prueba 2.2 Generador 2  
Fuente: Salazar, (2021)

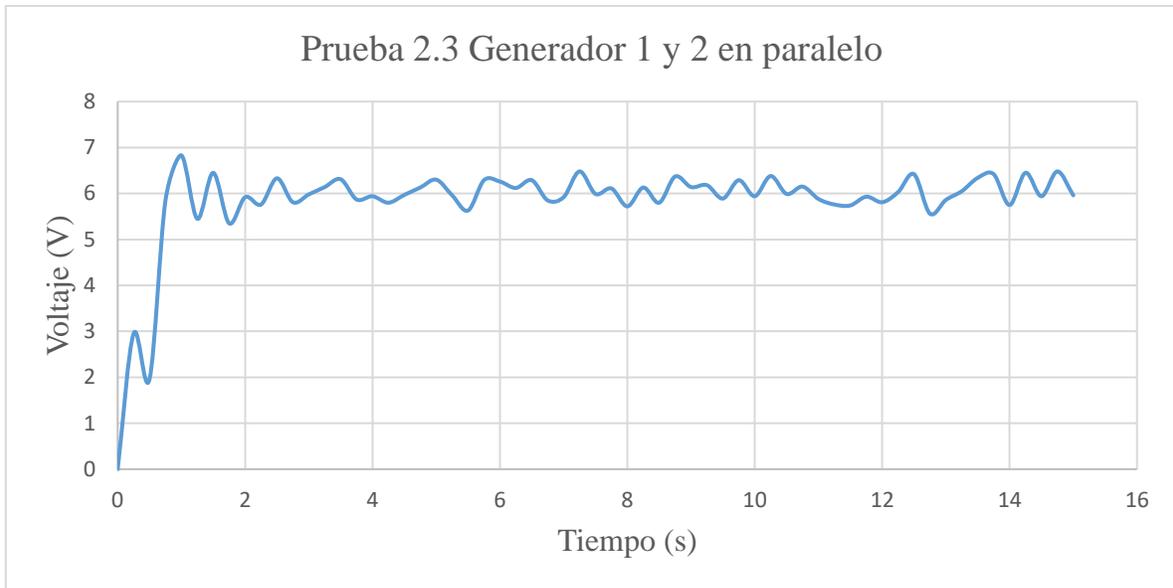


Figura 69. Prueba 2.3 Generador 1 y 2 en paralelo  
Fuente: Salazar, (2021)

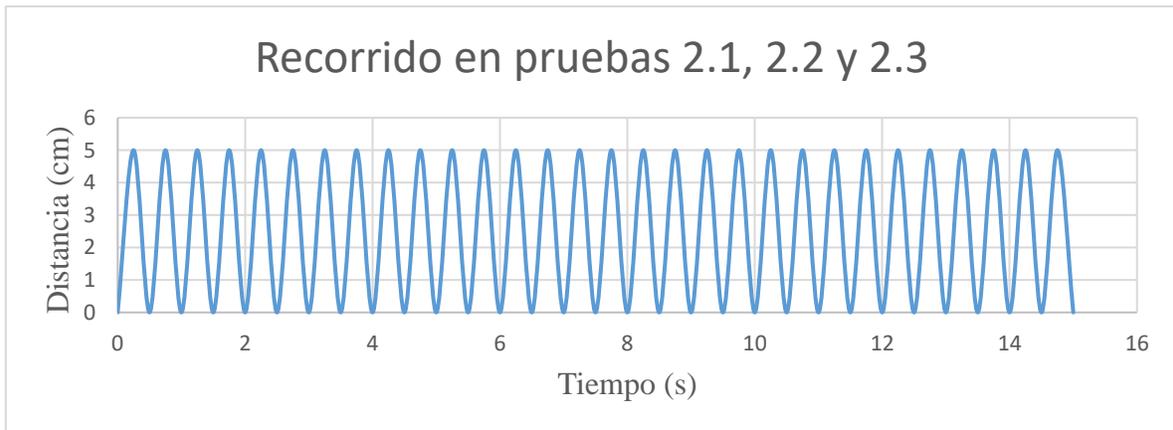


Figura 70. Recorrido en pruebas 2.1, 2.2 y 2.3  
Fuente: Salazar, (2021)

#### 4.1.2.4 Prueba 3 con movimiento de 3cm

Para esta última prueba se tomará la misma ecuación de las dos pruebas anteriores que de igual manera se establecerá el nuevo valor de recorrido extrapolando sus unidades, siendo así que de 3cm tomaremos el valor de 0.03 metros.

$$F = -R \cdot s \quad \text{Ec. [4.7]}$$

$$F = -6940 \frac{N}{m} \times 0.03m \quad \text{Ec. [4.8]}$$

$$F = -208.2 N \quad \text{Ec. [4.9]}$$

Tabla 18.  
Recorrido de prueba 3

Recorrido de prueba 3			
Tiempo (s)	Distancia (cm)	Tiempo (s)	Distancia (cm)
0	0	7,75	3
0,25	3	8	0
0,5	0	8,25	3
0,75	3	8,5	0
1	0	8,75	3
1,25	3	9	0
1,5	0	9,25	3
1,75	3	9,5	0
2	0	9,75	3
2,25	3	10	0
2,5	0	10,25	3
2,75	3	10,5	0
3	0	10,75	3
3,25	3	11	0
3,5	0	11,25	3
3,75	3	11,5	0
4	0	11,75	3
4,25	3	12	0
4,5	0	12,25	3
4,75	3	12,5	0
5	0	12,75	3
5,25	3	13	0
5,5	0	13,25	3
5,75	3	13,5	0
6	0	13,75	3
6,25	3	14	0
6,5	0	14,25	3
6,75	3	14,5	0
7	0	14,75	3
7,25	3	15	0
7,5	0	-	-

Tabla 19.  
Prueba 3.1 Generador 1

Prueba 3.1 Generador 1			
Tiempo (s)	Voltaje (V)	Tiempo (s)	Voltaje (V)
0	0	7,75	4,13
0,25	1,99	8	2,04
0,5	1,09	8,25	4,19
0,75	4,11	8,5	2,11
1	2,26	8,75	4,21
1,25	3,99	9	2,05
1,5	2,14	9,25	4,08
1,75	3,65	9,5	2,19
2	2,02	9,75	4,1
2,25	4,19	10	2,4
2,5	2,18	10,25	4,17
2,75	3,78	10,5	2,06
3	1,89	10,75	4,17
3,25	4,49	11	2,01
3,5	2,25	11,25	4,14
3,75	4,52	11,5	2,13
4	2,51	11,75	4,17
4,25	3,94	12	2,14
4,5	2,24	12,25	4,11
4,75	4,15	12,5	2,12
5	2,25	12,75	3,91
5,25	4,22	13	1,98
5,5	2,81	13,25	4,22
5,75	4,19	13,5	2,17
6	2,47	13,75	3,97
6,25	3,95	14	1,99
6,5	2,19	14,25	3,93
6,75	4,02	14,5	1,94
7	2,13	14,75	4,12
7,25	4,14	15	2,02
7,5	2,05	-	-

Tabla 20.  
Prueba 3.2 Generador 2

Prueba 3.2 Generador 2			
Tiempo (s)	Voltaje (V)	Tiempo (s)	Voltaje (V)
0	0	7,75	2,03
0,25	0	8	4,04
0,5	1,86	8,25	2,23
0,75	0,92	8,5	3,95
1	3,65	8,75	2,12
1,25	2,16	9	3,79
1,5	3,99	9,25	1,98
1,75	2,11	9,5	3,89
2	3,86	9,75	2,11
2,25	2,13	10	3,87
2,5	3,47	10,25	2,2
2,75	2,22	10,5	3,89
3	3,24	10,75	2,21
3,25	2,04	11	3,93
3,5	3,79	11,25	2,14
3,75	2,24	11,5	4,02
4	4,07	11,75	2,17
4,25	2,25	12	3,96
4,5	3,88	12,25	2,03
4,75	2,15	12,5	4
5	3,85	12,75	2,02
5,25	2,19	13	3,87
5,5	3,54	13,25	2,25
5,75	2,16	13,5	3,98
6	3,71	13,75	2,19
6,25	2,19	14	4,05
6,5	3,54	14,25	2,27
6,75	2,15	14,5	3,86
7	3,52	14,75	2,28
7,25	2,04	15	4,11
7,5	3,77	-	-

Tabla 21.  
Prueba 3.3 Generador 1 y 2 en paralelo

Prueba 3.3 Generador 1 y 2			
Tiempo (s)	Voltaje (V)	Tiempo (s)	Voltaje (V)
0	0	7,75	3,96
0,25	2,05	8	3,67
0,5	2,13	8,25	3,95
0,75	4,11	8,5	3,78
1	3,8	8,75	4,17
1,25	4,13	9	3,62
1,5	3,94	9,25	4,07
1,75	4,06	9,5	3,93
2	3,97	9,75	4,12
2,25	4,14	10	3,93
2,5	3,94	10,25	4,13
2,75	4,11	10,5	3,99
3	3,87	10,75	4,21
3,25	4,02	11	3,96
3,5	3,83	11,25	4,08
3,75	4,11	11,5	3,99
4	3,99	11,75	4,1
4,25	4,04	12	3,86
4,5	3,89	12,25	4,07
4,75	4,07	12,5	3,89
5	3,95	12,75	4,01
5,25	4,01	13	3,96
5,5	3,94	13,25	4,04
5,75	4,07	13,5	3,69
6	3,85	13,75	4,09
6,25	4,08	14	4
6,5	3,87	14,25	3,98
6,75	4,14	14,5	3,87
7	3,85	14,75	4,08
7,25	3,99	15	4,07
7,5	3,74	-	-

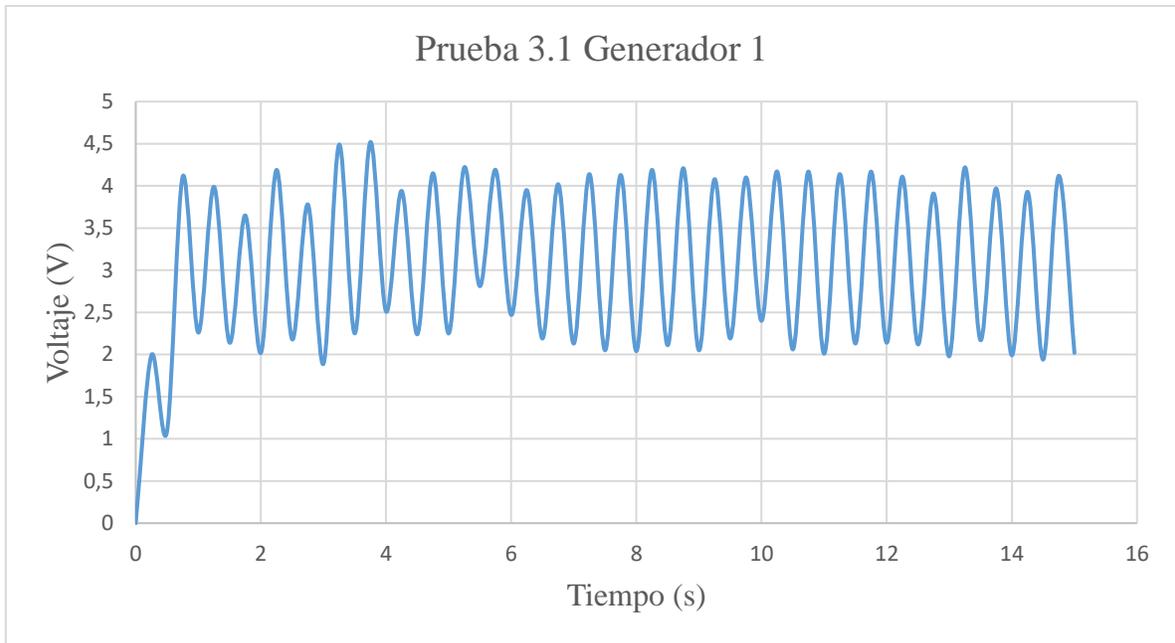


Figura 71. Prueba 3.1 Generador 1  
Fuente: Salazar, (2021)

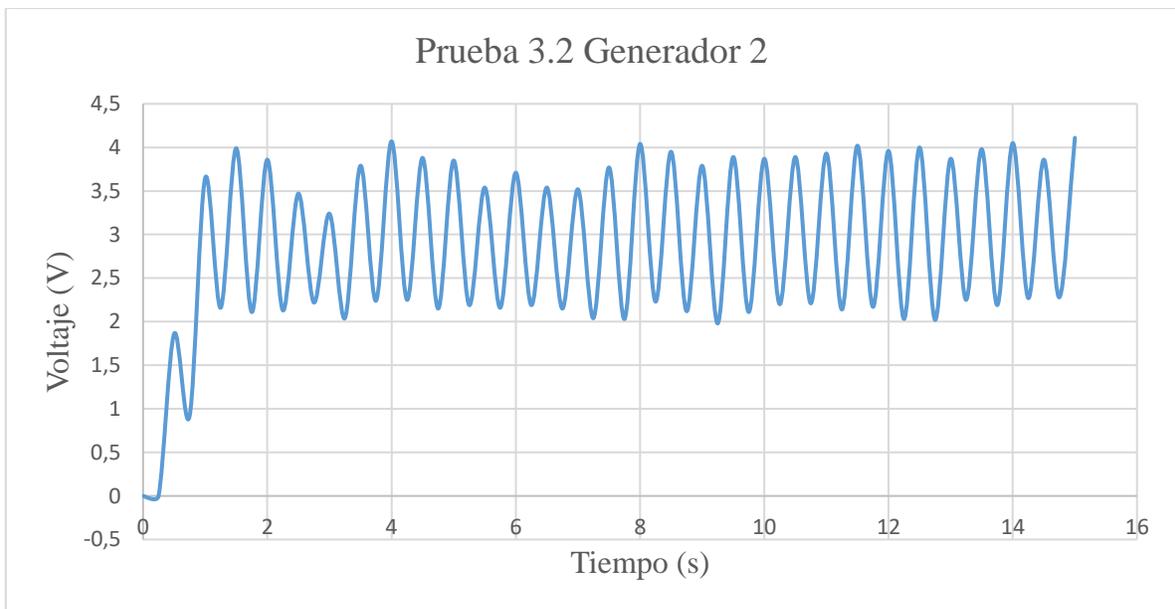


Figura 72. Prueba 3.2 Generador 2  
Fuente: Salazar, (2021)

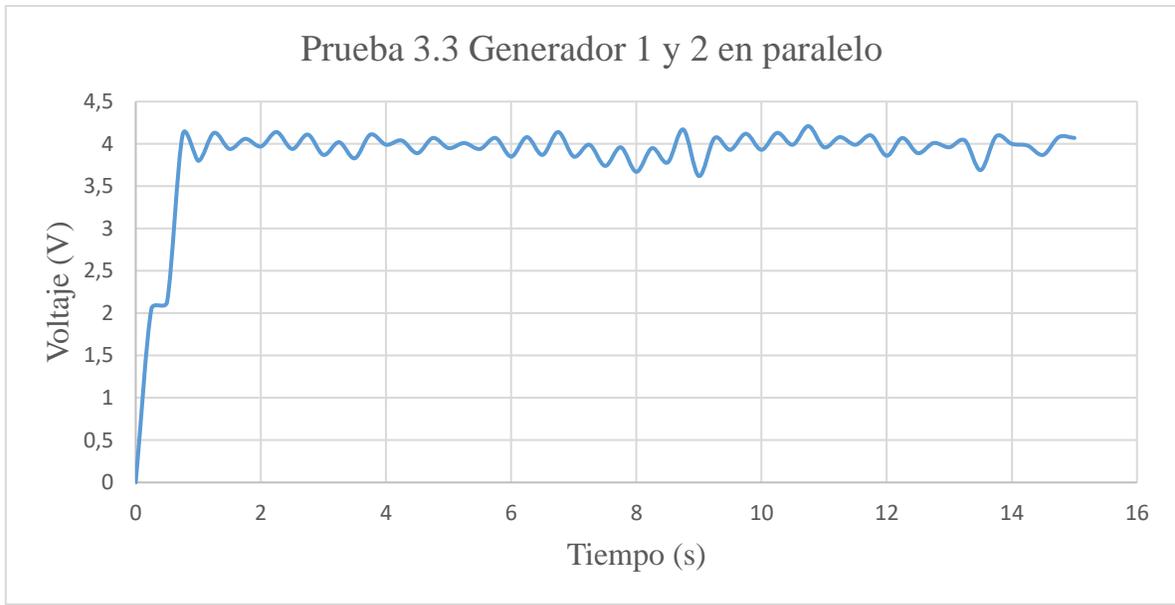


Figura 73. Prueba 3.3 Generador 1 y 2 en paralelo  
Fuente: Salazar, (2021)

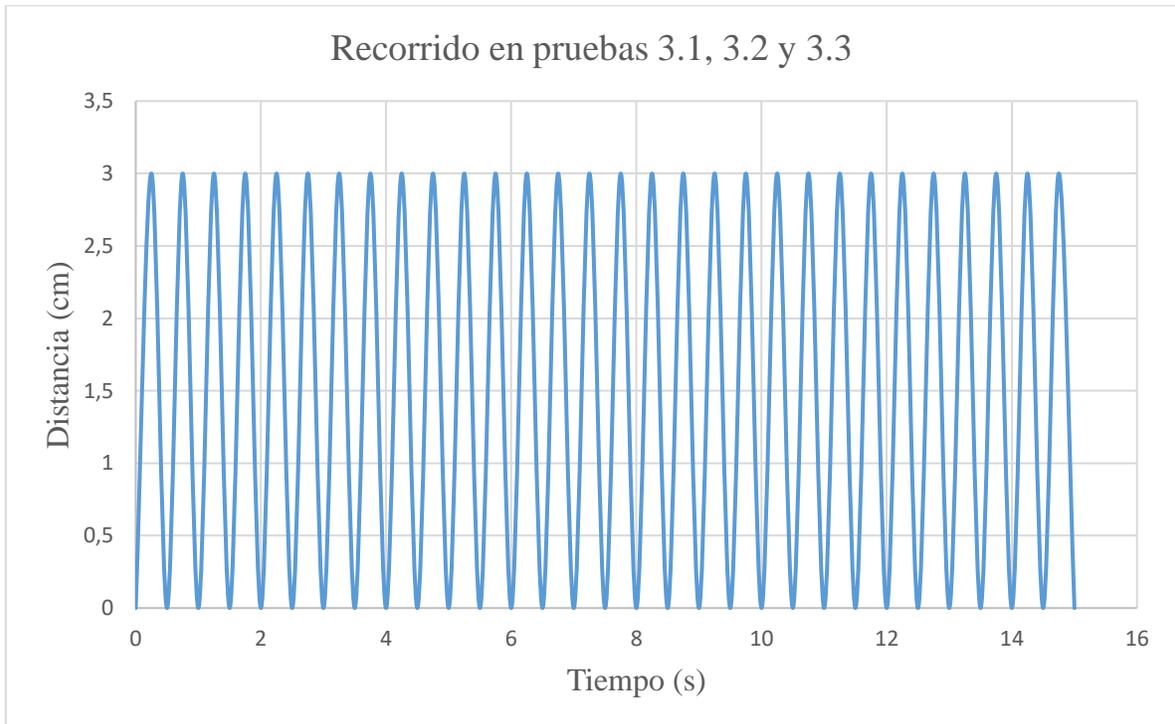


Figura 74. Recorrido en pruebas 3.1, 3.2 y 3.3  
Fuente: Salazar, (2021)

### **4.1.3 Comparativa de resultados**

Los resultados obtenidos muestran una cantidad considerable de variaciones de voltaje debido a los diferentes movimientos oscilatorios a pesar de tener una frecuencia continua en los mismos, como se observa en el estudio de generación eléctrica, la variación se debe a movimientos no lineales los cuales deberán ser rectificadas para su uso como lo afirma Martínez (2010) “ya que el potencial eléctrico presenta varias irregularidades según distintas zonas geográficas”. (p. 40)

El potencial energético estará basado en función de la cantidad de irregularidades presentes en las zonas geográficas y sectores viales en donde se utilice la capacidad de amortiguación de un vehículo siendo determinante que funcionamiento del sistema sea permanente al igual que la carga del amortiguador y la dureza del mismo, siendo que esta permita realizar recorridos diferentes en su compresión.

La diferencia de tensiones eléctricas permitirá la carga de las fuentes pertenecientes a los diferentes vehículos especificando el porcentaje de eficiencia en cuanto a su medio de propulsión. El incremento de la autonomía es viable en cualquiera de los casos y resultados obtenidos en las pruebas por lo que ya sea solo un voltio el que pueda llegar a generarse, el mismo llegará a su fuente y esta permitirá elevar el rango de su autonomía.

Los movimientos oscilatorios en el sistema de amortiguación a pesar de tener un mismo recorrido tendrán un diferente potencial eléctrico determinado por la fuerza y la velocidad con la que esta sea aplicada por lo que no se podrá obtener un solo valor de estos movimientos, en las pruebas se consideró un movimiento al recorrido determinado en dos compresiones por segundo, para lo cual no se determina con exactitud la variación de tiempo en función de la velocidad de compresión.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones.

El sistema de piñón cremallera ha sido utilizado por más de un siglo, tiempo en el cual se ha comprobado que es un sistema eficaz en medio de situaciones de trabajo que requieran un uso intensivo como el del proyecto, la adaptabilidad de este proyecto para la construcción de nuevos mecanismos es totalmente eficiente e innovadora, presentó un bajo grado de complejidad para su adaptación al igual que unos resultados muy favorables durante el funcionamiento, el mismo que contempla valores muy determinantes como para focalizar una serie de nuevos estudios hacia el mismo.

El sistema de trinquete accionado por la fuerza centrífuga que fue diseñado comprobó ser muy eficaz en su accionar, pasando por la cremallera hacia el piñón conductor y de este hacia los piñones conducidos, sin embargo, se encontraron dos inconvenientes entre los cuales, el primero probó ser su construcción mediante el software SolidWorks el cual no permitía diseñar los piñones de generador en base al módulo establecido por lo cual se recurrió al uso del software AutoCAD, en este software se pudo realizar el diseño sin más inconvenientes, y el segundo, se dio al realizar algunas pruebas de funcionamiento del trinquete en el cual se descubrió que algunos de los gatillos de retención no se lograban accionar en su totalidad, generalmente se accionaban cuatro gatillos de los cuales tres se encontraban en posición vertical ascendente considerando la punta del gatillo que marca la dirección, el otro gatillo funcional era el que se encontraba más cerca de la sección inferior en posición vertical descendente.

El modelado por deposición fundida mediante el uso de una impresora 3D hizo posible que este proyecto se concluyera, los costos para este tipo de modelado son más asequibles que

cualquier otro método manteniendo siempre la opción de supervisar el trabajo de la máquina durante todo su proceso constructivo, las impresiones sin embargo llegaron a tener una diferencia significativa en décimas de milímetro las cuales incluyeron un proceso de verificación de medidas y holguras por lo cual requirió más recursos en cuanto a tiempo se refiere y otras herramientas que no fueron contempladas en un inicio ya que todas las piezas debían ser verificadas.

El ensamblaje de las piezas se hizo más sencillo una vez que se incluyó el proceso de verificación de medidas y holguras ya que todas las piezas empezaron a encajar sin ningún tipo de esfuerzo que no haya sido considerado, el proceso realizado de acuerdo a su orden en la tabla N° 7 fue muy bien detallado en el cual el conjunto al ser terminado llegó a ganar un peso considerable.

El conjunto de ensamblaje funcionó desde el momento en el que se terminó su construcción, se pudo llegar a observar que las holguras establecidas se mantuvieron en sus rangos después de realizarse las consideraciones necesarias por el incremento y reducción de medidas durante la impresión en 3D, sin embargo se obtuvieron resultados poco satisfactorios en cuanto a la resistencia del plástico PLA en cuanto a su deformación en el punto de unión del piñón de menor diámetro con el generador, el par de torque detenido del generador varió en cuanto a la especificaciones dadas por el fabricante en la página Web de su distribuidor por lo cual se debió imprimir tres pares de piñones para poder realizar todas las pruebas necesarias. A pesar del inconveniente ocasionado, los valores obtenidos y las tablas expuestas muestran valores de tensión eléctrica con potencial a ser utilizados para un sistema de carga.

El dispositivo de medición de Voltaje y amperaje presentó inconvenientes durante su funcionamiento y generando problemas en la toma de las mediciones, ya que al no tener un

suministro de voltaje continuo, este tendía a apagarse en las pruebas durante las cuales la tensión eléctrica generada no era la suficiente para llegar a los 3 voltios mínimos para su correcto funcionamiento por lo cual se optó a conectar en directo una batería de 5v la cual estabilizó las mediciones, para realizar todas las mediciones correspondientes también se tuvo un problema en cuanto a un valor fijo por lo que a pesar de tener un recorrido predeterminado y una frecuencia establecida los valores variaban por algunas décimas de voltio y en algunos casos hasta cerca de 2 voltios, sin embargo entre los motores si existe una diferencia en cuanto a su potencial de generación. Para obtener los valores expuestos en las tablas en algunas ocasiones se debió repetir hasta cuatro veces una misma prueba repitiendo la impresión de los engranajes deformados.

La tensión y corriente eléctrica producidas a través del funcionamiento de este prototipo se puede direccionar hacia el sistema de carga de las baterías de un vehículo híbrido o eléctrico, mediante el uso de un control electrónico de carga se puede lograr estabilizar la corriente que como se pudo observar no será siempre lineal, al igual que en las pruebas se observan movimientos oscilatorios determinados en su compresión, esto dista del trabajo durante un recorrido convencional de un vehículo, para lo cual el uso de un dispositivo de control es fundamental.

## **5.2. Recomendaciones.**

Para el sistema de piñón – cremallera podría realizarse algunas mejoras como por ejemplo reducir su peso, si bien el plástico PLA utilizado tiene una baja densidad este fue realizado con un margen de prueba y error, la selección de ese método se dio en función de la reducida información científica que se encuentra sobre las características mecánicas de objetos

mediante la impresión 3D, así que se determinó que ciertas caras de algunos objetos eran de características superiores a las que se requería, por lo cual, al reducir su peso se podrá reducir la cantidad de masa suspendida sobre el amortiguador.

Para el sistema de tipo trinquete se puede optar por un diseño de los gatillos con una conexión de eje directa hacia el piñón conductor el cual solucionaría los inconvenientes de cabeceo y de accionamiento parcial de los gatillos, incluso se podría optar por un rediseño del mecanismo de trinquete en el cual los gatillos se encuentren suspendidos en los piñones conducidos y la sección dentada se encuentre en el piñón conductor.

Se puede tomar en consideración diferentes tipos de holguras y variaciones de medida en el eje XY ya que al finalizar la construcción del objeto en 3D respecto a su eje Z no mantiene variaciones, para el efecto de esta consideración se pueden imprimir las primeras capas de los objetos para obtener valores referenciales acerca de las variaciones existentes, tener en cuenta que a pesar de tomar estas consideraciones durante el trabajo de diseño en la impresión los objetos siempre generarán rebabas en sus cuatro primeras de construcción por lo cual habrá que retirarlas con el uso de un objeto corto punzante o abrasivo.

Para las secciones en donde se identifique que pueda llegar a tener una deformación pueden realizarse distintos tipos de modificaciones, como por ejemplo obtener la pieza de acople metálica la cual al poseer un mayor diámetro exterior se la pueda mecanizar o pasar por un proceso de remoción de material como el esmerilado para formar una figura que reduzca la posibilidad de deformación y adaptarla al diseño de la pieza, la otra opción a considerar podría ser la fabricación de la pieza con el uso de otro tipo de filamento reforzado y con mayor resistencia estructural como el PLA con refuerzo de fibra de carbono al 15%.

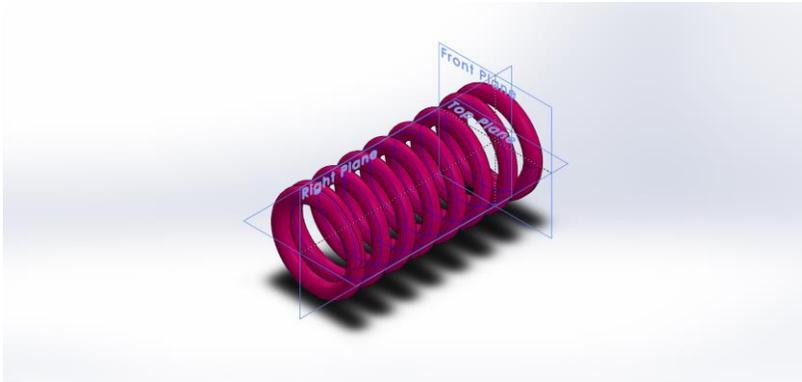
La mejora más significativa que se podría realizar al proyecto, sería el uso de un osciloscopio ya que al tener una mayor velocidad de respuesta ante los cambios bruscos de voltaje podría llegar a establecer los valores a la escala de milisegundos y determinar un porcentaje de variación con menor margen de error al que se pudo obtener.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Arias, F. 2012. El Proyecto de Investigación. Editorial Episteme, Caracas, Venezuela.
- [2] Crouse, W. 2008 . Mecánica del Automóvil. McGraw-Hill, Barcelona, España.
- [3] Alonso, J. 2010. Técnicas del Automóvil – Equipo eléctrico. Ediciones Paraninfo, Madrid 28003, España.
- [4] Knowlton, A. 1956. Manual Estándar del Ingeniero Electricista. Editorial Labor, Barcelona, España.
- [5] Packman, E. 1972. Mediciones Eléctricas. Editorial ARBO, S/R.
- [6] Sanjurjo, R. 1989. Máquinas Eléctricas. McGraw-Hill, Madrid, España.
- [7] Spinadel, E. 1982. Circuitos Eléctricos y Magnéticos. Nueva Librería, Balcarce 873 - 1064, Buenos Aires, Argentina.
- [8] Silva, C., Farinam J. 2001. Oscilaciones Mecánicas. Instituto Politécnico Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Santa Fé, Argentina.
- [9] Sainz, P., Pérez, G. 1990. Curso de Física COU. McGraw-Hill, Aravaca, España.

- [10] Martínez, A., Caro, R. 2009. Sistemas de Generación Eléctrica. Jornada Jóvenes Nucleares, España.
- [11] Águeda, E., Navarro, J., Gómez, T. 2012. Sistemas de Transmisión de Fuerzas y Trenes de Rodaje. Ediciones Paraninfo, Madrid 28003, España.
- [12] Anónimo, 1892. Engineering Mechanics: Electrical, Civil, Mechanical, and Mining Engineering. Compañía de Publicación progresiva, Walnut Street 430, Filadelfia, USA.
- [13] Bordignon, F., Iglesias, A., Hahn, A. 2018. Diseño e impresión de objetos 3D. Editorial Universitaria UNIPE, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- [14] Roa, J. 2017. Caracterización de las Propiedades Mecánicas a Tensión del Ácido Poliláctico PLA Procesado por Manufactura Aditiva FFF Considerando la Degradación por Humedad y Temperatura. Tesis de Grado, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Mecánica.
- [15] Contreras, E., Sánchez, R. 2010. Diseño y Construcción de un Banco de Prácticas en Motores Eléctricos, como Apoyo a la Asignatura Diseño de Máquinas II. Tesis de Grado, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisiomecánicas.
- [16] Martínez, E. 2013. Cálculos de resortes helicoidales de compresión. Tesis de Grado, Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Ingeniería Mecánica.
- [17] Duque, P. 2017. Guía Técnica para el diseño y cálculo de engranajes para reductores de velocidad. Tesis de Grado, Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Ingeniería Mecánica.

## ANEXOS



## Simulación de Resorte amortiguador

Fecha: domingo, 10 de octubre de 2021

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: SimulationXpress Study

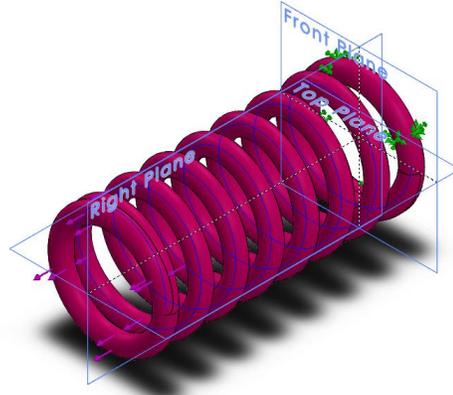
Tipo de análisis: Análisis estático

Descripción  
No hay datos

## Tabla de contenidos

Descripción	93
Suposiciones	<b>¡Error! Marcador no definido</b>
Información de modelo	94
Propiedades de material	94
Cargas y sujeciones	95
Información de malla	96
Resultados del estudio	97
Conclusión	<b>¡Error! Marcador no definido</b>

## Información de modelo



Nombre del modelo: Resorte amortiguador  
Configuración actual: Default

### Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
 Barrer7	Sólido	Masa:0,501488 kg Volumen:0,000404434 m <sup>3</sup> Densidad:1.239,97 kg/m <sup>3</sup> Peso:4,91459 N	C:\Users\angel\Desktop\Software\works\Resorte amortiguador.SLDPRT Sep 2 13:18:40 2021

### Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: <b>PLA plastic</b> Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b> Criterio de error predeterminado: <b>Tensión de von Mises máx.</b> Límite de tracción: <b>3e+07 N/m<sup>2</sup></b>	<b>Sólido 1(Barrer7)(Resorte amortiguador)</b>

## Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<b>Entidades:</b> 1 cara(s) <b>Tipo:</b> Geometría fija

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<b>Entidades:</b> 1 cara(s), 1 plano(s) <b>Referencia:</b> Front Plane <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza <b>Valores:</b> ---; ---; 6.940 N

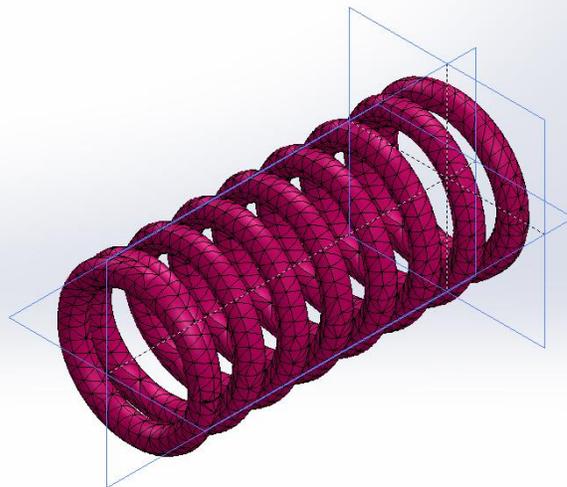
## Información de malla

<b>Tipo de malla</b>	Malla sólida
<b>Mallador utilizado:</b>	Malla estándar
<b>Transición automática:</b>	Desactivar
<b>Incluir bucles automáticos de malla:</b>	Desactivar
<b>Puntos jacobianos</b>	4 Puntos
<b>Tamaño de elementos</b>	7,39434 mm
<b>Tolerancia</b>	0,369717 mm
<b>Trazado de calidad de malla</b>	Elementos cuadráticos de alto orden

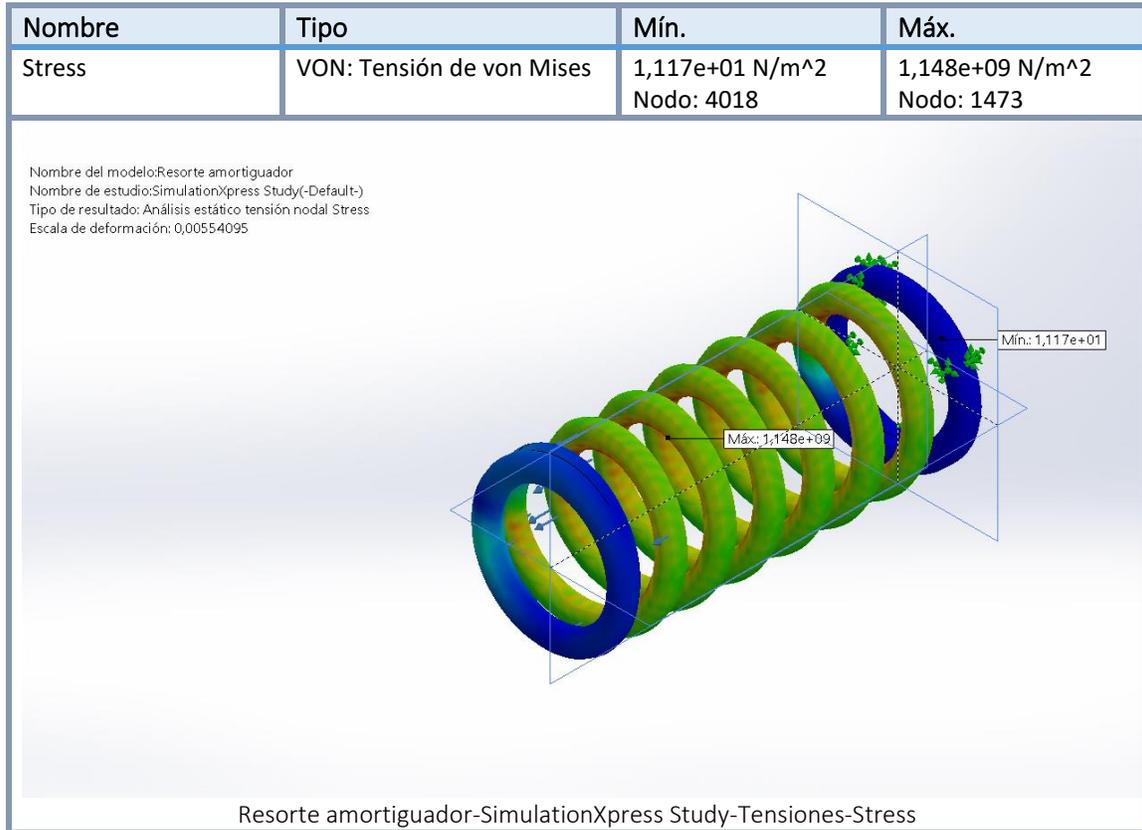
## Información de malla - Detalles

<b>Número total de nodos</b>	13340
<b>Número total de elementos</b>	6561
<b>Cociente máximo de aspecto</b>	15,642
<b>% de elementos cuyo cociente de aspecto es &lt; 3</b>	92,6
<b>% de elementos cuyo cociente de aspecto es &gt; 10</b>	0,0152
<b>% de elementos distorsionados (Jacobiana)</b>	0
<b>Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):</b>	00:00:05
<b>Nombre de computadora:</b>	

Nombre del modelo:Resorte amortiguador  
Nombre de estudio:SimulationXpress Study(-Default-)  
Tipo de malla: Malla sólida

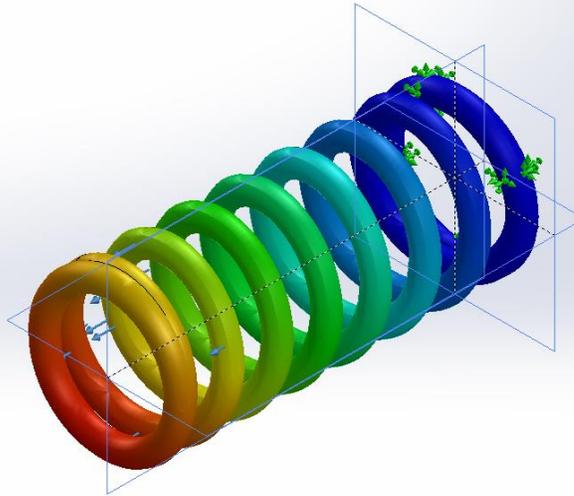


## Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Displacement	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm Nodo: 873	4,088e+03 mm Nodo: 13306

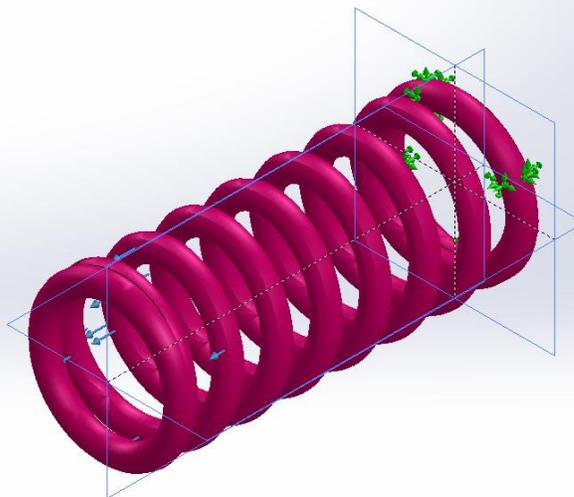
Nombre del modelo:Resorte amortiguador  
Nombre de estudio:SimulationXpress Study(-Default-)  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Displacement  
Escala de deformación: 0,00554095



Resorte amortiguador-SimulationXpress Study-Desplazamientos-Displacement

Nombre	Tipo
Deformation	Deformada

Nombre del modelo:Resorte amortiguador  
Nombre de estudio:SimulationXpress Study(-Default-)  
Tipo de resultado: Deformada Deformation  
Escala de deformación: 0,00554095



Resorte amortiguador-SimulationXpress Study-Desplazamientos-Deformation