



ING. AUTOMOTRIZ

**Trabajo integración Curricular previa a la obtención
del título de Ingeniería en Mecánica Automotriz**

AUTORES:

Ángel Bolívar Chimbo Manobanda

Luis Enrique Guamán Guzmán

Luis Guillermo Vinueza Cruz

TUTOR:

Ing. Gabriela Stefany Chávez Tapia

**Implementación de una máquina CNC en el laboratorio para la
fabricación de soportes de suspensión en los vehículos 4x4: Análisis
comparativo de precisión frente a métodos de fabricación artesanal**

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **ÁNGEL BOLÍVAR CHIMBO MANOBANDA, LUIS ENRIQUE GUAMÁN GUZMÁN, LUIS GUILLERMO VINUEZA CRUZ**, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



ÁNGEL BOLÍVAR CHIMBO MANOBANDA

Nº número de cédula

1721097416



LUIS ENRIQUE GUAMÁN GUZMÁN

Nº número de cédula

0603095514



LUIS GUILLERMO VINUEZA CRUZ

Nº número de cédula.

1726639105

ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

La Biblioteca de la Universidad Internacional del Ecuador se compromete a:

1. No divulgar, utilizar ni revelar a otros la información confidencial obtenida en el presente trabajo, ya sea intencionalmente o por falta de cuidado en su manejo, en forma personal o bien a través de sus empleados.
2. Manejar la información confidencial de la misma manera en que se maneja la información propia de carácter confidencial, la cual en ninguna circunstancia podrá estar por debajo de los estándares aceptables de debida diligencia y prudencia.

Guillermo Gorky Reyes Campaña
Coordinador Académico

Gabriela Fernández
Gestora Cultural

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Msc. GABRIELA CHÁVEZ, certifico que conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Firmado electrónicamente por:
**GABRIELA STEFANY
CHAVEZ TAPIA**

Validar únicamente con FirmaEC

Firma profesor

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo agradecimiento a Dios, por ser mi guía constante y fuente de fortaleza en cada etapa de este proceso.

A mi familia, por su amor incondicional, apoyo y paciencia, pilares fundamentales en mi desarrollo personal y académico.

A mis docentes y mentores, quienes con su conocimiento y orientación contribuyeron significativamente a la culminación de este proyecto.

A todos los que creyeron en mí, esta meta también es suya.

Luis Enrique Guamán

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a la Universidad Internacional del Ecuador por el respaldo académico brindado durante este proceso. A mi tutor, Msc. Gabriel Chávez, por su valiosa orientación, exigencia académica y acompañamiento constante, que fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

Agradezco también a las personas e instituciones que, directa o indirectamente, aportaron con sus conocimientos y apoyo técnico.

Finalmente, a mi familia, por su apoyo incondicional y por ser el pilar que me impulsó a culminar esta etapa con responsabilidad y perseverancia.

Luis Enrique Guamán

DEDICATORIA

La palabra dice, que el principio de la sabiduría es el temor a Dios, por lo tanto, este artículo científico está dedicado para aquel que ha sido mi camino mi verdad y mi todo, ya que mi conocimiento se fundamenta en el amor verdadero de aquel que me formó, me escogió y me dio la vida.

A mis padres, por ser parte de este sueño que algún día se desvanecía por las adversidades de la vida, similar a las nubes que se disipan por el viento, pero ellos han estado conmigo en todo tiempo siendo mis pilares fundamentales de este templo que hoy se ilumina y se proyecta al caminar de un excelente profesional y personal.

Ángel Bolívar Chimbo

AGRADECIMIENTO

Yahweh Jireh, gratitud aquel que me ha provisto todo en cuanto necesité a lo largo de toda mi carrera universitaria, ya que cuando pasaba por el fuego ahí estabas tú, en instantes que caminaba por las aguas turbias ahí estabas tú, en todo tiempo ahí estabas tú, por lo tanto, gracias por ser fiel y verdadero.

A mis padres, que me enseñaron a luchar cada línea de vida con sencillez y humildad de corazón, enseñándome aquel que simbra con lágrimas, segará con gozo ante la vida, a cada profesor y profesora por darme la oportunidad de aprender de su capacidad técnica, personal y profesional.

Ángel Bolívar Chimbo

DEDICATORIA

Dedico este artículo a mi familia, que siempre ha estado conmigo en las buenas y en las malas. A mis amigos de trabajo que me dieron la oportunidad de hacer mi vida profesional mucho más valiosa cada día.

Quiero agradecer y dedicar a la Universidad Internacional del Ecuador por todo lo aprendido en este tiempo, y también a mi familia, amigos y profesores que me apoyaron para sacar adelante este trabajo.

Guillermo Vinueza

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por su amor incondicional, comprensión y ánimo constante. Su apoyo ha sido fundamental para la realización de este trabajo. Sin ustedes, todo esto no habría sido posible.

Su amor y sacrificio han sido la luz que guio mi camino a través de este viaje académico. Me gustaría agradecer a la Universidad Internacional por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de culminar mi carrera profesional.

Guillermo Vinueza

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiii
1. Introducción.....	1
2. Marco Teórico	1
Ingeniería inversa	1
Aluminio.....	1
Máquina CNC.....	2
Tipos de Máquinas CNC	2
CAD (Computer-Aided Design)	3
CAM (Manufactura Asistida por Computadora).....	4
CAE (Ingeniería Asistida por Computadora)	4
Aplicaciones del CNC en la Educación	4
Métodos artesanales en manufactura mecánica.....	4
Soportes de suspensión.....	5
Tipos de soportes de suspensión	5
3. Materiales y Métodos	5
Soporte de suspensión	6
Proceso de fabricación.....	6
Máquina CNC.....	12
Vehículo de pruebas	13
Valoración de acabado superficial	14
Pruebas de valoración en el vehículo.	14
Metodología.....	15
4. Resultados y Discusión.....	16
Soporte de suspensión	16
Valoración de acabado superficial	17
Pruebas de valoración en el vehículo	17

Análisis de resultados	20
5. Conclusiones.....	25
Bibliografía.....	27

"Implementación de una máquina CNC en el laboratorio para la fabricación de soportes de suspensión en los vehículos 4x4: Análisis comparativo de precisión frente a métodos de fabricación artesanal"

Ing. Gabriela Chávez T. Msc¹, Angel Chimbo,² Luis Guaman,³ Luis Vinuesa⁴.

¹ Magister Advanced manufacturing technology and Systems management- The University of Manchester, gachavezta@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

² Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, @uide.edu.ec, Quito - Ecuador

³ Ingeniería Automotriz – Universidad Internacional del Ecuador, @uide.edu.ec, Quito –Ecuador

⁴ Ingeniería Automotriz – Universidad Internacional del Ecuador, @uide.edu.ec, Quito –Ecuador

RESUMEN

Introducción: La fabricación de componentes automotrices requiere de procesos de manufactura que aseguren la funcionabilidad y durabilidad del componente en el vehículo con procesos de manufactura avanzados. **Metodología:** La investigación utilizó un diseño experimental, ya que, se establece como variable independiente el tipo de fabricación del soporte de la suspensión y la variable dependiente es el comportamiento de la suspensión, se aplicó los métodos experimental y analítico para el proceso de trabajo. **Resultados:** La combinación de CAD-CAM permitió la fabricación del soporte de suspensión en aluminio, para la comprobación de la operación del soporte se aplicó una oscilación progresiva logrando identificar el tipo de oscilación para cada suspensión del vehículo 4x4. Los soportes de suspensión maquinados en CNC con aluminio 6001-T1 presentan una rugosidad de 1,54 μm en comparación con los soportes artesanales de acero ASTM A-590 con una rugosidad de 2,65 μm . **Conclusión:** El análisis del comportamiento oscilatorio indica que las suspensiones delanteras funcionan de manera subamortiguada en altas frecuencias (15-25 Hz), lo que puede generar rebotes y menor control, mientras que a frecuencias medias-bajas (5-10 Hz) presentan amortiguación crítica; en contraste, las suspensiones traseras muestran un desempeño más estable y eficiente, con amortiguación crítica o sobreamortiguada en la mayoría de frecuencias evaluadas.

Palabras claves: Manufactura CNC, Suspensión 4x4, Precisión dimensional, Métodos artesanales.

ABSTRACT

Introduction: The manufacturing of automotive components requires advanced processes that guarantee both the functionality and durability of the parts within the vehicle. **Methodology:** This research was experimental in nature, considering the manufacturing method of the suspension mount as the independent variable and the suspension behavior as the dependent variable. Both experimental and analytical methods were applied throughout the study. **Results:** The integration of CAD-CAM technology enabled the fabrication of the suspension mount in aluminum. To evaluate its performance, progressive oscillation tests were conducted, allowing identification of the oscillation type for each suspension on the 4x4 vehicle. The CNC-machined suspension mounts made from 6001-T1 aluminum exhibited a surface roughness of 1.54 μm , compared to the artisanal ASTM A-590 steel mounts, which had a roughness of

2.65 μm . **Conclusion:** The analysis of oscillatory behavior revealed that the front suspensions operate in an underdamped regime at high frequencies (15-25 Hz), potentially causing bouncing and reduced control, while demonstrating critical damping at mid to low frequencies (5-10 Hz). Conversely, the rear suspensions showed more stable and efficient performance, exhibiting critical or overdamped behavior across most tested frequencies.

Keywords: NC manufacturing, 4x4 suspension, Dimensional precision, Artisanal methods

1. Introducción

La evolución tecnológica ha transformado significativamente los procesos de manufactura, destacando el Control Numérico Computarizado (CNC) siendo una herramienta esencial para la fabricación, diseño y producción eficiente de componentes mecánicos, ya que las máquinas CNC permiten automatizar operaciones de mecanizado con alta precisión y repetibilidad, por lo tanto en el ámbito educativo, la integración de estas tecnologías en el laboratorio de diseño mecánico de la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), es crucial para la formación práctica de los estudiantes de ingeniería automotriz y que vayan alineados con las demandas actuales en la industria automotriz.

El análisis comparativo entre la fabricación de soportes de suspensión en aluminio para vehículos 4x4 mediante CNC y métodos artesanales tradicionales, se evaluará aspectos como precisión dimensional, resistencia mecánica y deformaciones, con el propósito de demostrar las ventajas del mecanizado CNC frente a métodos artesanales en términos de precisión y resistencia de los componentes fabricados, para determinar cuál de los métodos proporciona componentes con mayor precisión y resistencia, aspectos cruciales en aplicaciones automotrices donde la seguridad y durabilidad son primordiales.

El proyecto se orientó en el análisis de la funcionalidad de los soportes de la suspensión en un vehículo 4x4 por medio de la eficiencia de amortiguación, considerando que el componente se fabrica con maquinado artesanal y maquinado CNC. A la vez se implementó de una máquina CNC al laboratorio de diseño mecánico para el aprendizaje de las técnicas de mecanizado automatizado y procesos de manufactura.

2. Marco Teórico

Ingeniería inversa

La ingeniería inversa es un proceso en el que se diseña un objeto observando su construcción y funcionamiento y luego agregando algo adicional, como un material más resistente a la temperatura, al original. Este proceso permite la construcción de una pieza existente creando un diseño compatible en base a la pieza que se desarma y verificando la estructura, calidad, para una fabricación con materiales de menor costo volviendo a diseñar la pieza en el software de diseño. Si se diseña la pieza con medidas exactas al fabricarla con otro material que ofrezca una mayor durabilidad en comparación con la pieza del fabricante, pero sin disminuir su calidad o incluso aumentar su calidad (Gauna, 2019).

Aluminio

El aluminio es un metal no ferroso ampliamente utilizado en diversas industrias debido a sus notables propiedades físicas y químicas, debido a que el aluminio posee una

densidad de aproximadamente 2.700 kg/m³, lo que lo convierte en un material extremadamente ligero., y su punto de fusión es relativamente bajo, situándose en torno a los 660 °C., y posee un excelente conductor tanto térmico como eléctrico, lo que lo hace adecuado para aplicaciones en las que se requiere transferencia de calor o electricidad., y es altamente maleable y puede ser fácilmente conformado en una variedad de formas y diseños, permitiendo su uso en la fabricación de una amplia gama de productos (Kalpakjian & Schmid, 2021)

Máquina CNC

Una máquina de Control Numérico Computarizado (CNC) se define como una herramienta mecanizada que opera bajo la dirección de un programa informático, el cual contiene instrucciones codificadas para ejecutar movimientos precisos y repetibles de sus componentes, ya que la tecnología CNC automatiza procesos de manufactura que tradicionalmente requerían la intervención directa de un operario, permitiendo la producción de piezas con alta precisión, complejidad geométrica y consistencia (Mauthner et al., 2023)

Tipos de Máquinas CNC

Fresadoras CNC

Estas máquinas utilizan una herramienta de corte rotativa, conocida como fresa, para la remoción del material de una pieza de trabajo estacionaria, ya que puede moverse en múltiples ejes (típicamente tres o más: X, Y, Z) para crear formas complejas. Las fresadoras CNC son versátiles y se emplean en una amplia gama de aplicaciones, desde la creación de ranuras y cavidades hasta el mecanizado de superficies tridimensionales complejas para moldes, matrices y componentes de precisión en industrias como la aeroespacial, automotriz y médica (Goover, 2016).

Tornos CNC

Estas máquinas permiten la sujeción y giro de la pieza de trabajo, mientras que una herramienta de corte estacionaria se desplaza para dar forma al material, se consideran ideales para la fabricación de piezas cilíndricas o con simetría rotacional, como ejes, pernos y discos. Los tornos CNC pueden realizar operaciones como torneado cilíndrico, refrentado, roscado y taladrado a lo largo del eje de rotación. Algunos tornos CNC más avanzados incorporan múltiples torretas de herramientas e incluso tienen una capacidad de fresado, lo que permite una variedad de operaciones en una sola configuración (Kalpakjian & Schmid, 2021).

Taladros CNC

La principal función es la creación de agujeros, los taladros CNC ofrecen una precisión y automatización para el logro de un acabado superficial superior a los taladros

convencionales. También permite posicionar la broca con exactitud con coordenadas específicas y el control de la velocidad de avance y rotación para la optimización del proceso de perforación en diversos tipos de materiales. Los taladros CNC son apropiados para la producción de componentes que requieren múltiples agujeros con tolerancias ajustadas, como placas de circuitos impresos, componentes estructurales y matrices de perforación (Reyes et al., 2023).

Rectificadoras CNC

Estas máquinas se utilizan para los acabados superficiales extremadamente finos y tolerancias dimensionales muy ajustadas, a menudo después de que la pieza ha sido mecanizada en otros tipos de máquinas CNC, ya que utilizan una muela abrasiva giratoria para la remoción de pequeñas cantidades de material de la superficie de la pieza de trabajo. Las rectificadoras CNC permite la fabricación de componentes que requieren alta precisión superficial, como rodamientos, engranajes y herramientas de corte (Chapman, 2018).

Cortadoras por Láser CNC

Este tipo de equipos utilizan un haz de luz láser de alta potencia para el corte de los materiales. Este método ofrece cortes limpios y precisos, con una zona afectada por el calor mínima, siendo ideales para cortar los materiales delgados como metal, plástico, madera y textiles, y se utilizan en industrias que van desde la señalización y la fabricación de prototipos hasta la producción de componentes para la industria automotriz y aeroespacial (Powell, 2006).

Cortadoras por Plasma CNC

Similares a las cortadoras por láser, las cortadoras por plasma CNC utilizan un chorro de plasma caliente para cortar materiales conductores, y son particularmente efectivas para cortar materiales más gruesos que los que puede manejar un láser, ofreciendo una solución más económica para el corte de acero, aluminio y otros metales en la fabricación de estructuras, maquinaria y componentes industriales (Gauna, 2019)

CAD (Computer-Aided Design)

Esta herramienta ha revolucionado la manera en que ingenieros, arquitectos y diseñadores desarrollan sus ideas, al ofrecer medios más precisos, eficientes y versátiles para la representación y análisis de proyectos, ya que permite la creación de dibujos y modelos tridimensionales con un altísimo nivel de precisión, lo que lo convierte en una herramienta indispensable en campos como la ingeniería mecánica, la arquitectura, la ingeniería civil y el diseño industrial. Gracias a programas especializados como AutoCAD, SolidWorks, Revit o

Fusion 360, los profesionales pueden visualizar sus propuestas de manera detallada antes de su ejecución, anticiparse a posibles errores y optimizar el uso de materiales y recursos.

También, la integración con otras tecnologías emergentes como la impresión 3D o la fabricación mediante control numérico computarizado (CNC) amplía sus posibilidades y lo posiciona como una herramienta central en la llamada industria 4.0 y el uso de CAD ha fomentado la colaboración multidisciplinaria, al facilitar la comunicación entre diferentes actores involucrados en un proyecto. Hoy en día, un arquitecto, un ingeniero estructural y un diseñador industrial pueden trabajar sobre un mismo modelo digital, compartir información en tiempo real y tomar decisiones más informadas, lo cual contribuye a mejorar la calidad final del producto o infraestructura (Gauna, 2019).

CAM (Manufactura Asistida por Computadora)

El uso de software y sistemas computarizados permite diversas funciones, tales como, planificar, gestionar y controlar las operaciones de fabricación. El proceso de fabricación se agiliza con la generación de códigos G, para la maniobra de los equipos CNC y la fabricación de las piezas diseñadas. El uso de CAM optimiza el uso de los materiales, acabado superficial y la reducción de los tiempos de producción (Kalpakjian & Schmid, 2021).

CAE (Ingeniería Asistida por Computadora)

Esta herramienta permite el desarrollo de productos y el uso de herramientas complejas por medio de la simulación y el análisis de producción desde la concepción hasta la producción de la pieza, esto se logra con la combinación de los hardware y software especializado para los procesos de manufactura. Estas herramientas permiten la evaluación de las características de los materiales y componentes, como resistencia estructural, comportamiento térmico, dinámica de fluidos y vibraciones, entre otros aspectos y posibilita la evaluación precisa del rendimiento de un producto, facilitando la identificación y resolución de problemas antes de iniciar el proceso de fabricación (Kartini et al. 2022).

Aplicaciones del CNC en la Educación

La integración de tecnologías CNC en entornos educativos mejora las competencias digitales de estudiantes y profesores, proporcionando habilidades muy demandadas en el mercado laboral, ya que, en un mundo en constante evolución tecnológica, la educación no puede quedarse atrás. Las máquinas de Control Numérico Computarizado (CNC) están transformando la enseñanza y el aprendizaje, ofreciendo amplios beneficios que pueden revolucionar los entornos educativos. (NomadTech. 2024).

Métodos artesanales en manufactura mecánica

Los métodos artesanales, como el uso de herramientas manuales (taladro de banco, esmeril, sierra de mano y soldadura tradicional), son comunes en talleres pequeños o educativos. Aunque permiten la fabricación de piezas funcionales, presentan limitaciones en términos de precisión, repetibilidad y tolerancia dimensional, y la falta de uniformidad puede afectar la alineación y resistencia del soporte, comprometiendo el rendimiento del sistema de suspensión (Kalpakjian & Schmid, 2021).

Soportes de suspensión

Los soportes de suspensión son componentes mecánicos utilizados para la sujeción, fijación y ajuste de los elementos de la suspensión (como los amortiguadores, los resortes, los brazos de control) al chasis o al bastidor del vehículo. La función principal es la distribución de las fuerzas que provienen de la carretera y aislar las vibraciones e impactos para alcanzar un manejo suave y estabilidad al vehículo por medio de la absorción de las cargas y vibraciones mientras mantienen la estabilidad del vehículo.

Los soportes de suspensión suelen fabricarse con acero de alta resistencia, aluminio (en algunos vehículos de alto rendimiento), y en algunos casos con compuestos plásticos o de elastómeros para la reducción de peso y la mejora de la resistencia a la corrosión (Budynas, 2011).

Tipos de soportes de suspensión

Soportes de suspensión MacPherson: En este sistema, los soportes de suspensión conectan directamente los componentes de la suspensión con el chasis del vehículo. Su diseño es sencillo, compacto y muy utilizado en vehículos de producción masiva (Bosch, 2010).

Soportes de suspensión independiente: En vehículos con suspensión independiente, los soportes permiten que cada rueda se mueva de manera independiente sin afectar a las demás, mejorando el confort y el manejo.

Soportes para suspensión de doble horquilla: En este tipo de sistemas, los soportes permiten la colocación de los brazos de suspensión y están diseñados para permitir un movimiento controlado de las ruedas mientras se mantiene la alineación correcta (Dominguez, 2023)

3. Materiales y Métodos

El diseño de la investigación es del tipo experimental, ya que, se establece como variable independiente el tipo de fabricación del soporte de la suspensión y la variable dependiente es el comportamiento de la suspensión

El trabajo de investigación utiliza los métodos analítico, sintético y experimental. El método de análisis y síntesis se enfocó en el estudio del comportamiento de la suspensión con

los soportes de fabricación de forma artesanal y con equipo CNC, para valorar la respuesta ante la carga cíclica y la calidad del acabado del mecanizado, lo que valida la funcionalidad del componente basado en pruebas de carga en el sistema de suspensión instalado en un vehículo 4x4.

Para el método experimental se comprobó el modo de oscilación de la suspensión con los soportes instalados en cada suspensión conectado a la rueda, de forma cuantitativa.

Soporte de suspensión

Para la modificación de la altura de la suspensión acorde el requerimiento de la suspensión, se evidencia en la figura 1.

Figura 1.

Soporte de suspensión



Fuente: Autores

Proceso de fabricación

Para la elaboración del soporte de la suspensión se estableció el siguiente procedimiento:

1. Ingeniería inversa. Toma de medidas de la pieza física mediante herramientas de metrología.

Figura 2.

Toma de medidas



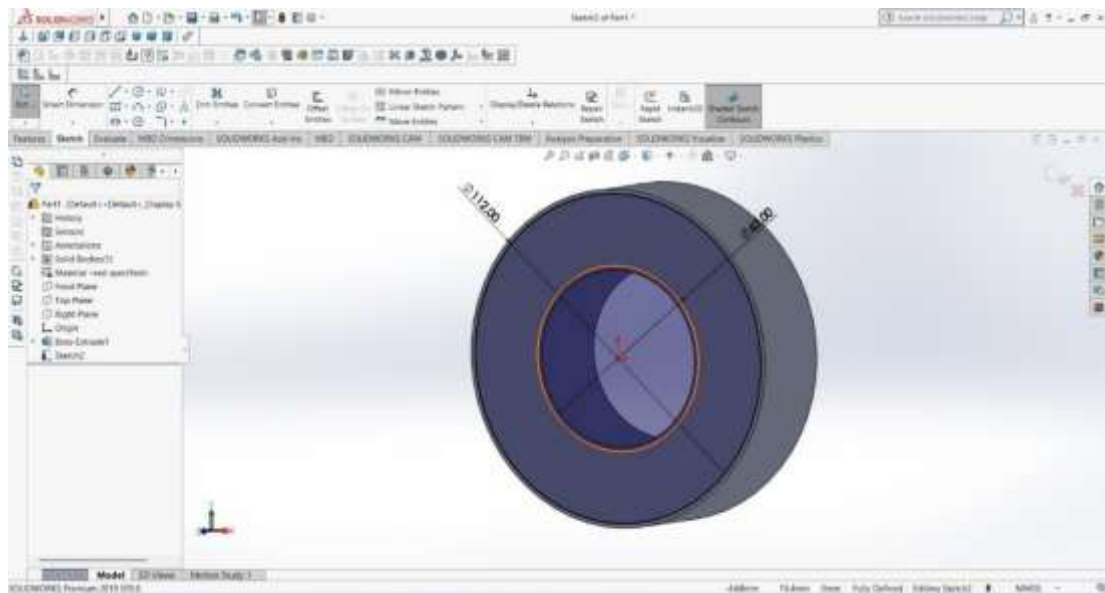
Fuente: Autores

2. Diseño CAD (Modelado digital)

Se reconstruye la pieza como un modelo sólido utilizando un software CAD SolidWorks. Se ajustan dimensiones, se corrigen superficies y se obtiene un modelo paramétrico editable, se guarda como un archivo STL.

Figura 3.

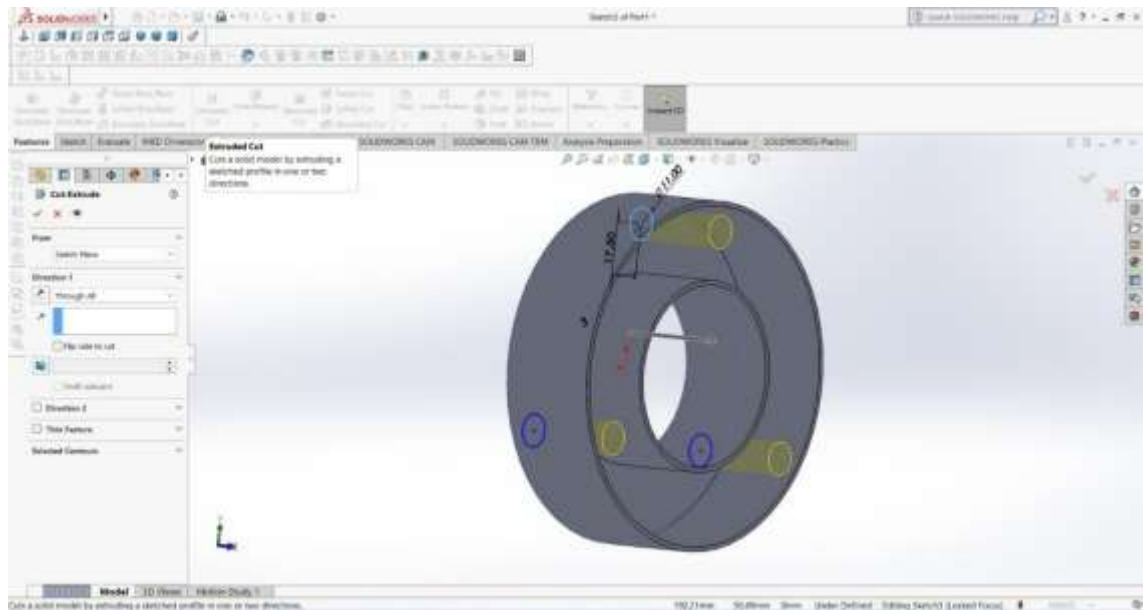
Diseño CAD (01)



Fuente: Autores

Figura 4.

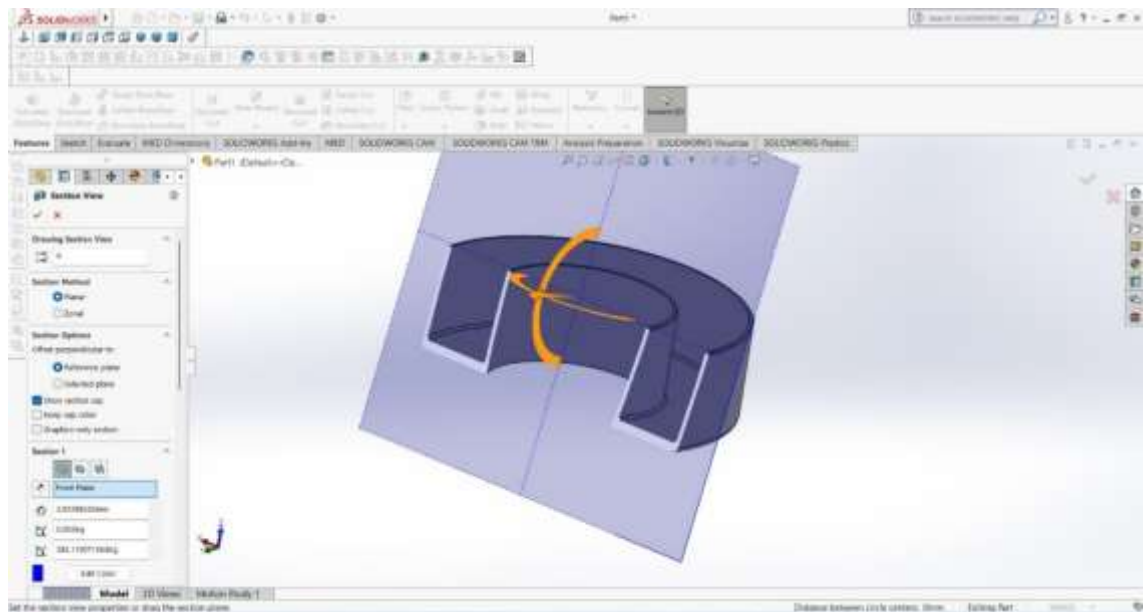
Diseño CAD (02)



Fuente: Autores

Figura 5.

Diseño CAD (03)



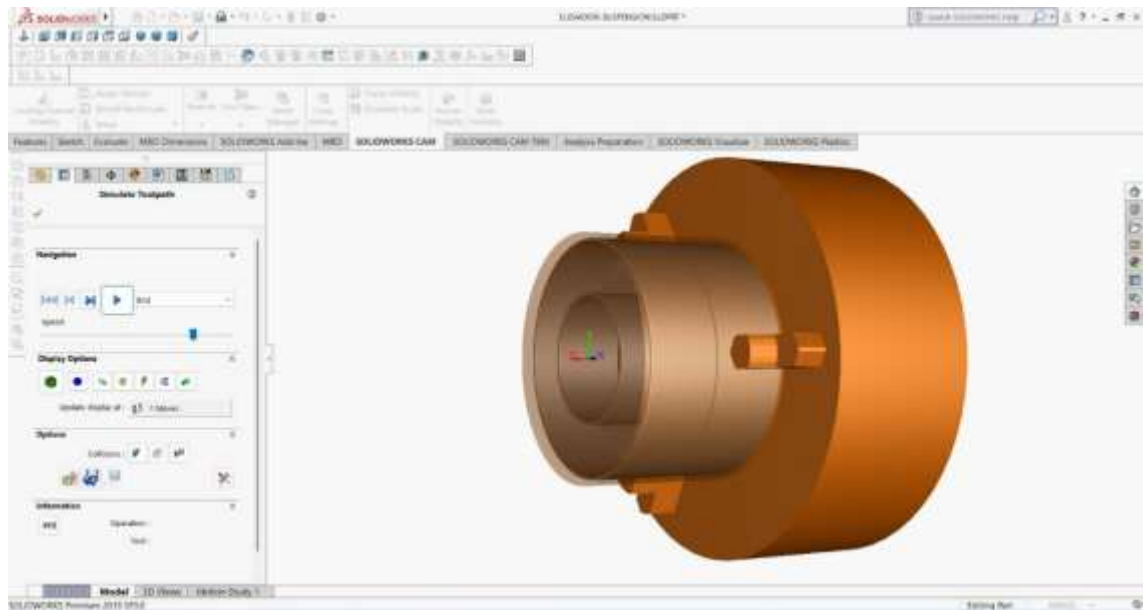
Fuente: Autores

3. CAM (Programación del mecanizado)

El modelo CAD se importó a un software CAM. Se definen las trayectorias de herramienta necesarias para la fabricación de la pieza (desbaste, acabado, roscado).

Figura 6.

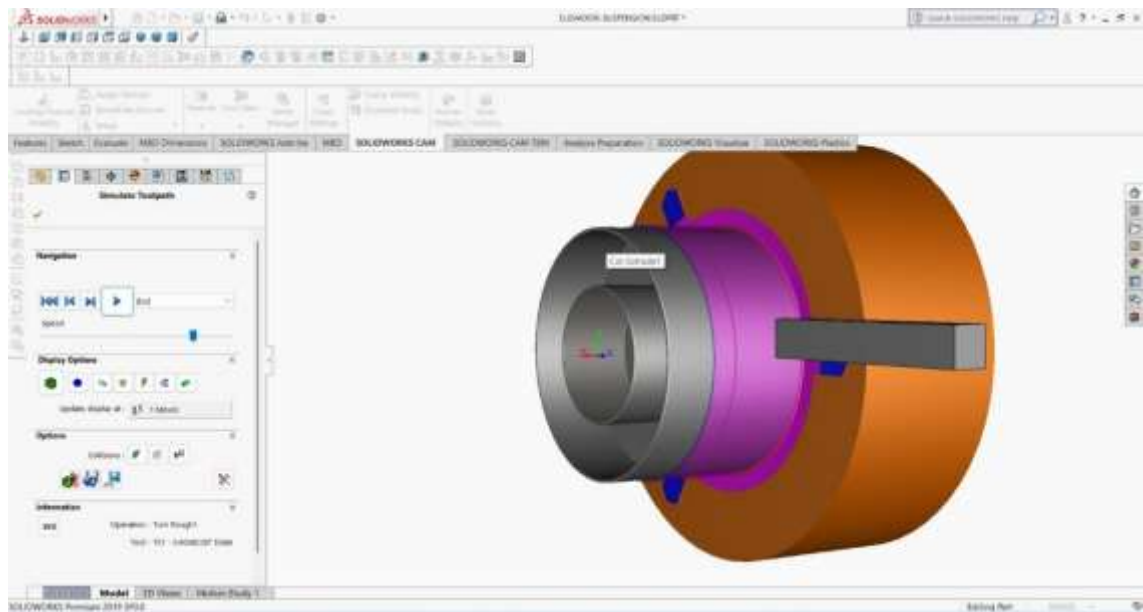
Manufatura CAM (01)



Fuente: Autores

Figura 7.

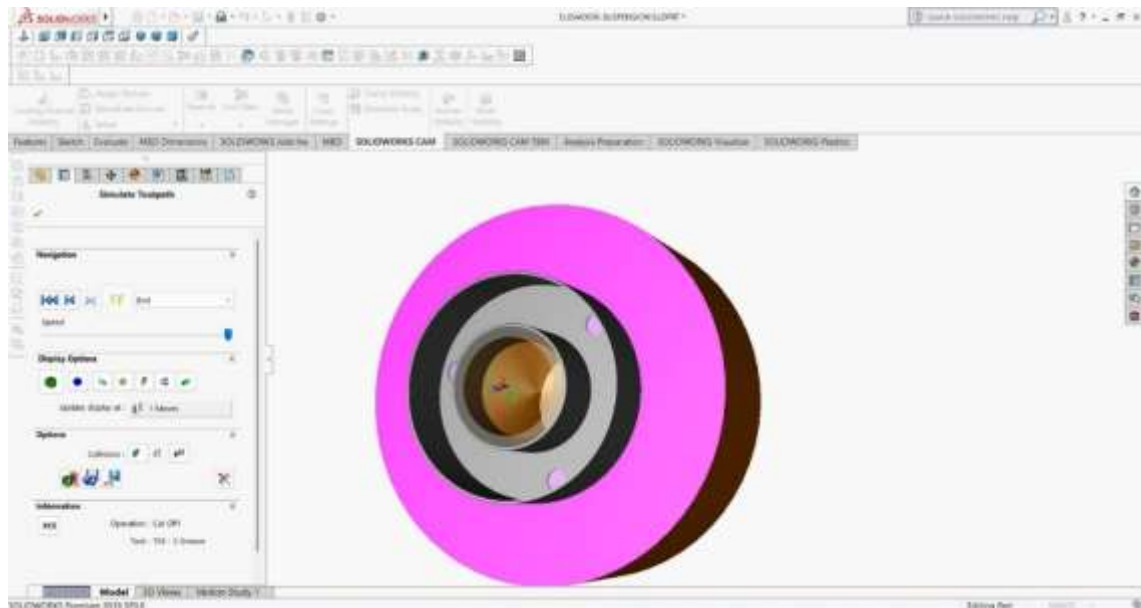
Manufatura CAM (02)



Fuente: Autores

Figura 8.

Manufatura CAM (03)



Fuente: Autores

4. Postprocesado (Generación de G-Code)

El software CAM genera el G-code necesario para ejecutar las trayectorias en el torno CNC específico acorde a las características de la pieza.

Figura 9.

G-Code

```
CODIGO G
O0001
N1 (CNMG 431 80DEG
SQR HOLDER)
N2 T0101
N3 B90.
N4 G00 G96 S548 M03
N5 (Face Rough1)
N6 G54 G00 Z5.354
M08
N7 X126.707
N8 G01 X120. Z2.
F.409
N9 X-.8
N10 X-1.507 Z2.354
N11 G00 Z5.354
N12 X120.707
N13 Z1.854
N14 G01 X120. Z1.5
N15 X-.8
N16 X-1.507 Z1.854
N17 G00 Z4.854
N18 X120.707
N19 Z.854
N20 G01 X120. Z.5
N21 X-.8
N22 X-1.507 Z.854
N23 G00 Z7.6
N24 X508. Z127. M09
N25 M01

N31 G54 G00 Z3.354
M08
N32 X125.907
N33 G01 X119.2 Z0
F.409
N34 X-.8
N35 X-1.507 Z.354
N36 G00 X508. Z127.
M09
N37 M01
N38 (3MM GROOVE OD
HOLDER)
N39 T0505
N40 B90.
N41 G00 G96 S269 M03

N42 (Groove Rough1)
N43 G54 G00 Z6. M08
N44 X111.4
N45 G01 X105.4 Z3.
F.063
N46 Z-31.7
N47 G00 Z3.
N48 X105.046
N49 G01 Z-31.7
N50 G00 Z3.
N51 X104.692
N52 G01 Z-31.7
N53 G00 Z3.
N54 X104.337
N55 G01 Z-31.7

N64 G01 Z-31.7
N65 G00 Z3.
N66 X102.92
N67 G01 Z-31.7
N68 G00 Z3.
N69 X102.566
N70 G01 Z-31.7
N71 G00 Z3.
N72 X102.212
N73 G01 Z-31.7
N74 G00 Z3.
N75 X101.858
N76 G01 Z-31.7
N77 G00 Z3.
N78 X101.503
N79 G01 Z-31.7
N80 G00 Z3.
N81 X101.149
N82 G01 Z-31.7
N83 G00 Z3.
N84 X100.795
N85 G01 Z-31.7
N86 G00 Z3.
N87 X100.441
N88 G01 Z-31.7
N89 G00 Z3.
N90 X100.086
N91 G01 Z-31.7
N92 G00 Z3.
N93 X99.732
N94 G01 Z-31.7
```

Fuente: SolidWorks, 2019

5. Transferencia y mecanizado en torno CNC

El archivo G-code se transfiere a la máquina CNC mediante USB. Se realiza el montaje de la pieza, ajuste de herramientas, carga del programa y ejecución del mecanizado, acorde los requerimientos de la aplicación. En la figura 11, se muestra el proceso de diseño del soporte de la suspensión.

Figura 10.

Archivo G-code

```
(PART NAME=ELEVADOR-SUSPENSION)
(PROGRAM NUMBER=0001)
(MACHINE=4AXIS GENERIC)
(CONTROLLER=GENERIC FANUC)
(MATERIAL=6061-T6)
(ESTIMATED MACHINE TIME=3 HRS. 45 MIN. 28 SEC.)
(STATION TOOL TYPE DIAMETER CORNER RADIUS DESCRIPTION)
( ----- )
(001      DIAMOND 080 000.40                      CNMG 431 80DEG SQR
HOLDER)
(003      DIAMOND 055 000.40                      DNMG 431 80DEG SQR
HOLDER)
(005      GROOVE          003.00 000.20          3MM GROOVE OD HOLDER)
(007      CENTER DRILL 002.10                    6MM X 60DEG HSS
CENTERDRILL)
(008      DRILL          049.00                    49.0mm JOBBER
DRILL)
(009      GROOVE          003.00 000.20          3MM CUT-OFF BLADE)
```

Fuente: SolidWorks, 2019

Figura 11.

Proceso de fabricación de la pieza de la suspensión



Fuente: Creativo 3D

Máquina CNC

Para la fabricación del soporte de la suspensión, se utiliza el equipo CNC marca LY, mostrado en la figura12. El equipo es de origen chino, con una mesa de trabajo de 300×400 (mm), opera en tres ejes, una velocidad de husillo de 0 a 30000 rpm. La precisión de posicionamiento es de 0,02 mm.

Figura 12.

Máquina CNC – Marca LY



Fuente: CNC, LY

Vehículo de pruebas

Para el proceso de pruebas, se elige el vehículo Chevrolet D-Max 4x4, acorde a las estadísticas de la AEADE (2024), es uno de los vehículos más vendidos en el Ecuador. En la figura 13, se muestra el vehículo utilizado.

Figura 13.

Vehículo Chevrolet D-Max



Fuente: Autores

Valoración de acabado superficial

Para la obtención de la valoración de rugosidad en la superficie de la pieza fabricada y artesanal, se utilizó el siguiente equipo:

- Rugosímetro Mitutoyo SJ 201P, permite la valoración de la rugosidad superficial de fabricación de cualquier material acorde a las limitaciones del instrumento, cuyo valor se determina con un perfil de evaluación para la muestra de los resultados (Mitutoyo, 2010). En la figura 14, se muestra el instrumento de medida. El instrumento tiene certificación de calibración vigente.

Figura 14.

Instrumento de medición de rugosidad



Fuente: Mitutoyo SJ 201P

Pruebas de valoración en el vehículo.

Para la valoración del comportamiento de la suspensión, se utilizó un banco de pruebas de suspensión que realizó una comprobación de la amortiguación de ejes, por medio de la generación controlada de frecuencia a través de motores eléctricos, además determina la masa y la amortiguación de los ejes. La ejecución de la prueba está regulada por la norma NTE INEN 2349 y los criterios de aceptación referidos en la normativa para el sistema de suspensión es un valor mínimo de eficiencia de suspensión del 50% y una diferencia de 20% máximo entre ruedas del mismo eje (INEN, 2017). En la figura 15, se observa el banco de pruebas utilizado para la valoración.

Figura 15.

Banco de suspensión



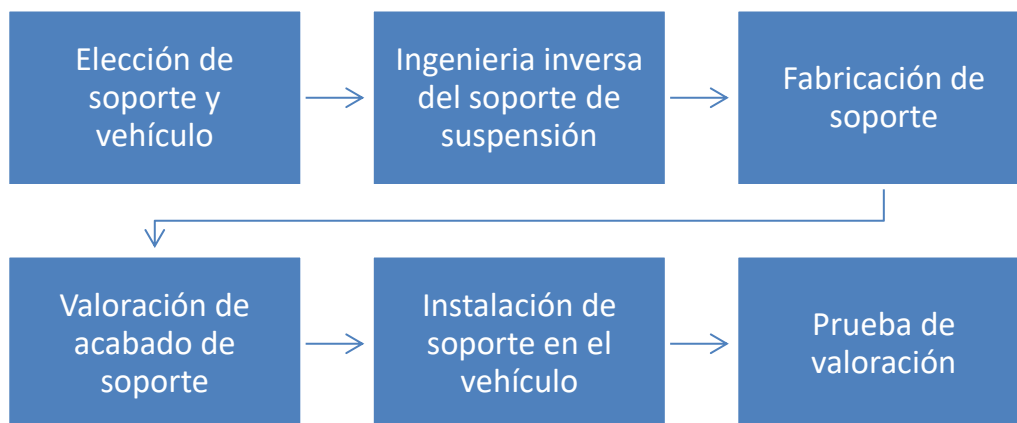
Fuente: Autores

Metodología

Para la siguiente investigación se utilizó cuatro piezas, utilizados como elevadores o soporte de suspensión, dos fabricados artesanalmente y dos fabricados en la máquina CNC, estas se exponen a los esfuerzos de trabajo en el vehículo de pruebas, el proceso metodológico se detalla en la figura 16. La pieza mecanizada CNC se duplico con base a las mediciones de la pieza artesanal.

Figura 16.

Proceso de trabajo metodológico.



Fuente: Autores

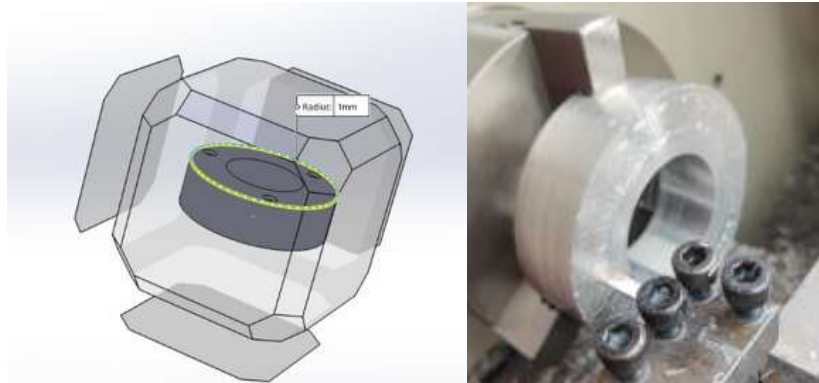
4. Resultados y Discusión

Soporte de suspensión

Acorde a las especificaciones del vehículo, se fabricó el componente de la suspensión para el vehículo 4x4. Se observa el diseño en la figura 17.

Figura 17.

Soporte de suspensión CAD.

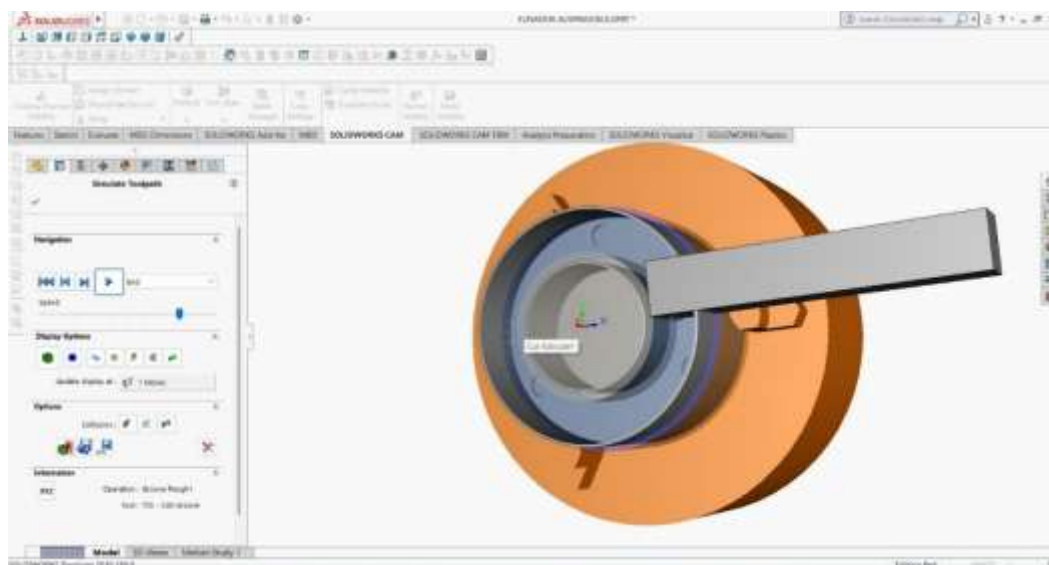


Fuente: Autores

Para la elaboración del componente se obtuvo el código G por medio del SolidWorks CAM, en la figura 18, se muestra la pantalla de generación del código.

Figura 18.

Soporte de suspensión CAM.



Fuente: Autores

Valoración de acabado superficial

Para la valoración del acabado superficial de los soportes utilizados en el proceso de trabajo, se mide la rugosidad superficial empleando el Rugosímetro Mitutoyo SJ 201P, los resultados obtenidos se detallan en la tabla 1.

Tabla 1.

Rugosidad de soportes

Soporte	Material	Rugosidad [μm]
Artesanal	Acero ASTM A-590	2, 65
Maquinado CNC	Aluminio 6001-T1	1, 54

Fuente: Autores

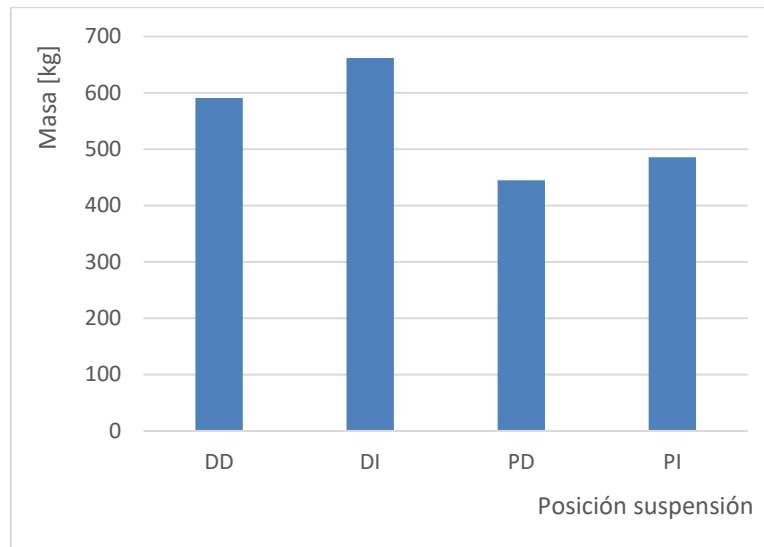
Acorde a las mediciones efectuadas, el acabado de la pieza maquinada en CNC es superior a la pieza fabricada artesanalmente, mientras mayor sea la rugosidad las herramientas utilizadas generan la menor precisión de montaje y/o funcionamiento. El desgaste se produce por la mayor rugosidad entre dos superficies en contacto. Desde el punto de vista de manufactura, las piezas elaboradas con equipos más tecnológicos, producen una menor rugosidad superficial en los componentes fabricados.

Pruebas de valoración en el vehículo

Para determinar el comportamiento de los soportes, se instalan cada juego en el vehículo de pruebas. El comportamiento de la suspensión se evaluó con la ayuda del banco de suspensión. En la figura 19, se especifican los valores de masa de cada suspensión de la rueda del vehículo de pruebas.

Figura 19.

Peso en cada rueda del vehículo



Fuente: Autores

Nomenclatura

DI – Delantero Izquierdo

DD – Delantero Derecho

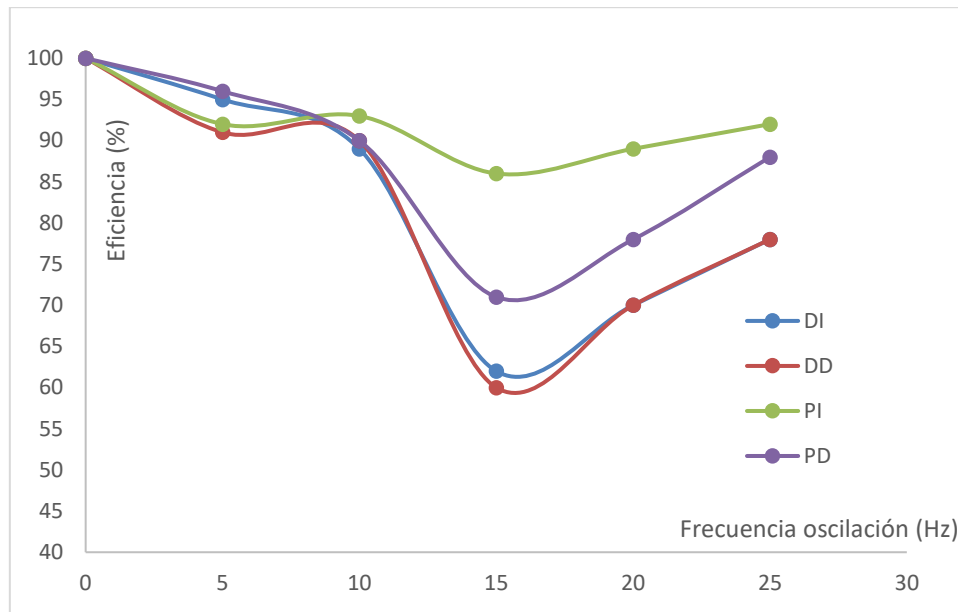
PI – Posterior Izquierdo

PD – Posterior Derecho

La prueba provoca los cambios de eficiencia de la suspensión por rueda acorde al cambio de oscilación de la suspensión, con base a las oscilaciones a baja, media y alta frecuencia en un rango de 0 a 25 Hz, acorde a la especificación del banco de pruebas. En este caso la figura 20, muestra el comportamiento con los soportes maquinados en CNC.

Figura 20.

Comportamiento de eficiencia con carga de oscilación con soporte CNC

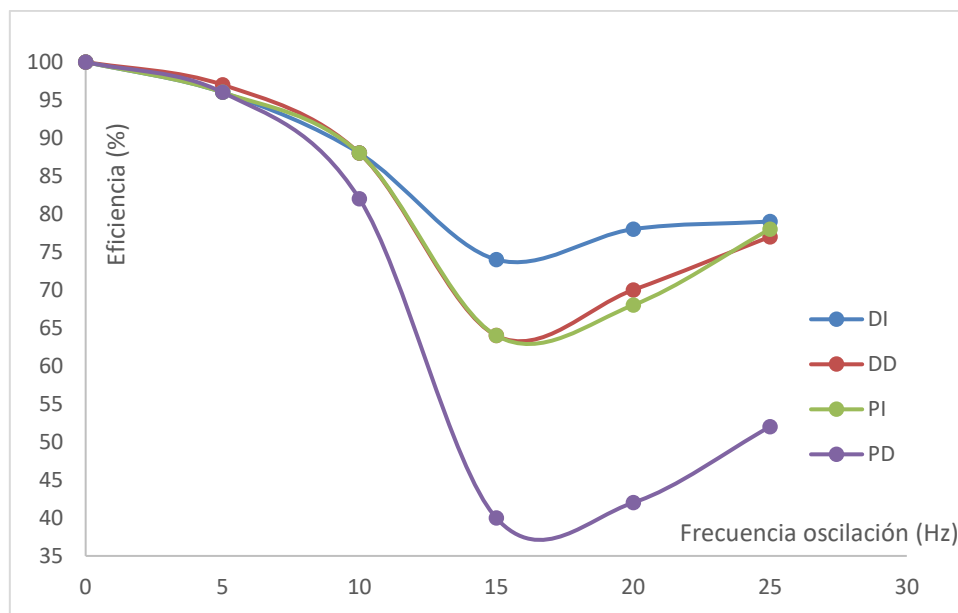


Fuente: Autores

La figura 21, muestra el comportamiento de la suspensión con los soportes artesanales instalados en el vehículo 4x4.

Figura 21.

Comportamiento de eficiencia con carga de oscilación con soporte artesanal



Fuente: Autores

En la figura 20 y 21 existe un comportamiento semejante en la suspensión, pero los valores de eficiencia de la suspensión son inferiores en el vehículo con soportes artesanales.

Análisis de resultados

Acorde a los estudios de (Múčka, 2018)(Abdelkareem et al., 2018; Al-Ashmori & Wang, 2020), los sistemas de suspensión poseen un comportamiento oscilatorio conforme a las condiciones de contacto entre la rueda y la calzada. Se distinguen, la oscilación sobreamortiguada se caracteriza porque el amortiguador absorbe rápidamente la energía y el sistema retorna al equilibrio sin oscilar más de una vez, con una eficiencia muy alta cercana al 90-100%; la oscilación críticamente amortiguada permite que el sistema regrese al equilibrio en el mínimo tiempo posible sin rebotar, con una eficiencia entre 80% y 90%; mientras que la oscilación subamortiguada ocurre cuando el amortiguador no absorbe suficientemente rápido la energía, generando múltiples rebotes y una eficiencia menor al 80%, lo que indica dificultades para controlar las oscilaciones en frecuencias altas. En la tabla 2, se detalla los tipos de oscilación de la suspensión logrado por el vehículo utilizado los soportes instalados de fabricación CNC.

Tabla 2.

Tipo de oscilación de la suspensión con soportes CNC

Suspensión	Alta Frecuencia (15-25 Hz)	Media-Baja Frecuencia (5-10 Hz)
DI	Subamortiguada	Críticamente amortiguada
DD	Subamortiguada	Críticamente amortiguada
PI	Críticamente amortiguada	Sobreamortiguada
PD	Crítico/Subamortiguado	Sobreamortiguada

Fuente: Autores

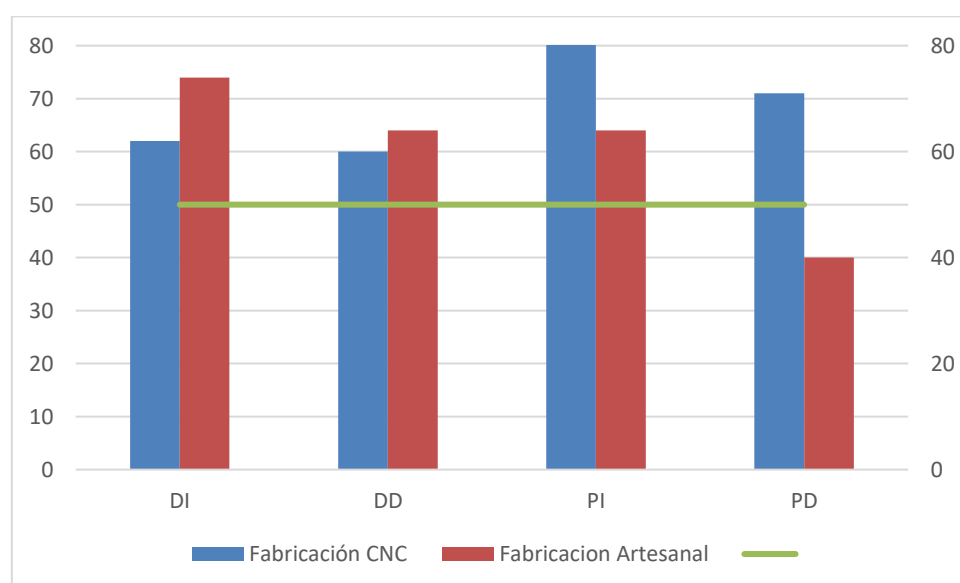
El análisis de los resultados obtenidos revela que las suspensiones delanteras presentan el comportamiento mixto: en altas frecuencias (15-25 Hz) muestran una eficiencia baja a moderada (60%-78%), caracterizándose como subamortiguadas con control insuficiente y rebotes evidentes, mientras que en frecuencias medias-bajas (5-10 Hz) alcanzan una alta eficiencia (89%-95%), correspondiendo a una amortiguación crítica con un retorno estable y eficiente al equilibrio. Tanto la suspensión delantera izquierda como la derecha comparten este patrón, con subamortiguación en altas frecuencias y amortiguación crítica en frecuencias bajas. Los soportes de fabricación artesanal presentan un comportamiento similar a los soportes de fabricación CNC, en ambos casos, la eficiencia está dentro de los límites permisibles de operación.

Por otro lado, las suspensiones posteriores exhiben un desempeño superior y más estable: la suspensión posterior izquierda mantiene una eficiencia muy alta (86%-92%) en altas frecuencias, con amortiguación crítica, y se vuelve sobreamortiguada (92%-93%) en frecuencias medias-bajas, logrando un comportamiento óptimo. La suspensión posterior derecha presenta una eficiencia moderada a alta en altas frecuencias (71%-88%), oscilando entre amortiguación crítica y ligera subamortiguación, pero ofrece un excelente desempeño sobreamortiguado en bajas frecuencias (90%-96%). En conjunto, las suspensiones traseras muestran un control general bueno y equilibrado, con un rendimiento sobresaliente especialmente a bajas frecuencias. Los soportes de fabricación artesanal presentan un comportamiento diferente a los soportes de fabricación CNC, se muestra una deficiencia en la rueda posterior derecha por debajo del 50% y en el caso de la rueda posterior izquierda se encuentra una diferencia del 22%.

En la figura 22, se observa el comportamiento de los soportes en la zona de cambio de frecuencia de bajas a altas (15 Hz), el efecto de la amortiguación en el eje delantero tiene una diferencia promedio de 12% entre rueda considerando el método de fabricación de los soportes. En el caso del eje posterior, existe una diferencia del 26% entre las ruedas, lo implica una diferencia de eficiencia superior a la permisible y la rueda derecha muestra una eficiencia inferior al 50% utilizando los soportes de fabricación artesanal.

Figura 22.

Comportamiento de eficiencia en la frecuencia de 15Hz



Fuente: Autores

Implementación de la maquina CNC

La máquina CNC LYF3040 fue importado de China, la misma que cuenta con una mesa de trabajo de 300×400 mm, tres ejes (X, Y, Z), y un husillo que alcanza hasta 30.000 rpm con precisión de posicionamiento de $\pm 0,02$ mm. La cual es compatible con el uso de G-code y suele controlarse mediante software como Mach3 o sistemas similares para el mecanizado correspondiente, lo que la hace ideal para aplicaciones de manufactura digital en entornos académicos.

Requerimientos técnicos

Espacio Físico

El piso debe ser de concreto sólido y nivelado, o a su vez en pisos elevados, se debe instalar bases aislantes para evitar las vibraciones innecesarias en el proceso de mecanizado, el área de trabajo mínimo recomendado es de $1,5\text{m} \times 1,5\text{m}$, ya que esto permite una operación segura y realizar los mantenimientos necesarios, además las condiciones ambientales deben ser seco y ventilado, para mantener aire limpio de polvo metálico.

Requerimientos Energéticos

Es absolutamente necesario usar un estabilizador de voltaje constante para evitar daños por fluctuaciones, y conexión a tierra, la misma que proporciona una ruta segura para corrientes de falla, logrando prevenir descargas eléctricas y protegiendo los equipos y personas, la tensión recomendada para la maquina especificada es de 110 V, para el funcionamiento óptimo y 220 V, para la operación de la bomba de agua, la cual se utiliza como enfriamiento o lubricante de las herramientas de corte, y se debe tomar en cuenta su consumo de 500 – 800 W durante uso activo.

Software y Conectividad

Para el mecanizado de una pieza en una máquina CNC implica la creación de un diseño digital, la programación de la máquina, la preparación de la pieza y la ejecución del proceso de corte, todo controlado por computadora para lograr una alta precisión. Por lo tanto, se necesita un ordenador compatible con Mach3 o equivalente con puerto paralelo o adaptador USB, y para el Diseño Asistido por Computadora (CAD), se va a utilizar el software CAD/CAM de SolidWorks, Fusion 360, para generar archivos G-code.

Recursos Humanos

La capacitación y formación básica para docentes, estudiantes del manejo de la maquina CNC en tiempos, velocidades y protocolos, verificando los manuales técnicos en español, y por supuesto con la debida seguridad obligatoria, con el uso de Equipo de Protección Personal (EPP), teniendo en cuenta los extintores, señalización de emergencia y botiquín, ante incendios o fallas que puedan suscitar en el lugar de trabajo.

Estimación de Costos

Los costos de adquisición de la máquina CNC, esta entre \$800 y \$1,500, evidentemente hay una variación significativa, debido a transporte aéreo, tiempo de envío, recepción y la ubicación geográfica. En Ecuador, los costos de mecanizado CNC tienden a ser más bajos que en EE. UU. o Europa, pero superiores a los de Asia. Entonces, si trabajamos en mecanizado de 3 ejes, ya sea en fresado o taladrado básico, el precio oscila entre \$25 y \$50 por hora, esto basado en rangos globales de \$50 y \$100 por hora, reducidos por costos laborales y operacionales más bajos en Ecuador, pero si se trata de mecanizado de piezas más complejas o mayor tolerancia, el costo es de \$50 y \$90 por hora y son equipos de 4 y 5 ejes, debido a las exigencias de precisión más estrictas y esto incrementan el costo operacional, y en servicios de alta gama, como acabados finos, lotes pequeños, alta precisión el costo es de \$80 y \$150 por hora, en lo que se refiere en trabajos especializados o muy detallados.

El costo de producción de la pieza mecanizada de soporte de suspensión es de \$80 cada uno, según la tabla 3, tabla 4.

Tarifa CNC/h = Costo máquina + Mano de obra + Herramientas + Gastos generales (%)

Tabla 3

Concepto	Impacto en tarifa
Costo de máquina (depreciación + energía)	Aporte entre \$25 - \$50/hora (3ejes)
Herramientas y consumibles	\$5 – \$20 adicionales/hora según material y desgaste
Mano de obra (operador + programación)	\$15 – \$30 dependiendo experiencia y localización
Gastos generales (alquiler, servicios)	20 – 40 % sobre costos directos
Materiales	Variable, según tipo \$2 – \$25/lb

Fuente: Autores

Tabla 4

Tiempo de trabajo	
Preparación y montaje:	0,5 h
Mecanizado:	1–1,5 h
Acabado y revisión:	0,5 h
Total, estimado:	2–2,5 h

Fuente: Autores

El costo de producción de la pieza artesanal de soporte de suspensión es de \$45 cada uno, y depende del taller, la habilidad del operario. Tomando en cuenta la tabla 5

Tabla 5

Concepto	Detalle	Costo estimado
Material (acero)	Detalle, pieza a fabricar	\$10 – \$15
Mano de obra artesanal	Torneado + perforado básico	\$10 – \$20
Herramientas/insumos	Brocas, lubricante, herramienta	\$2 – \$5
Energía eléctrica/manual	Uso de torno/manual, taladro	\$1 – \$3
Acabado básico (opcional)	Lijado, desbarbado	\$2 – \$5

Fuente: Autores

Por lo tanto, al fabricar de manera artesanal tenemos, piezas únicas, prototipos, ajustes rápidos o reparaciones puntuales, y todo depende de la habilidad del operario, sin embargo, al mecanizar con una maquina CNC, es superior para producción repetitiva, alta precisión, geometrías complejas y eficiencia, como se muestra en la tabla 6

Tabla 6

Aspecto	Mecanizado Manual	CNC
Precisión	±0.05 mm	±0.005 mm
Producción	Lenta, pieza a pieza	Rápida, continua
Geometrías complejas	Limitadas	Muy complejas posibles
Habilidad necesaria	Alta habilidad manual	Programación y operación
Inversión inicial	Baja	Alta
Coste por volumen	Alto en grandes series	Bajo en grandes series
Seguridad	Mayor riesgo	Protección integrada
Flexibilidad	Alta para prototipos	Baja hasta configurar CNC

Fuente: Autores

5. Conclusiones

- El proyecto de análisis comparativo de precisión frente a métodos de fabricación artesanal, la máquina CNC permite la construcción de un componente con precisión y rapidez acorde a los materiales existentes en el mercado nacional, logrando el objetivo propuesto del proceso fabricación con la máquina CNC acorde a la ingeniería inversa y la utilización de recursos informáticos.
- Los soportes de suspensión maquinados en CNC con aluminio 6001-T1 presentan un mejor acabado superficial (rugosidad de $1,54\text{ }\mu\text{m}$) en comparación con los soportes artesanales de acero ASTM A-590 (rugosidad de $2,65\text{ }\mu\text{m}$), lo que sugiere una mayor durabilidad y menor desgaste en las piezas maquinadas, a la vez operativamente, existe la limitante de los resultados, ya que se considera un solo de tipo de vehículo, la cantidad de ensayos en el banco de suspensión y el proceso de montaje de los soportes en el vehículo de pruebas, que permitan establecer una valoración generalizada de soporte acorde al proceso de manufactura.
- Las pruebas dinámicas en el banco de suspensión evidencian que los soportes CNC mejoran significativamente la eficiencia de amortiguación del vehículo, superando el 60% a 15 Hz, mientras que los soportes artesanales no alcanzan el mínimo permitido del 50%, con una eficiencia inferior al 40% en la rueda posterior derecha, lo que demuestra que tanto el tipo de soporte como el sistema de suspensión influyen directamente en el comportamiento oscilatorio y la capacidad de amortiguación.
- El análisis del comportamiento oscilatorio indica que las suspensiones delanteras funcionan de manera subamortiguada en altas frecuencias (15-25 Hz), lo que puede generar rebotes y menor control, mientras que a frecuencias medias-bajas (5-10 Hz) presentan amortiguación crítica; en contraste, las suspensiones traseras muestran un desempeño más estable y eficiente, con amortiguación crítica o sobreamortiguada en la mayoría de frecuencias evaluadas con ambos tipos de soportes, en todos los casos los soportes maquinados en CNC superan el límite permisible de eficiencia del 50% y la diferencia máxima de 20% de eficacia entre ruedas del mismo eje.
- Se recomienda usar el elemento mecánico fabricada en la máquina CNC para aplicaciones con alto desempeño, ya que se obtiene un mejor comportamiento oscilatorio y menor desgaste dado por el ajuste dimensional de este tipo de soportes.

Acta de entrega de maquina CNC

En la ciudad de Quito, a los 7 días del mes de julio de año 2025, se procede a dejar constancia de la entrega del equipo CNC, para el laboratorio de manufactura en la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR, con el propósito de su uso en prácticas y actividades relacionados con procesos técnicos y pedagógicos en la institución.

Datos del equipo

- Tipo de equipo: Máquina CNC
- Marca: LY
- Origen: China
- Área de trabajo: 300 × 400 mm
- Cantidad de ejes: 3 (tres)
- Velocidad del husillo: 0 a 30.000 rpm

El equipo CNC se entrega en condiciones operativas, junto con su mesa de trabajo integrada, para ser utilizadas bajo los lineamientos técnicos y de seguridad establecidos en el laboratorio.

Atentamente:



ÁNGEL BOLÍVAR CHIMBO MANOBANDA



LUIS ENRIQUE GUAMÁN GUZMÁN



LUIS GUILLERMO VINUEZA CRUZ

Bibliografía

- Abdelkareem, M. A. A., Xu, L., Ali, M. K. A., Elagouz, A., Mi, J., Guo, S., Liu, Y., & Zuo, L. (2018). Vibration energy harvesting in automotive suspension system: A detailed review. *Applied Energy*, 229, 672–699.
<https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2018.08.030>;
- Al-Ashmori, M., & Wang, X. (2020). A systematic literature review of various control techniques for active seat suspension systems. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(3).
<https://doi.org/10.3390/APP10031148>
- Bosch. (2010). *Manual de la técnica del automóvil*. España: Reverte.
- Budynas, R. (2011). *Shigley's Mechanical Engineering Design*. McGraw-Hill.
- Dominguez, J. (2023). *Circuitos de fluidos, suspensión y dirección: electromecánica de vehículos*. España: Macmillan Iberia, S.A.
- Gauna, J. (2019). *Diseño y montaje de router CNC para implementar al laboratorio del curso de procesos de manufactura para fines didácticos*.
- Goover, M. (2016). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. Hoboken , Nueva Jersey: Wiley.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2021). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Mexico: Pearson.
- Mauthner, G., Hoffmann, M., Plessing, L., Trautner, T., & Bleicher, F. (2023). Industry-Oriented System Architecture for Feature-Based Data Management in CNC Machining Processes. *Procedia CIRP* , 157-162.
- Můčka, P. (2018). Simulated road profiles according to ISO 8608 in vibration analysis. *Journal of Testing and Evaluation*, 46(1), 405–418.
<https://doi.org/10.1520/JTE20160265>

Mitutoyo. (2010). *Manual de usuario. Sistema de medición de rugosidades de superficie SJ-210*. Mitutoyo.

https://www.mitutoyo.eu/application/files/6115/5888/2585/BA138112_99MBB122E1_SJ-210.pdf

Reyes, A., Pimentel, G., Ruiz, E., Guzman, O., & Ibañez, R. (2023). Proceso de fresado CNC empleando herramientas CAD-CAM en sistemas de manufactura flexible. *Revista Ingeniantes*.

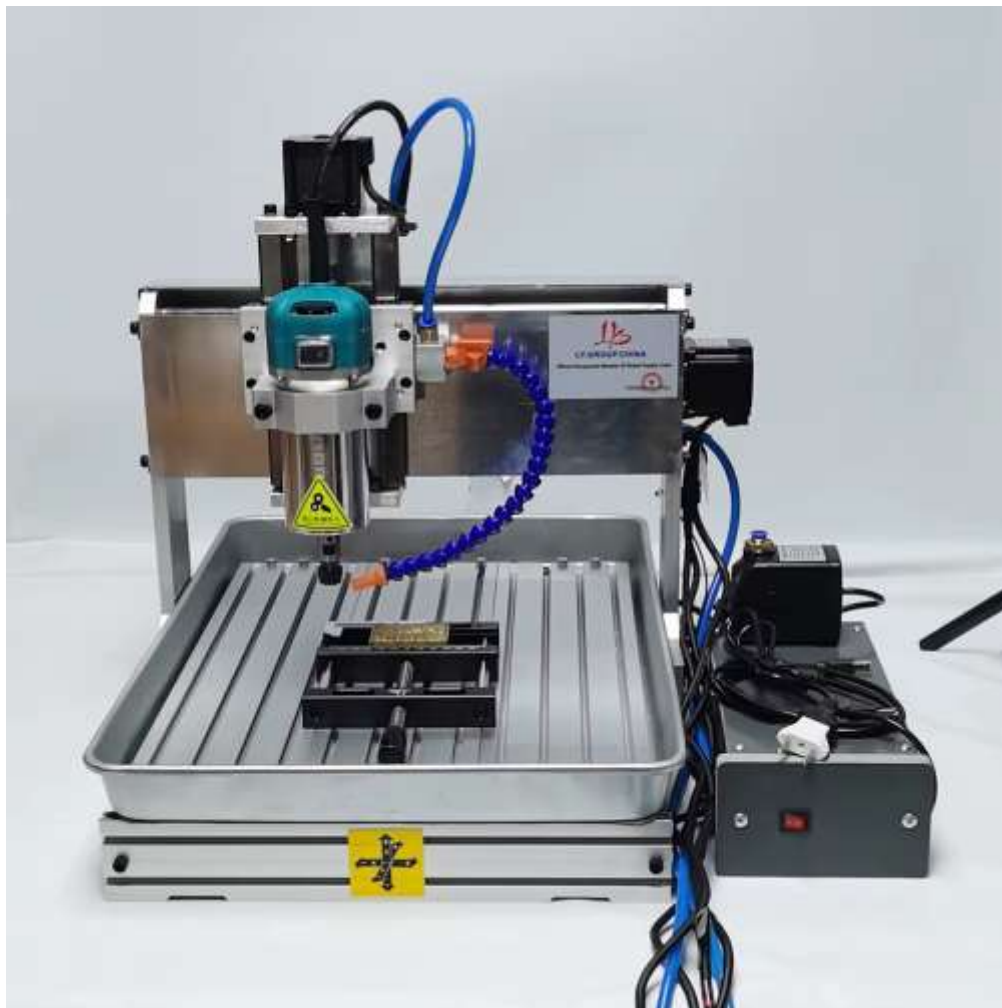
Anexos

Anexo1

Ficha técnica de la maquina CNC

*Máquina CNC 2030 3040 3060 4060 3/4/5 máquina de grabado de ejes enrutador CNC
máquina de perforación y fresado de grabado. (2021). Wwww.alibaba.com.*

https://www.alibaba.com/product-detail/LYBGACNC-LYF2030-3040-3060-4060-3_1600669139891.html



Modelo y parámetros técnicos

Marca	LYBGACNC			
Modelo	LYF2030	LYF3040	LYF3060	LYF4060
Carrera de trabajo (XYZ) mm	200*300*100	300*400*100	300*600*100	400*600*100
Tamaño de la máquina cm	50*40*50	* 62*52*50	80*52*50	80*60*50
Pesar	27	31	35	43
Espesor del material aceptable	≤120mm			
Material del estante:	Placa de aluminio de 12 ~ 15mm			
Material de la Mesa:	Mesa T de aleación de aluminio + Tanque de agua			
Tipo de carril	Tornillo de bola X Y 1605; Tornillo de bola Z 1204, Carril de línea cuadrada, Tres ejes es una pista de alambre cuadrado de 20mm,			
Motor de husillo	1500W Husillo de refrigeración por aire, 0-30000r/min 6 regulación de velocidad			
Tipo de pinza	Pinza ER11,1/8 "(3.175mm)			
Motor paso a paso y accionamiento	57HS56			
Precisión de posicionamiento repetida	0,02mm			
Interfaz de comunicación	Puerto USB			
Requisitos del sistema	Ganar XP / Win 7 Win 8 Win10			
Software Co Patabilidad	Mach3/Emc2/Kcam (Type3... Wentai... ArtCAM... coppercam)			
Código de comando	Código G/nc/? ncc/? tab/txt			
4th Axis(Opcional) Descripción:	Altura central: H = 51mm Diámetro máximo de giro: ≤ 81mm Relación de desaceleración: 4:1 Motor paso a paso: 57HS56			
5th eje(Opcional) Descripción:	Relación de engranaje del cuarto eje: 4: 1 (motor paso a paso 3A de dos fases 57 1,2n) Ratio de reducción del quinto eje: 5: 1 (motor paso a paso 3A de dos fases 57 1,2n) Portabrocas de cuatro mordazas 60MM Sujeción: dirección positiva: 40mm; En dirección opuesta: 70mm. Altura del centro del cuarto eje: 55MM El quinto eje más alto que el 4 ° eje 44mm Distancia del agujero fijo inferior: 150mm x 85mm			



Web: <http://www.chinacnczone.com/> Phone: 86-755-83692414 Mail: sales@chinacnczone.com
Address: Nankeng First Industry Park, Bantian, Longgang District, Shenzhen, China

User guide for CNC 3040 Series

Notice:

1. This machine should be used with the PC parallel port and controlled by Mach 3 or other software. The PC parallel port should work in condition of the EPP mode, the setup of the EPP mode should be applied on the main board BIOS.
2. You'd better use the PC to control the machine, especially for this machine and do not install other software if conditions permit. **And please do not use the Laptop to control the machine**, the battery of some laptops will impact the pulse signal of the machine and the voltage of some parallel port is very low, it will cause the lost of the signal.

Warn:

You should setup the software correctly; it will make the machine works well. If you do not do it well and try to run the machine, it may damage the machine or cause the danger.

When you install or setup the machine, please do not turn on the control box, it may cause some damages.

Please do not put the connectors on the control box, when it is power on. You should regulate the spindle as the low speed when you want to restart it. The interval of the open/close button time should be at least 30s, when you restart the spindle or turn on the control box again, otherwise it will cause the damages of the control box.

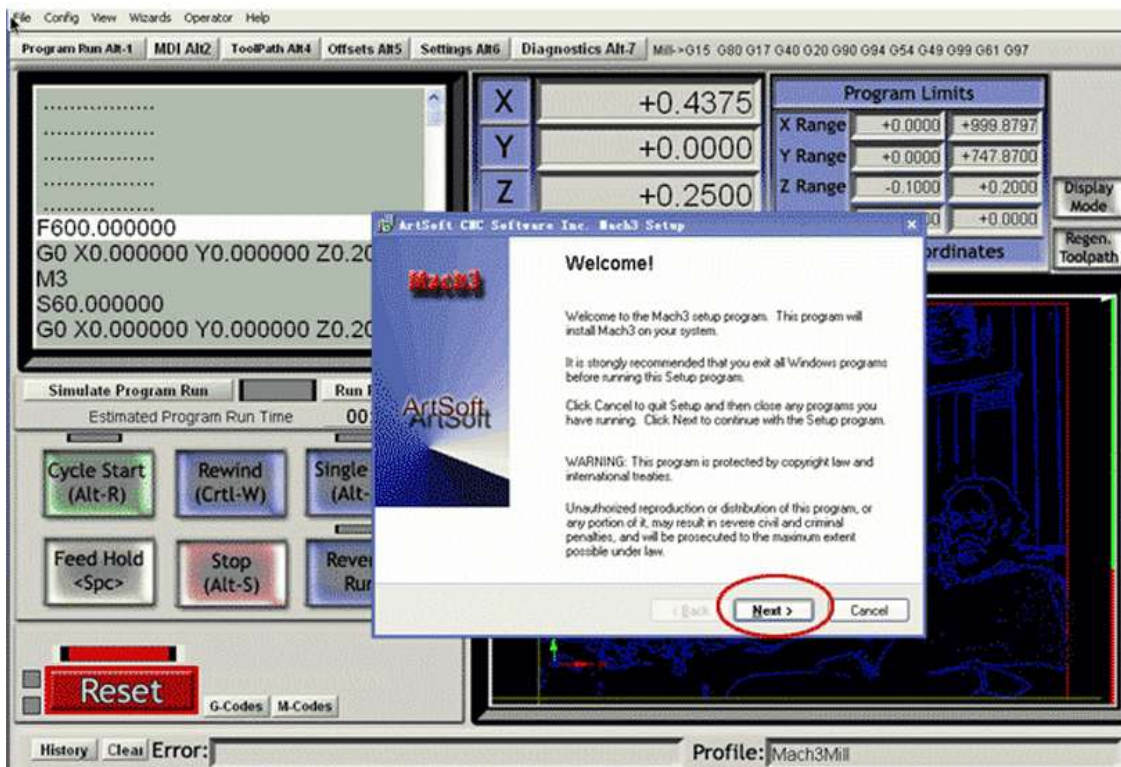
Our machine is **220V or 110V**, when it is power on, please do not open the control box, do not touch the wiring connectors and not touch the running cutters, please wear the glasses or mask to protect yourself.

1. Software

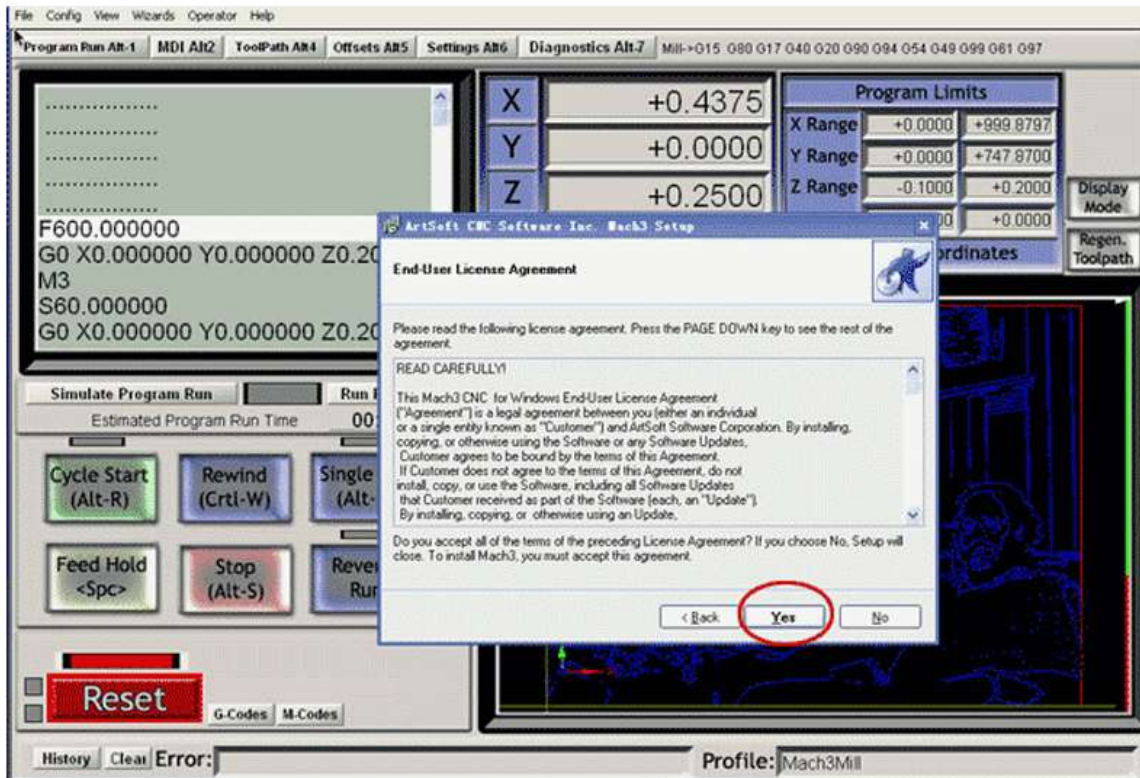
1. Open the Mach 3 file; double click the "Mach3xxxxx.Exe" to start.



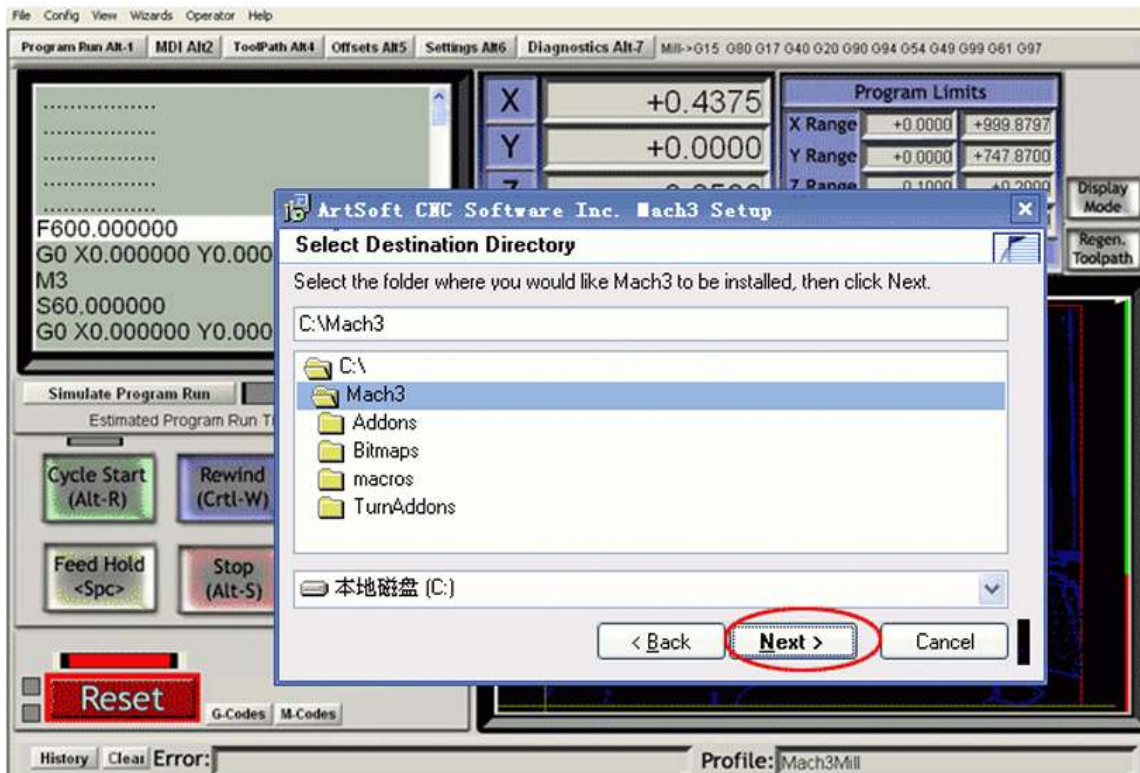
2. Click the "Next"



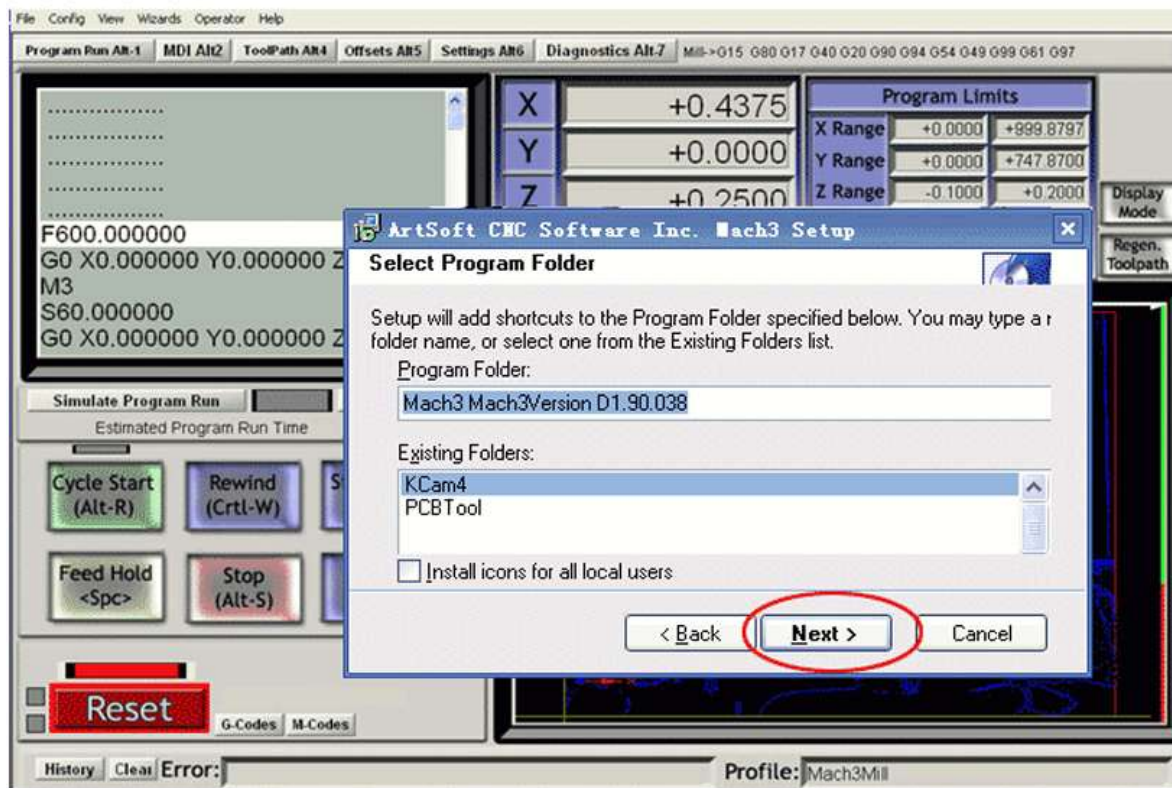
3. Click the "Yes"



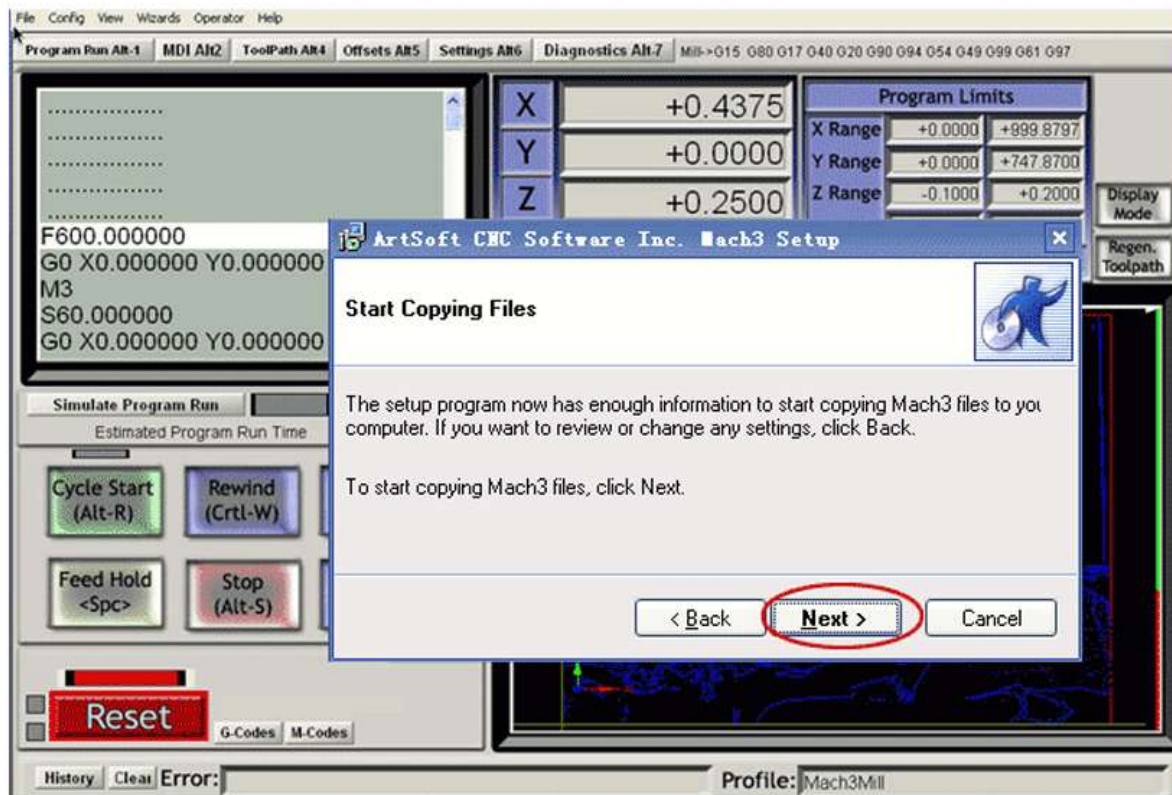
4. Click the "Next"



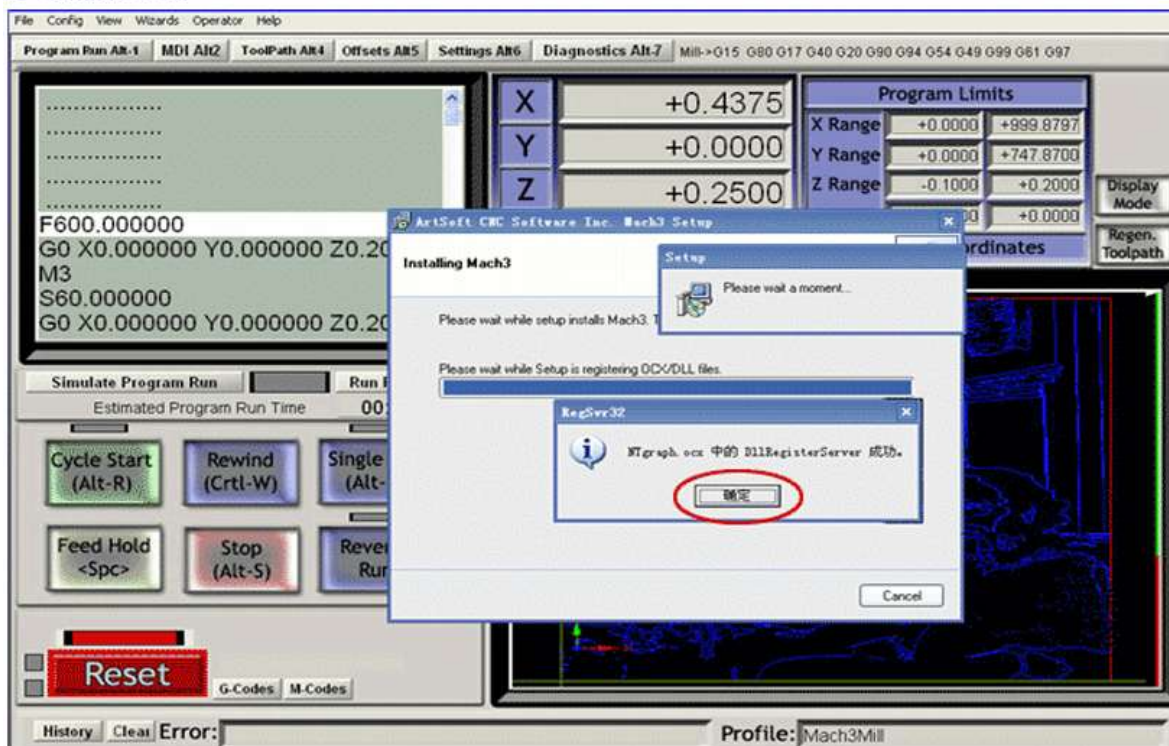
5. Click the "Next"



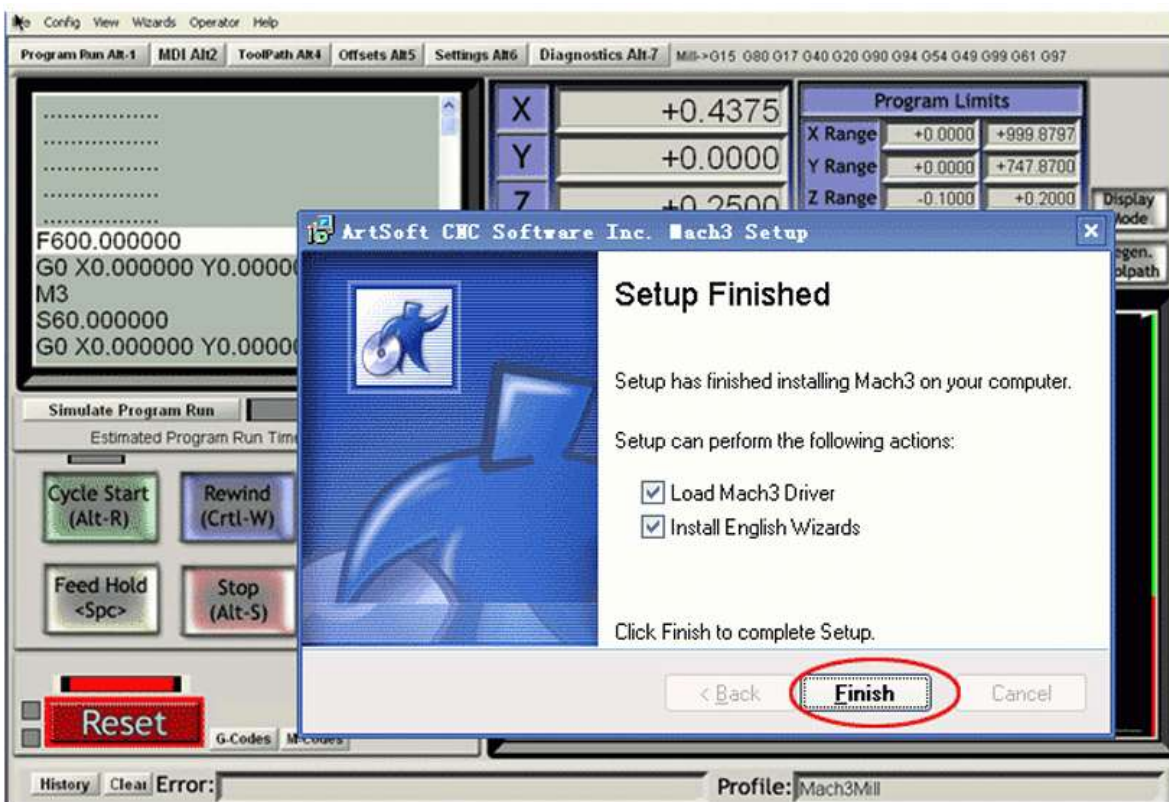
6. Click the "Next"



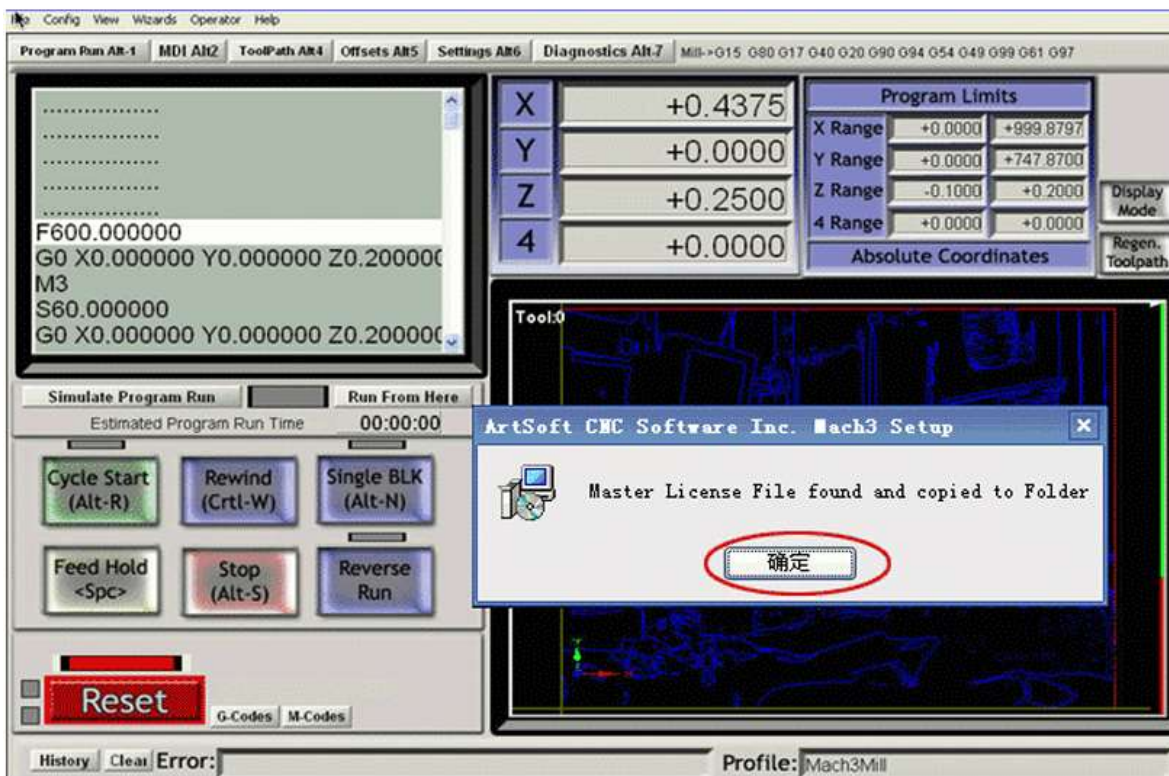
7. Click the "Ok"



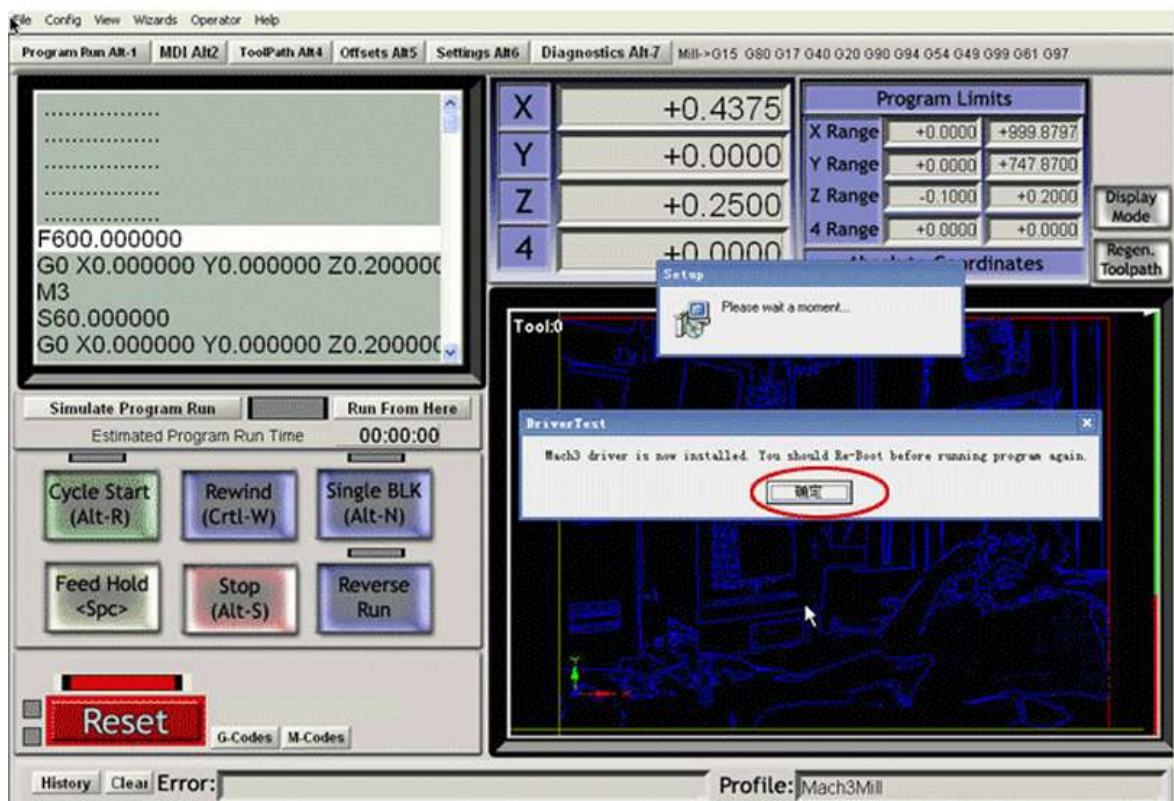
8. Click the "Finish"



9. Click the "Ok"



10. Click the "Ok"



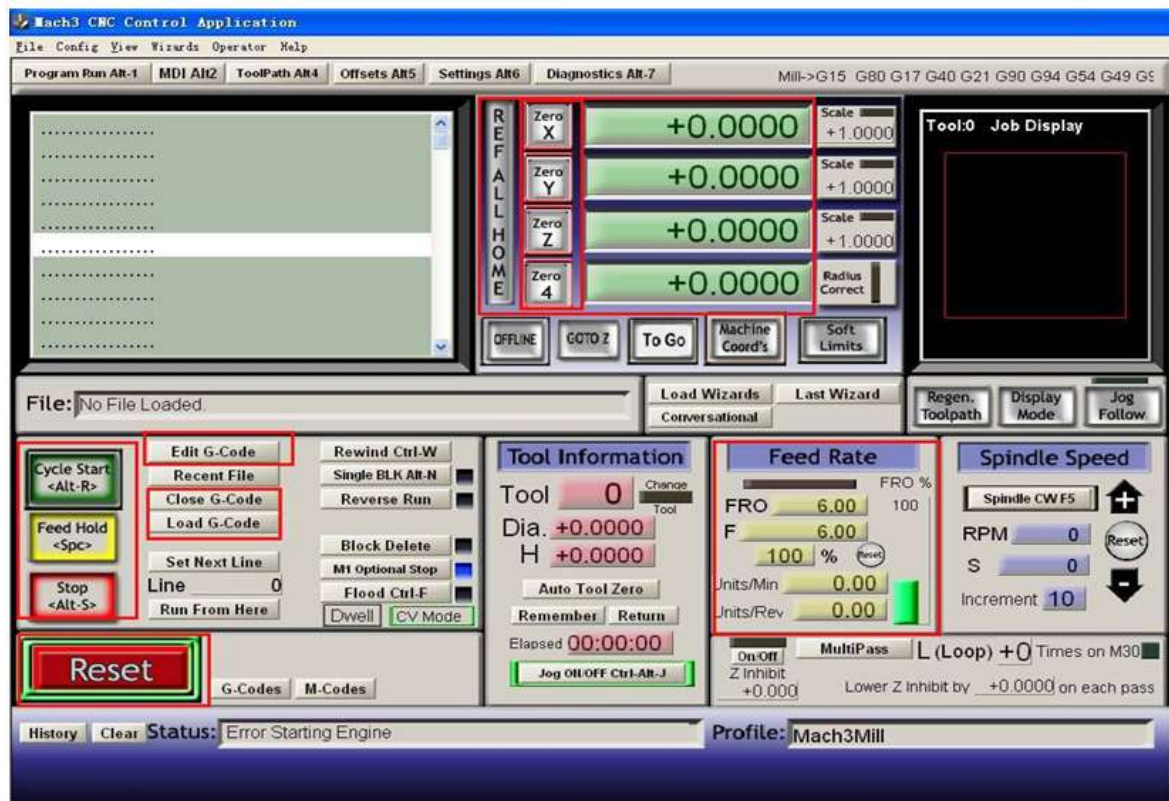
After installing the Mach 3, on the desktop, there will occur 3 icon as follows:



Notice: do not open them, please restart your PC at first (if you open the software not restart PC, it need uninstall fully and reinstall it)

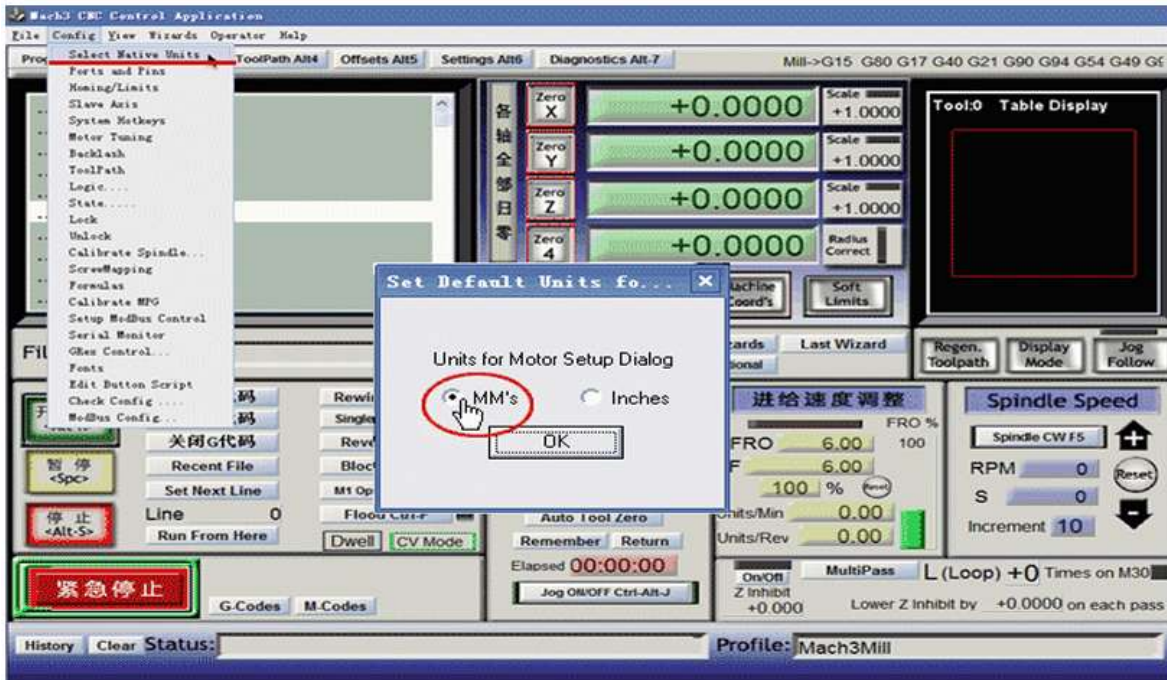
After restarting the PC, please double click the **"MACH 3 MILL"** icon, then you can enter the setup of the software (you can delete the other two icons Mach3 and Mach3Turn)

Open the G code---all the axis should be "0"---then start to engrave, You can choose the "Feed hold" to pause the working when it has something, if something emergency happens, you can use the "Reset" or you can adjust the "Feed rate".

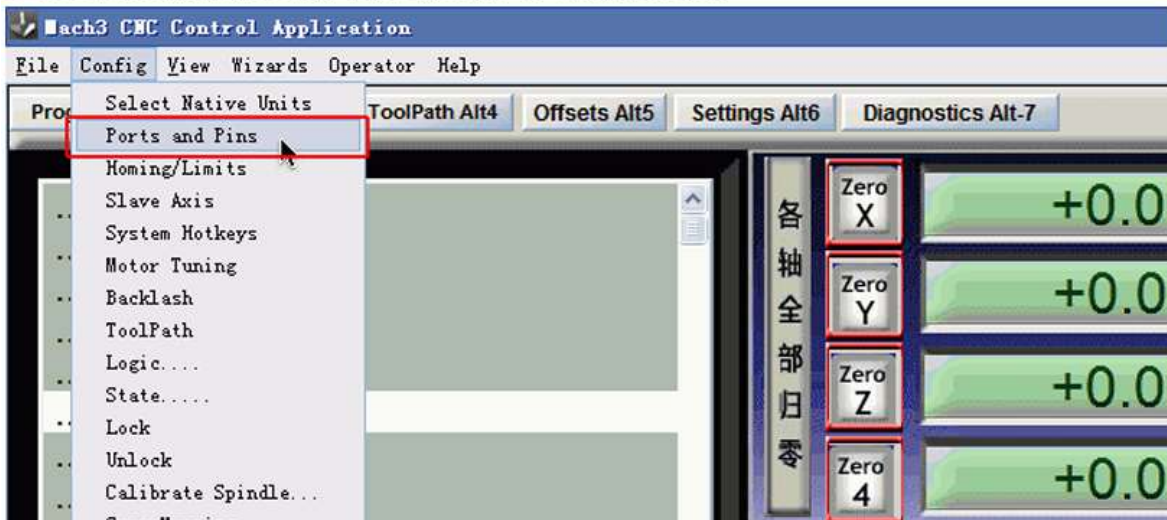


2. How to set the software:

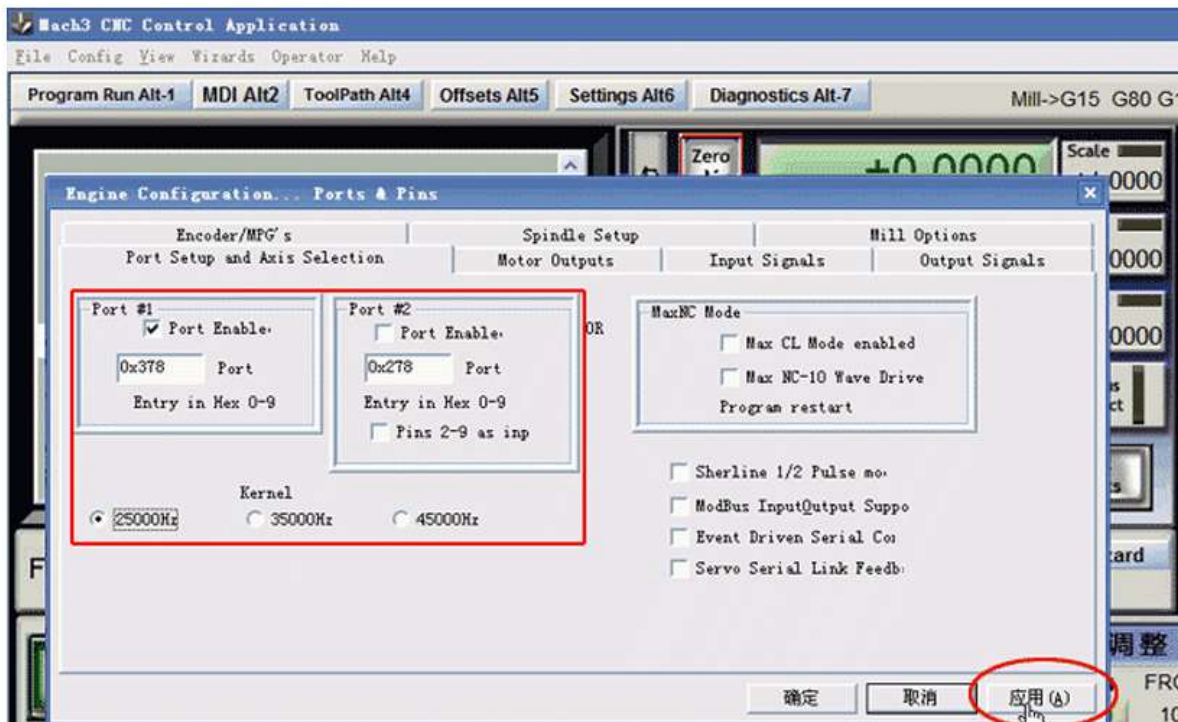
1. After restarting the PC, choose the **MACH 3 MILL** icon on the desktop to start the Mach 3.
2. Open the "Config-- selects Native Units" menu, and then choose the "MM's"



3. See as below, open "Config--Ports and Pins" to enter the setup.



4. To check whether all the data is same as the follows in the big red circle and then choose OK to continue.



The screenshot shows the Mach3 CNC Control Application interface. The 'Engine Configuration... Ports & Pins' dialog box is open, with the 'Spindle Setup' tab selected. The 'Motor Outputs' section is highlighted with a red circle. The 'Z Axis' is selected in the 'Port Setup and Axis Selection' table. The 'Apply' button is circled in red.

Encoder/MPG's			Spindle Setup			Mill Options	
Port Setup and Axis Selection			Motor Outputs			Input Signals	Output Signal:
Signal	Enabled	Step Pin#	Dir Pin#	Dir Low..	Step Lo..	Step Port	Dir Port
X Axis		2	3			1	1
Y Axis		4	5			1	1
Z Axis		6	7			1	1
A Axis		0	0			0	0
Spindle		0	0			0	0

Remark:

A Axis		8	9			1	1
--------	---	---	---	---	---	---	---

(2). "Dir Low Active" This choice is to set up the Direction of the motor, if you find the running direction of the axis is inverse, you can choose the "Dir Low Active" to change the direction and then save the setup. As below picture:



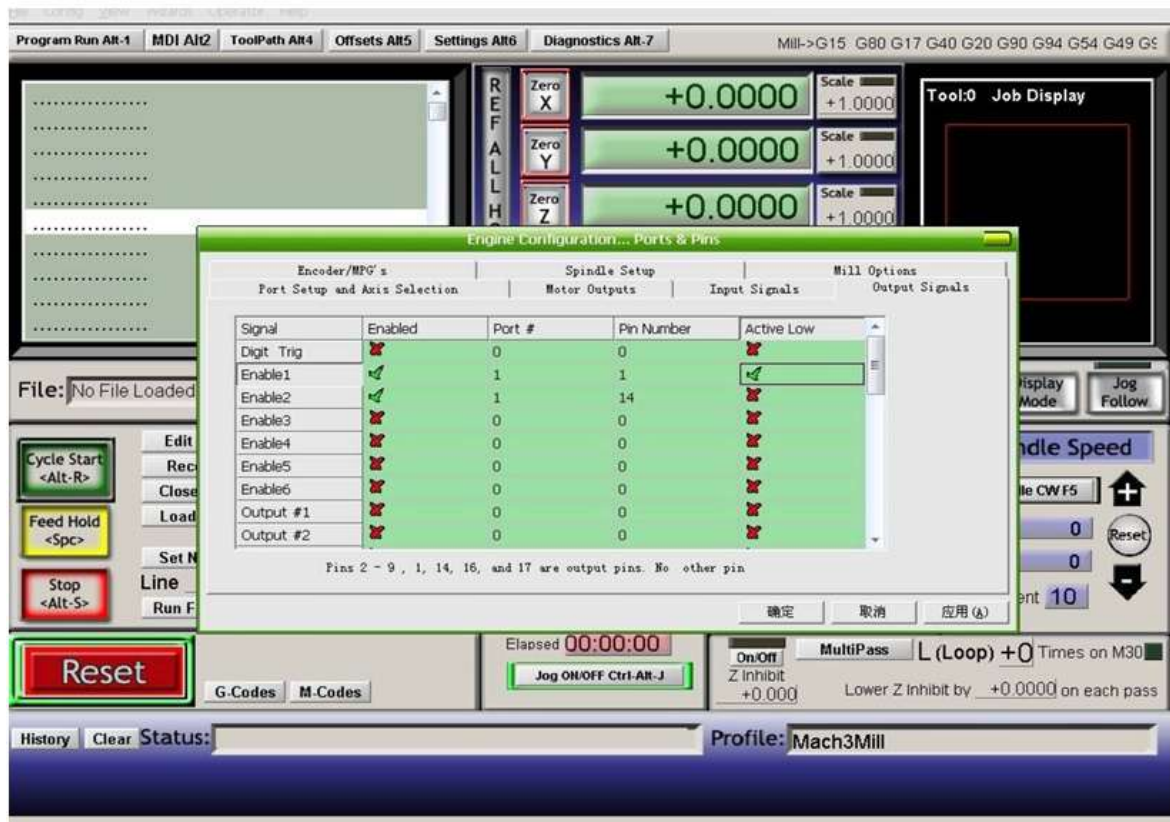
6. The clients who bought the Control box from us, need to setup the E-stop signal, still in "Ports and Pins" menu to click "Input Signals" to find the "Estop", then setup as follow, final apply and then save.([Emergency setting](#))



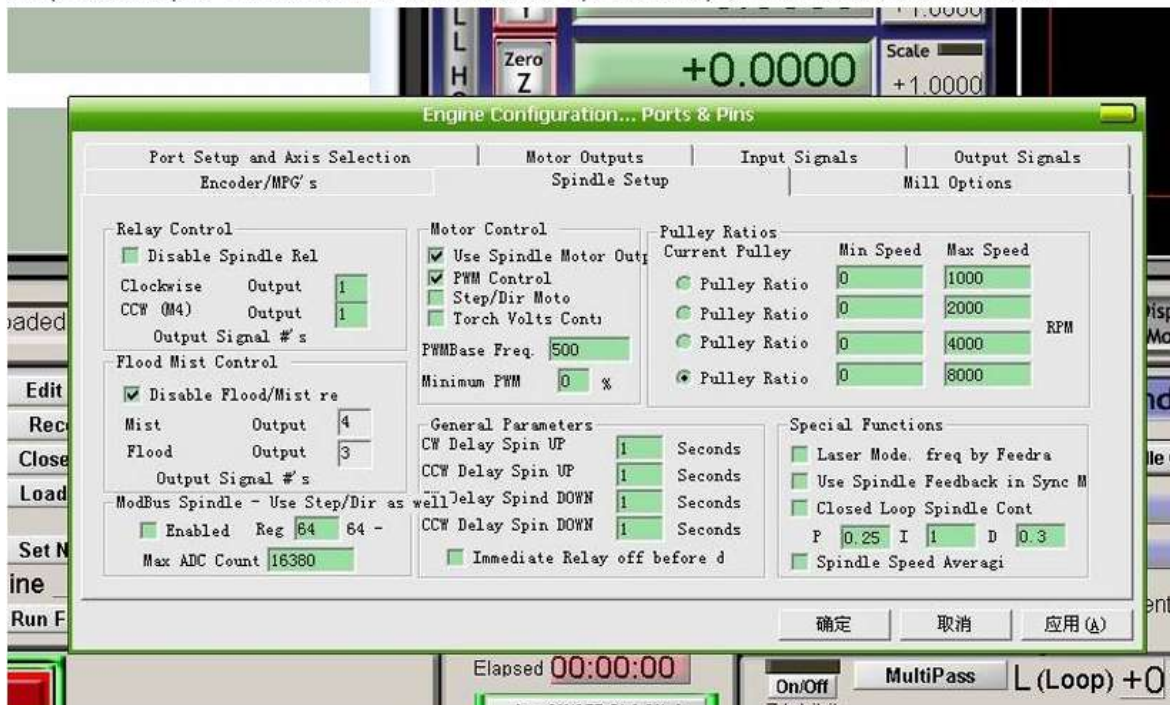
7. Limited Switch setting in "Ports and Pins" menu to click "Input Signals" and set X, Y, Z as below:



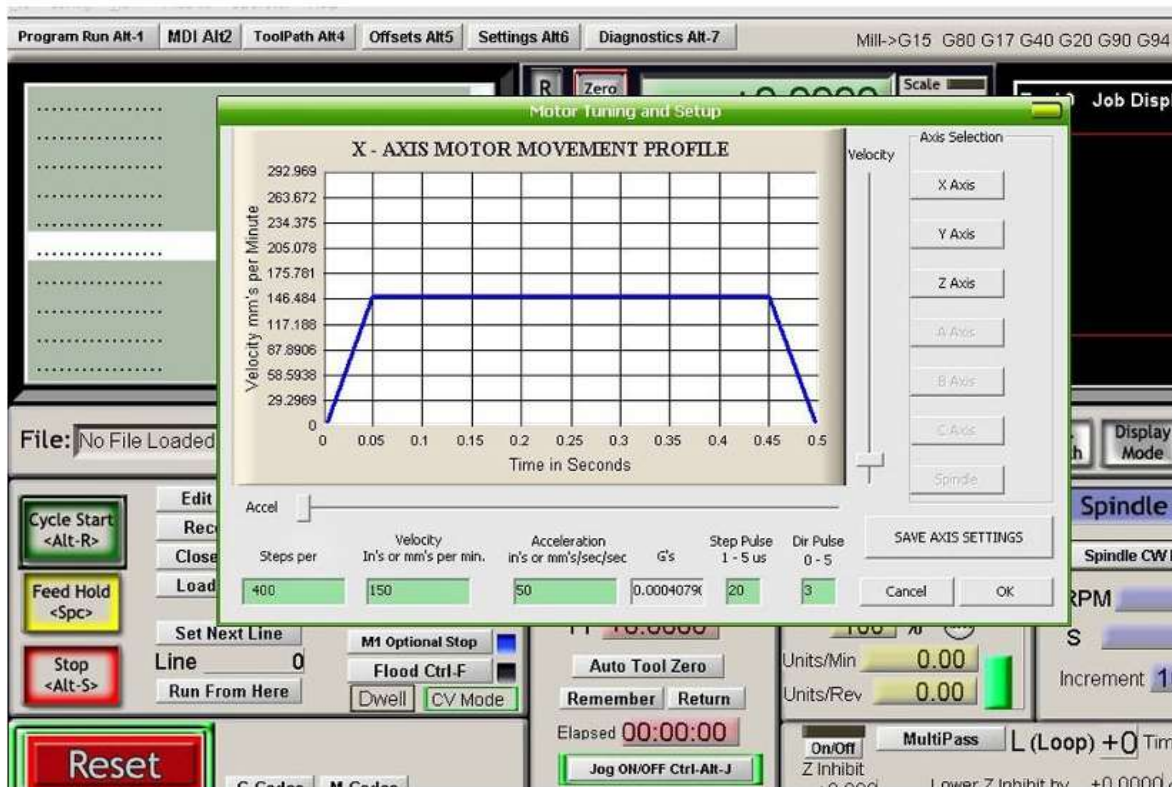
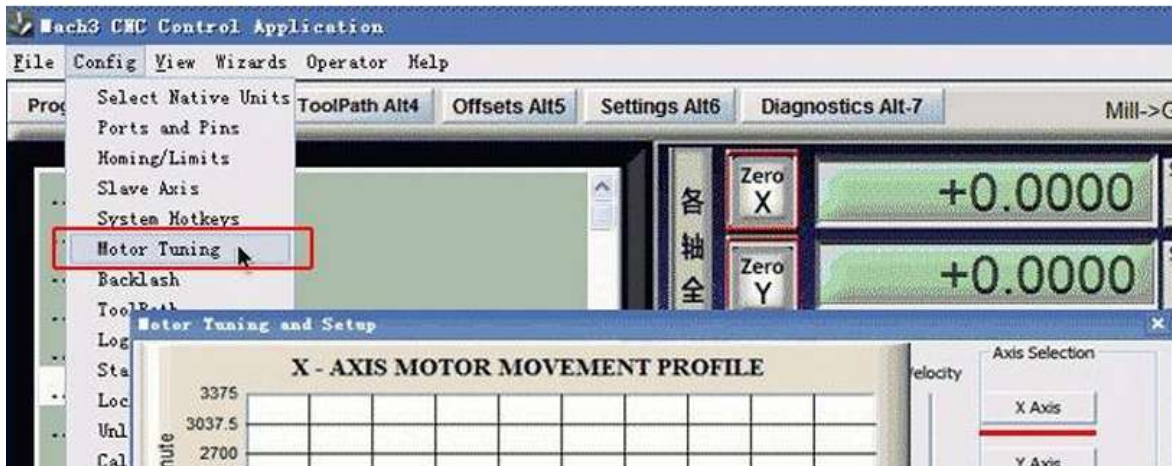
8. Output signals setting in "Ports and Pins" menu to click "Output Signals", set as below, and then save.



9. Spindle setup in "Ports and Pins" menu to click "Spindle Setup", set as below, and then save.



10. The setup of the Stepper motor: Config-- Motor Tuning--- X Axis---setup the X axis as follows---then "SAVE AXIS SETTINGS", then setup the Y axis and Z axis, final click "OK". **X Axis, Y Axis, Z Axis parameters should be the same.**



The setup is over, Please close the Mach software that all data setup can be available. And then open it again to check whether all the data is correct otherwise can't run your machine well.

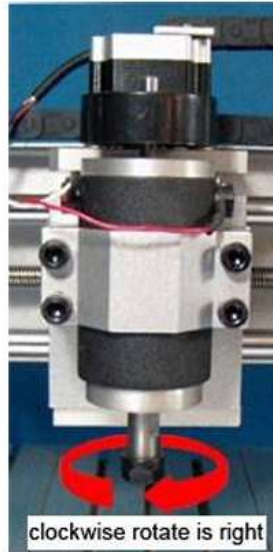


(1) Our machine is made of the aluminum alloy, if you drop it from the top on the floor or hard hit, it will damage the machine. Please put this machine on the stable desk, the thin desk may cause more resonance when it is running.

(2) In the electrical control box, there are the switching power supply, stepper driver board, the spindle speed regulator, please put it in a ventilating condition and around it, there should not have the electromagnetic interference within 10 meters.

(3) Please sort out the power cables and connecting cables, do not put it in a mess, maybe it will obstruct the working of the machine. Please remain some excess of the cable for the gantry and the X axis.

(4) Please try to study yourself and test it, If you have some questions, you can ask us or discuss it on the CNC Forum



Notice:

(1).When the spindle is power-on, the voltage between the two connectors of the spindle is 90VDC, when the spindle is running, please do not touch the cutters and wear the glasses and mask. Please keep the children away from the machine.

(2) Before powering on the spindle, please make sure the spindle speed regulator is in the safe position and then power on the spindle and speed up slowly. When power off the spindle, you can turn off the spindle power supply switch directly and regulate the speed regulator to the safe position. If the speed regulator is in the high-speed position, it will cause the brunt of the fuse and over current, this will do damage to the speed regulating board in the control box.

3.Test by PC

(1)In the power off, use the parallel cable to connect the control box and the PC parallel port.

(2) Start the PC, open the "MACH 3 mill "and the drive power, and make sure the 3 axis are self-locked automatically. Check the Mach 3 interface, the E-stop button is twinkling, if so, click it to stop it (if you click it, and the E-stop button on the interface is still twining, please check the E-stop button on the control box is pressed, if it is pressed, please move it clockwise to make it unpressed,if the driver is power off the E-stop button is twinkling and can't stop).

(3) After stopping twinkling E-stop on MACH 3 interface, you can type the direction key of the PC keyboard, to check whether the X, Y, Z axis can move.

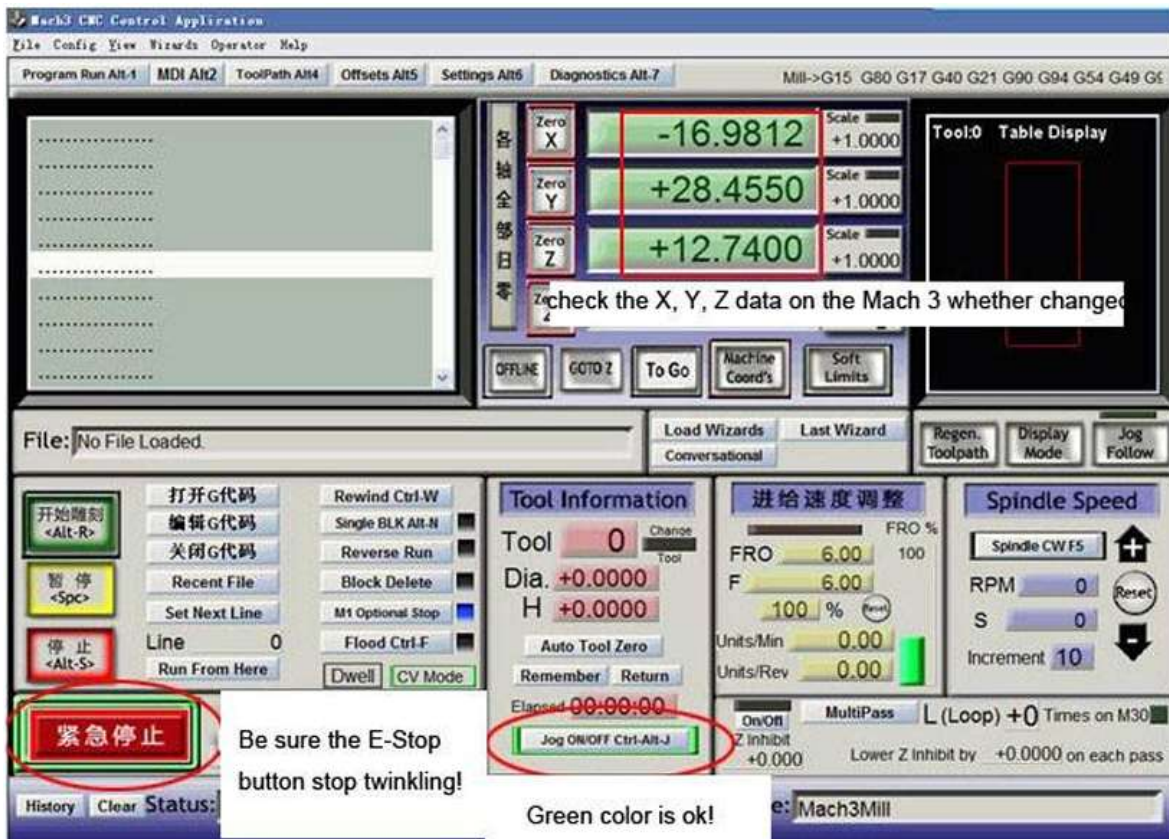
If it cannot move: A-check the X, Y, Z data on the Mach 3 is changed or not when typing the direction key on the keyboard, if the data changes but the X, Y, Z axis do not move, please follow the step as below:

B-check the setup of the pin.

C-check the connection of parallel cable

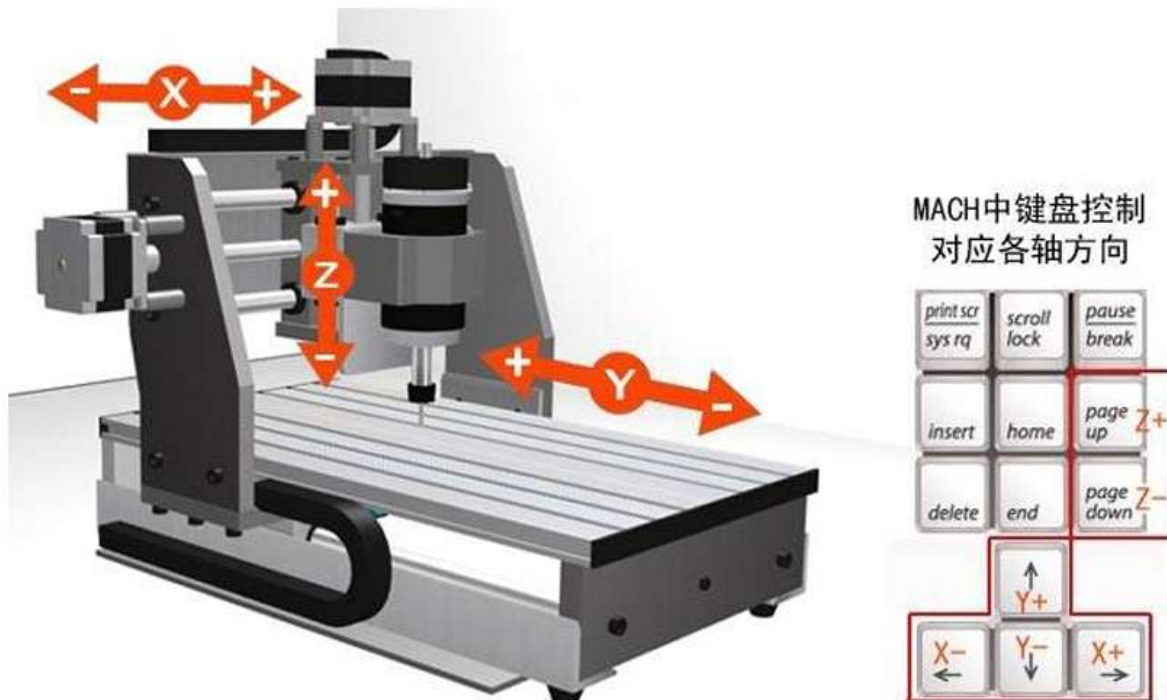
D-check the manual control button "JOG ON/OFF"whether is green. Refer the image below

E-contact us



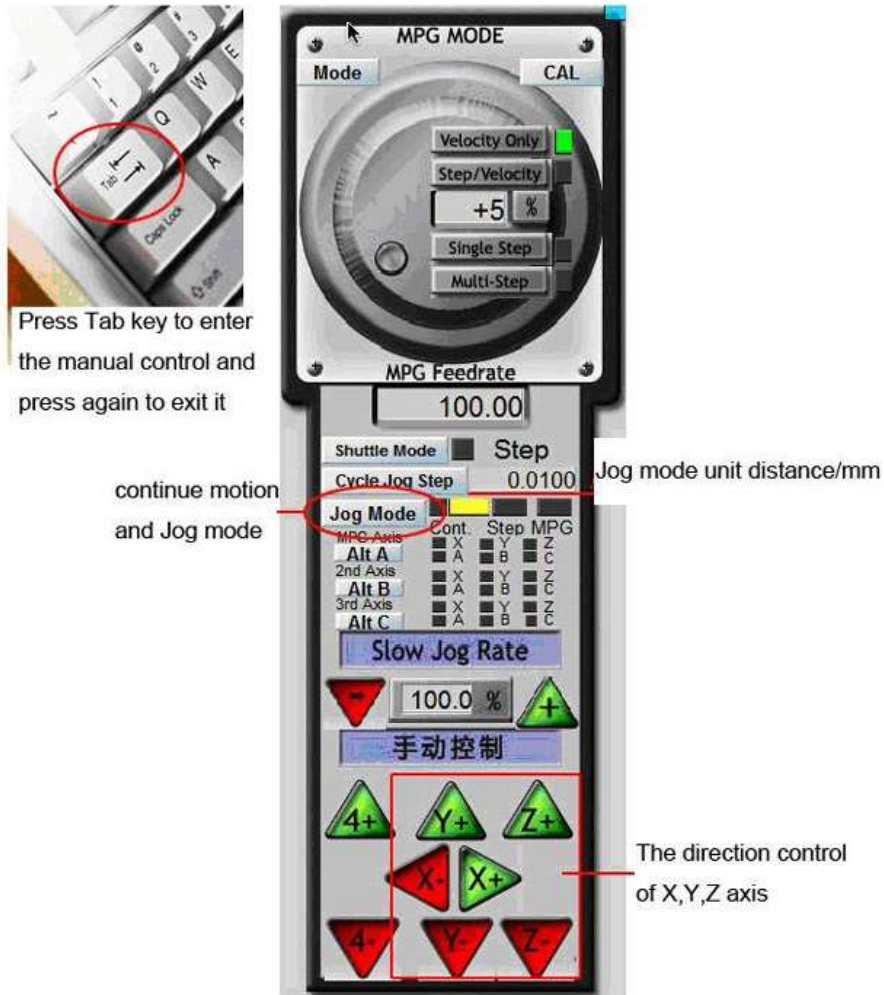
If all the axis can move, please check the direction of the axis coordinate is right (see below).

If you find the axis which move wrong direction please changes the setup as Page10 green letters?



PS: you can use the keyboard to control the direction of the axis, and also you can use the manual control keyboard of Mach 3 by using the mouse to control the movement of the X, Y, Z axis.

Press the "TAB" key on the keyboard then it will pop-up the MACH manual control interface as the figure below.



Now the test of the Mach 3 communication with the machine is over. If it still can not realized the manual control, please do as follows:

- (1)Uninstall the Mach3 and use other versions of the Mach 3 to test(because some parallel port is not compatible with MACH software)
- (2)Check the PC parallel port is fine or change another PC to test it.
- (3)If the machine' X, Y, Z axis can be self-locked, you should think about the compatibility of the PC and the Software.
- (4) You must restart the PC when finish installing of the MACH 3.

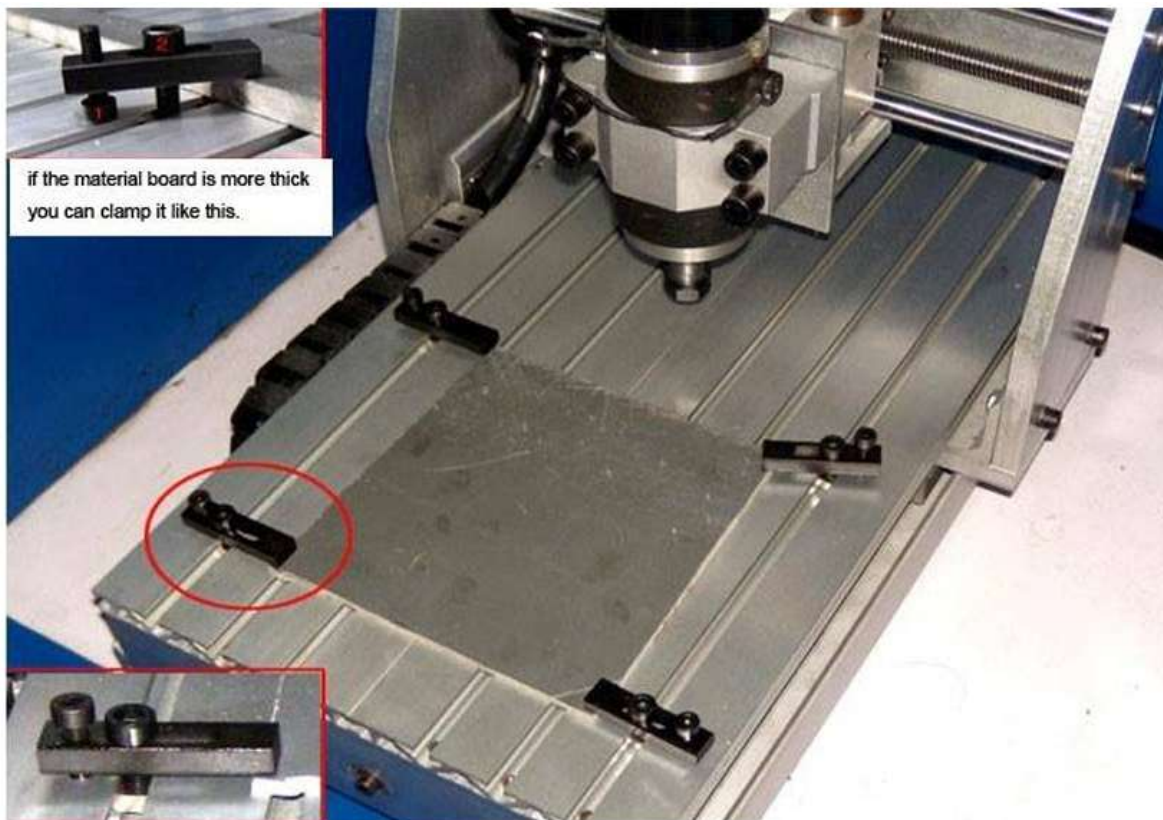
4. Engraving test

We use a Chinese character "雕" to test the machine.



First: Assembly the materials

- (1) Find a soft material about 12CM*12CM, like **PVC, WOOD, PMMA or other plastic material**
- (2) Fix the board on the working table as below, notice the screw and nuts should be tight but do not make the T slotted board out of shape.

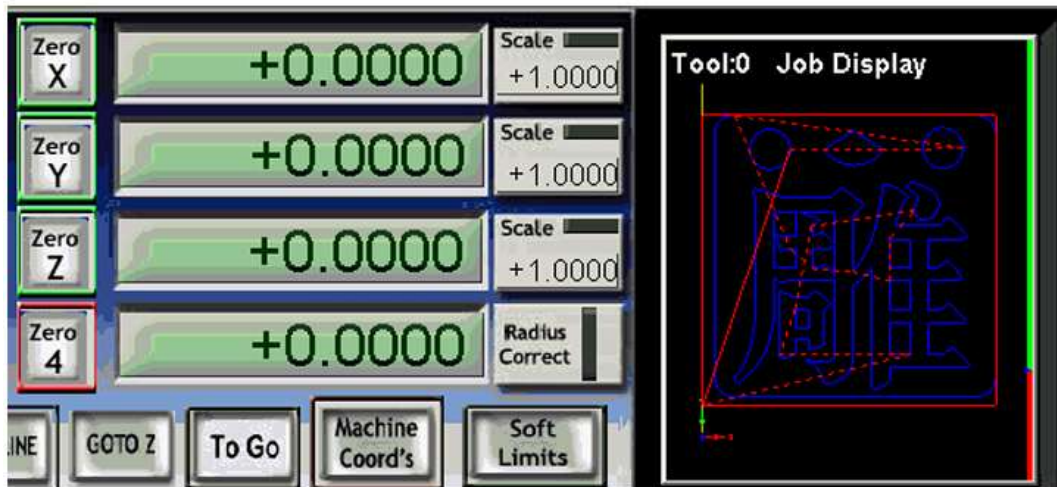


Second: Cutter trace unload running test without the cutter

- (1) Copy the document you want to engrave to the desktop of your PC, and then open the Mach 3 Mill---start the G code and import the document you want to engrave, also you can use the Mach menu---file---load G code to import it.



(2) Import the G code of "雕", then it will display on the PC as below



(3) Power on the control box driver, move the spindle tool bit to the left-bottom of the material board by manual control the three axis, the area in the red circle (the image below) is the safe area. The left bottom red-green WCS arrowhead above is the original point, move the spindle bit (without cutter) to this point.

(4) Put the Z axis a little higher to avoid touching the clamping nuts. Clear all the axis to zero and click the Green (ALT-R) button to start. At the same time, please pay attention to the windows of the software, the moving dashed line is the trace of the machine. If you find the trace is incorrect, please power off the drive and check the unit of the Mach 3 whether is "MM" and axis WCS.

(5) This test engraving dimension is 7*7*CM, 1MM thickness, engrave it twice, each time the depth is

To know the engraving bits in common use

(1) ACRYLIC cutting process, we suggest use one spiral flute bits, its advantage is no smoke no smell, high speed, high efficiency, on-stick powder, thin lay of cutting, smooth surface material board, if the material is thin ACRYLIC like as 2-3mm thickness, two spiral flute bits or straight bits are suitable too

(2) Aluminum board cutting process, we suggest use one spiral flute bits for

aluminium,non-stick, high speed, and high efficiency. If low cutting required or hard aluminum (non-stick bits aluminum), also can choose two spiral flute bits for metal

(3)Small precision 3D engraving in the non-metal material, we suggest use radiuses bottom engraving bits

(4)Large 3D engraving in soft wood,MDF board,native wood,PVC,Acrylic we suggest use one or two spiral flute ball bits

(5)Engraving metal,it need use one or two spiral flute bits for metal,flat bottom engraving bits for steel

(6)Engraving for MDF board,solid wood, composite board, plywood we suggest use straight flute bits or two large flute spiral bits

(7)Engraving for metal mould it need use flute end mills

(8)Engraving for stone it need use diamond router bits

If you have some more questions for router bits please consult professional router bits supplier.

Contact Information

Web: <http://www.chinacnczone.com/> Phone: 86-755-83692414

Mail: sales@chinacnczone.com

Address: Nankeng First Industry Park,Bantian,Longgang District,Shenzhen, China

Anexo 2

Steel0. (2019). *ASTM A590 Alloy steel plate, ASTM A590 sheet, ASTM A590 flat bar,*

ASTM A590 round bar,ASTM A590 suppliers. Steel0.com.

https://steel0.com/ASTM_A590.htm#ASTM%20A590%20Mechanical%20Performance%20Report

Ficha técnica de acero aleado ASTM A590

Composición química % del análisis de cuchara de grado ASTM A590 y Normas			
Categoría	acero		
Clase	Acero aleado		
Designaciones	Estados Unidos : UNS K91890		
Composición			
Elemento	Peso %		
do	0.03		
Minnesota	0.1		
PAG	0.01		
S	0.01		
Si	0.10		
Cr	4.50-5.50		
Ni	11.5-12.5		
Mes	2.75-3.25		
Ti	0.20-0.35		
Alabama	0.40		
Propiedades mecánicas			
Propiedades		Condiciones	
		T (°C)	Tratamiento
Densidad (×1000 kg/m ³)	7.7 – 8.03	25	
Coefficiente de Poisson	0.27-0.30	25	
Módulo elástico (GPa)	190 - 210	25	

Anexo 3

Team, G. (2019, July 10). *Aluminio 6061: Conozca Sus Propiedades y Usos - Gabrian*.

Gabrian. <https://www.gabrian.com/es/aluminio-6061-conozca-sus-propiedades-y-usos/>

Aluminio 6061

T1 en aluminio se refiere a que fue trabajado en caliente, posteriormente enfriado y envejecido naturalmente, pero no trabajado en frío.



Características generales del aluminio 6061

Characteristic ⚡	Appraisal ⚡
Strength	Medium to High
Corrosion Resistance	Good
Weldability & Brazability	Good
Workability	Good
Machinability	Good

Propiedades Térmicas del Aluminio 6061

Aquí podemos ver algunas propiedades térmicas de la aleación, como el coeficiente de expansión térmica y la conductividad térmica. Incluye ambos templados, el T4 y el T6.

search		
Property ↕	6061-T4 ↕	6061-T6 ↕
Coefficient of Thermal Expansion @ 20.0 - 100 °C Temp	23.6 μm/m-°C 13.1 μin/in-°F	23.6 μm/m-°C 13.1 μin/in-°F
Thermal Conductivity	154 W/m-K 1070 BTU-in/hr-ft²-°F	167 W/m-K 1160 BTU-in/hr-ft²-°F

Composición química del aluminio 6061

Element ↕	Minimum % ↕	Maximum % ↕
Magnesium	0.8	1.2
Silicon	0.4	0.8
Iron	No Min	0.7
Copper	0.15	0.4
Manganese	No Min	0.15
Chromium	0.04	0.35
Zinc	No Min	0.25
Titanium	No Min	0.15
Other Elements	No Min	0.05 each 0.15 in total

6061 Aluminum Alloy: Properties

General Characteristics

Characteristic	Appraisal
Strength	Medium to High
Corrosion Resistance	Good
Weldability & Brazability	Good
Workability	Good
Machinability	Good

Chemical Composition

Element	Minimum %	Maximum %
Magnesium	0.8	1.2
Silicon	0.4	0.8
Iron	No Min	0.7
Copper	0.15	0.4
Manganese	No Min	0.15
Chromium	0.04	0.35
Zinc	No Min	0.25
Titanium	No Min	0.15
Other Elements	No Min	0.05 each, 0.15 in total

Physical Properties

Property	6061-T4	6061-T6
Density	2.70 g/cc 0.0975 lb/in ³	2.70 g/cc 0.0975 lb/in ³

Mechanical Properties

Property	6061-T4	6061-T6
Tensile Strength	241 MPa 35000 psi	310 MPa 45000 psi
Yield Strength	145 MPa 21000 psi	276 MPa 40000 psi
Modulus of Elasticity	68.9 GPa 10000 ksi	68.9 GPa 10000 ksi

Thermal Properties

Property	6061-T4	6061-T6
Coefficient of Thermal Expansion @ 20.0 - 100 °C Temp	23.6 µm/m-°C 13.1 µin/in-°F	23.6 µm/m-°C 13.1 µin/in-°F
Thermal Conductivity	154 W/m-K 1070 BTU-in/hr-ft ² -°F	167 W/m-K 1160 BTU-in/hr-ft ² -°F

Anexos 4

Vehículo Chevrolet D-Max



Características de Vehículo Chevrolet D-Max

  REPÚBLICA DEL ECUADOR GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN MEJÍA MATRÍCULA VEHICULAR			
PLACA ACTUAL PCT3970	PLACA ANTERIOR FACTURA	AÑO 2022	
NÚMERO VIN (CHASIS) BLGETFJ3NKH2358600	NÚMERO MOTOR 43J1NE0510	RAMA - CPM 877405624	
MARCA CHEVROLET	MODELO D-MAX CRODI 3.0 CD 4X4 TM DIESEL	CILINDRAJE 2999	AÑO MODELO 2017
CLASE DE VEHÍCULO CAMIONETA	TIPO DE VEHÍCULO DOBLE CABINA	PASAJEROS 5	TONELAJE MARCHA
PAÍS DE ORIGEN ECUADOR	COMBUSTIBLE DIE	CARROCERÍA MET	TIPO DE PESO LIVIANO 1-1.5 T
COLOR 1 BLANCO	COLOR 2 BLANCO	ORTOPÉDICO N	REMARKADO NO
OBSERVACIONES			

Anexo 5

Bulletin No. 2194(2) FORM MEASUREMENT PORTABLE SURFACE ROUGHNESS

TESTER SURFTEST SJ-210 SERIES. (n.d.). https://www.mitutoyo.com/webfoo/wp-content/uploads/Surftest_SJ210.pdf

Rugosímetro Mitutoyo SJ 201P

**PORTABLE SURFACE ROUGHNESS TESTER
SURFTEST SJ-210 SERIES**

This is it! A small, lightweight, and extremely easy to use surface roughness measurement instrument that lets you view surface roughness waveforms right on the color LCD screen.

FORM MEASUREMENT



The image displays the Mitutoyo SurfTest SJ-210 Series portable surface roughness tester. The device is a handheld unit with a color LCD screen. The screen shows a waveform graph and various measurement parameters: ISO1997, λ_c 0.8, 0.5 mm/s, x5, and 5 μ m. The device is connected to a probe. The background is a dark, textured surface.

Bulletin No. 2194(2)

Características del rugosímetro Mitutoyo SJ 201P



Color graphic LCD
Intuitive display that's clear, sharp, and legible.

Large, 2.4-inch LCD
The large LCD provides excellent readability.

Backlight
The backlight improves visibility in dark environments.

Operation keys

- The keys on the front of the unit and under the sliding cover are clearly labeled and easy to use.
- The user-friendly screen layout and arrow keys provide intuitive operability.
- Displayed settings can be changed easily by using the left and right arrow keys.
(Patent pending in Japan.)
- Infrequently used keys are hidden under the sliding cover to prevent unintended operations.

Battery
The battery charges in one quarter the time of previous Mitutoyo products.

High-speed USB communication
Data can be transferred to and from a computer via the high-speed USB interface.

Memory card support
The memory card slot lets you store large amounts of data onto a memory card.

Multilingual support
The display interface supports 16 languages.

Applicable standards
In addition to JIS and ISO, the Surftest SJ-210 also complies with ANSI and VDA standards.

Drive unit
The drive unit can be separated from the display unit by using a cable, allowing more flexible measurement. The driver can be separated and reattached in one simple step.

There are many different kinds of drive units and detectors available.

Meas. Condition

Standard
JIS1902
JIS1904
JIS2001
ISO1997
ANSI
VDA

Set Environ.

Select Language

日本語
English
Deutsch
Français
Italiano
Español

The main unit displays the following roughness parameters:

1.115 μm
1.324 μm
5.268 μm
2.360 μm

Detector / Drive Units

Battery-powered portability scores when making surface roughness measurements on the shop floor.

Capable of performing measurements in any orientation, including vertical and upside-down. Optional accessories, such as a height gage adapter, allow measurements to be performed efficiently in various situations and setups.

*Refer to pages 8 to 11 for details of the optional accessories available.



A wide variation in system setup is possible with the detector + drive unit + display unit combination.

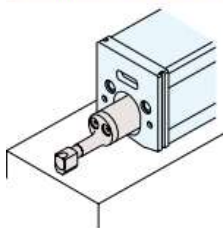
Highly functional detectors and drive units

The driver can be separated from the display unit and reattached in one easy step.



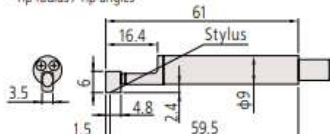
Proceso de ajuste de palpador

Standard detectors

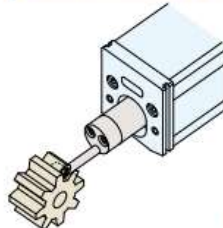


Order No.	Measuring force	Stylus profiles*	Remarks column
178-296	0.75mN	2µmR/60°	Dedicated to the standard/retractable drive unit
178-390	4 mN	5µmR/90°	
178-387	0.75mN	2µmR/60°	Dedicated to the transverse tracing drive unit
178-386	4 mN	5µmR/90°	
178-395	0.75mN	2µmR/90°	Dedicated to the standard/retractable drive unit
178-391	4 mN	10µmR/90°	

*Tip radius / Tip angles

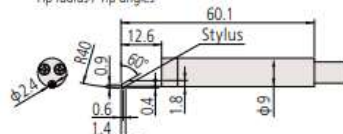


Gear-tooth surface detectors

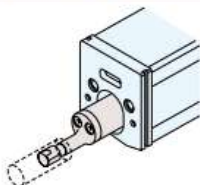


Order No.	Measuring force	Stylus profiles*
178-388	0.75mN	2µmR/60°
178-398	4 mN	5µmR/90°

*Tip radius / Tip angles

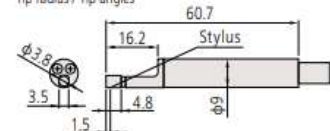


Small hole detectors

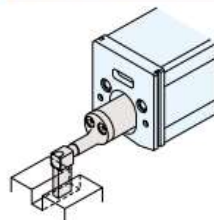


Order No.	Measuring force	Stylus profiles*	Remarks column
178-383	0.75mN	2µmR/60°	Minimum measurable hole diameter 4.6mm
178-392	4 mN	5µmR/90°	

*Tip radius / Tip angles

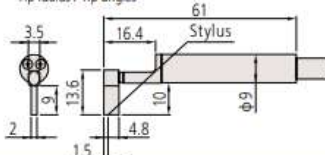


Deep groove detectors

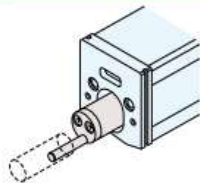


Order No.	Measuring force	Stylus profiles*	Remarks column
178-385	0.75mN	2µmR/60°	Not available for the transverse tracing drive unit
178-394	4 mN	5µmR/90°	

*Tip radius / Tip angles

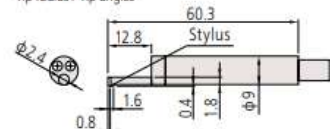


Extra small hole detectors



Order No.	Measuring force	Stylus profiles*	Remarks column
178-384	0.75mN	2µmR/60°	Minimum measurable hole diameter 4.8mm
178-393	4 mN	5µmR/90°	

*Tip radius / Tip angles



Drive units

Order No.	
178-230-2	Standard drive unit
178-233-2	S-Drive unit
178-234-2	S-Drive unit set (includes point-contact adapter)
178-235	R-Drive unit



Especificaciones, del rugosímetro Mitutoyo SJ 201P

Type of detector		Standard drive unit type		Retractable drive unit type	Transverse tracing drive unit type
Model No.		SJ-210 (0.75mN type)	SJ-210 (4mN type)	SJ-210 (4mN type)	SJ-210 (4mN type)
Order No.		inch/mm	178-561-01A	178-561-02A	178-563-02A
Measuring range	X axis		.69" (17.5mm)		
	Z axis		14200 µin (-7900µin~+6300µin) / 360µm (-200µm ~ +160µm)		
Measuring speed	Range		14170µin / .8µin (360µm / 0.02µm), 4000µin / .2µin (100µm / 0.006µm), 1000µin / .08µin (25µm / 0.002µm)		
	Range / Resolution		Measuring: 0.01, 0.02, 0.03 in/s (0.25mm/s, 0.5mm/s, 0.75mm/s) Returning: 1mm/s		
Measuring force / Stylus tip			0.75mN type: 0.75mN / 2µmR 60°, 4mN type: 4mN / 5µmR 90°		
Skid force			Less than 400mN		
Applicable standards			JIS '82 / JIS '94 / JIS '01 / ISO '97 / ANSI / VDA		
Assessed profiles			Primary profile / Roughness profile / DF profile / Roughness profile-Motif		
Evaluation parameters			Ra, Rc, Ry, Rz, Rq, Rt, Rmax, Rp, Rv, Rz3, Rsk, Rku, RPa, Rsm, Rmax, Rz1max, S, HSC, RzJIS, Rppi, RΔa, RΔq, Rlr, Rmr, Rmr(c), R Δ c, Rk, Rpk, Rvk, Mr1, Mr2, A1, A2, Vo, Rpm, tp, Htp, R, Rx, AR, Possible Customize		
Analysis graphs			Bearing area curve / Amplitude distribution curve		
Filters			Gaussian, 2CR75, PC75		
Cut off length	λ c		0.003, 0.01, 0.03, 0.1" (0.08, 0.25, 0.8, 2.5mm)		
	λ s		100, 300µin (2.5, 8µm) or none		
Sampling length			0.003, 0.01, 0.03, .1" (0.08, 0.25, 0.8, 2.5mm)		
Number of Sampling lengths (xn)			x1,x2,x3,x4,x5,x6,x7,x8,x9,x10, Arbitrary 0.01~.63" (.0001" interval) [(0.3~16.0mm: 0.01mm interval)]		x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8, x9, x10, Arbitrary .0118 ~ .22" (.0001" interval) [(0.3 ~ 5.6mm: 0.01mm Interval)]
LCD dimensions			1.45 x 1.93" (36.7x48.9 mm)		
Display languages			Japanese, English, German, French, Italian, Spanish, Portuguese, Korean, Traditional Chinese, Simplified Chinese, Czech, Polish, Hungarian, Turkish, Swedish, Dutch		
Calculation result display			Vertical display: 1 parameter / 3 parameter / trace to measurements Horizontal display: 1 parameter / 4 parameter / trace to measurements (Horizontal display is invertable)		
Printing function ^{*1} (Dedicated printer is required separately.)			Measurement conditions / Calculation results / Calculation results for each sampling length / Assessed profile / Bearing area curve / Amplitude distribution curve / Environment setting information		
External I/O			USB I/F, Digimatic Output, Printer Output, RS-232C I/F, Foot SW I/F		
Functions	Customization		Desired parameters can be selected for calculation and display		
	GO/NG judgment ^{*2}		By max value / 16% / Standard deviation		
	Storage of measurement condition		Save the conditions at power OFF		
	Storage		Internal memory: Measurement condition (10sets), Measured profile (1set) Memory card (Option): 500 measurement conditions, 10000 measured profiles, 500 display images Text file (Measurement conditions / Measured profile / Assessed profile / Bearing area curve / Amplitude distribution curve)		
	Calibration		Saves last inputted nominal value of specimen / Average calibration with multiple measurement (Max.5 times) is available		
Power-saving function			Auto-sleep off function (10-600sec) ^{*3}		
Power supply			Two-way power supply: battery (rechargeable Ni-MH battery) and AC adapter *Charging time: about 4 hours (may vary due to ambient temperature) *Endurance: about 1000 measurements (differs slightly due to use conditions / environment)		
Size (WxDxH)	Display unit		2.05 x 2.6" x 6.3" (52.1x65.8x160mm)		
	Drive unit		4.5 x .9 x 1.02" (115x23x26mm)		
Mass			About 1.1lbs (500g) (Display unit + Drive unit + Standard detector)		
Standard accessories			12BAA303 Connecting cable ^{*4} 178-602 Roughness specimen (Ra 3.00µm) 12BAK699 Carrying case 12BAK700 Calibration stage 12BAK820 Protective sheets for display AC Adapter Operation manual Quick reference manual Warranty		12BAA303 Connecting cable ^{*4} 178-606 Roughness specimen (Ra 1.00µm) 12AAE643 Point-contact adapter 12AAE644 V-type adapter 12BAK699 Carrying case 12BAK700 Calibration stage 12BAK820 Protective sheets for display AC Adapter, Operation manual Quick reference manual, Warranty

Anexo 6

Toma de medidas, proceso fundamental a través de ingeniería inversa, con el calibrador pie de rey.

Medida a detalle, espesor de diámetro interno del elevador de suspensión



Medida a detalle, diámetro externo del elevador suspensión



Medida a detalle, diámetro de la ranura del elevador de suspensión



Medida a detalle, diámetro interno del elevador de suspensión



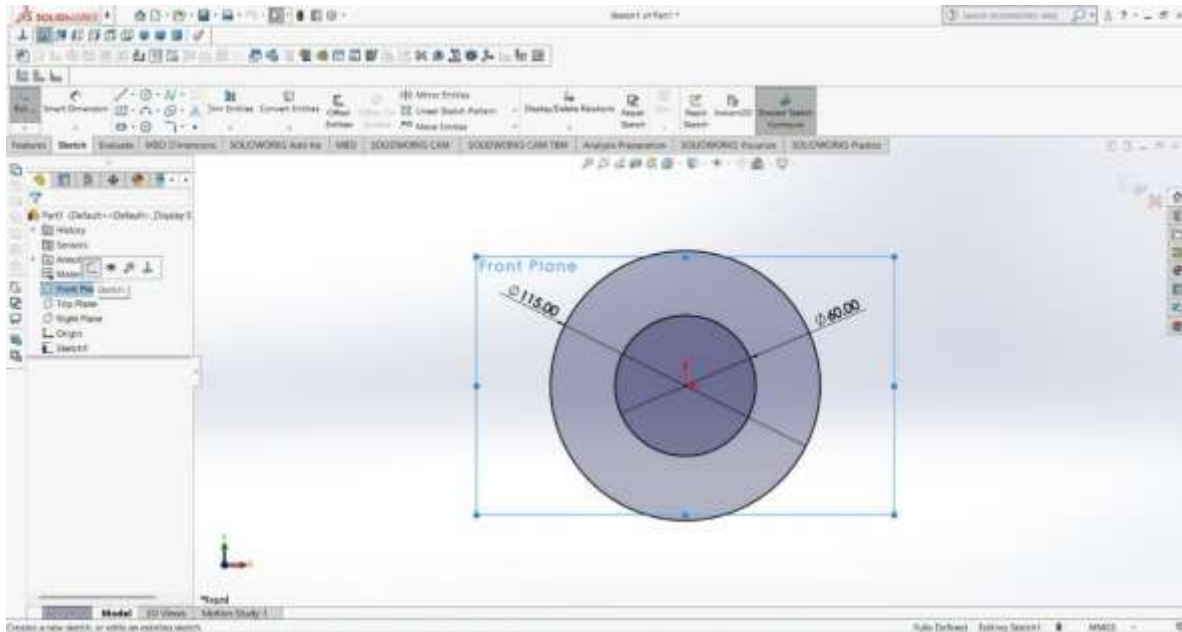
Medida a detalle, profundidad del elevador de suspensión



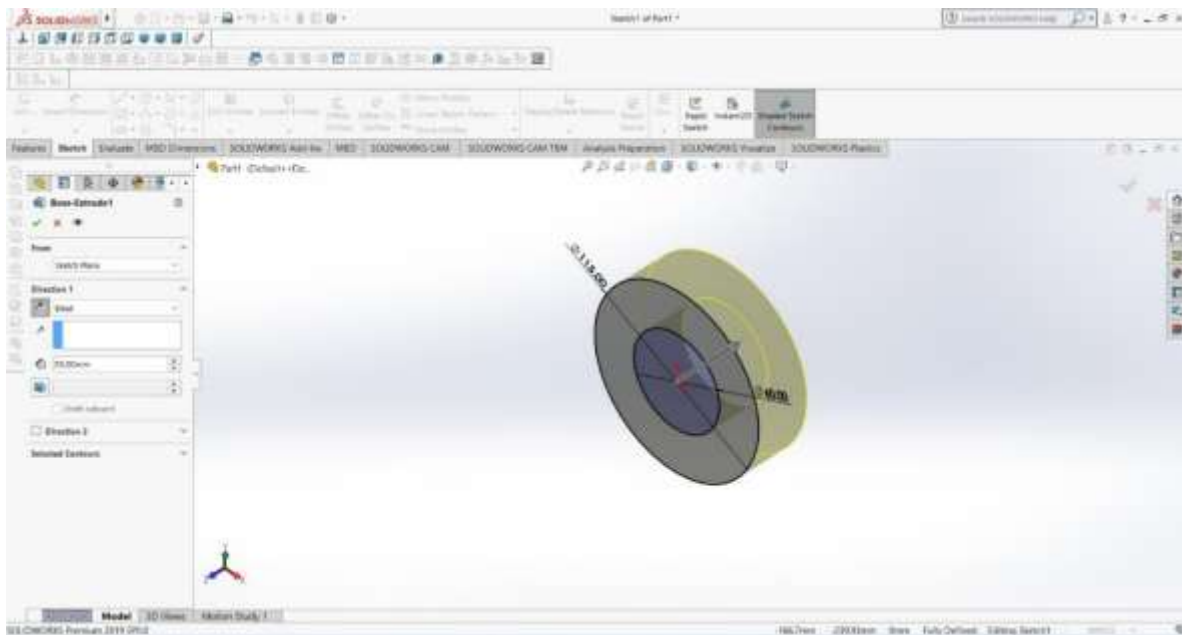
Anexo 7

Finalizada la ingeniería inversa, proceso de diseño y construcción CAD, del elevador de suspensión, en Solidworks

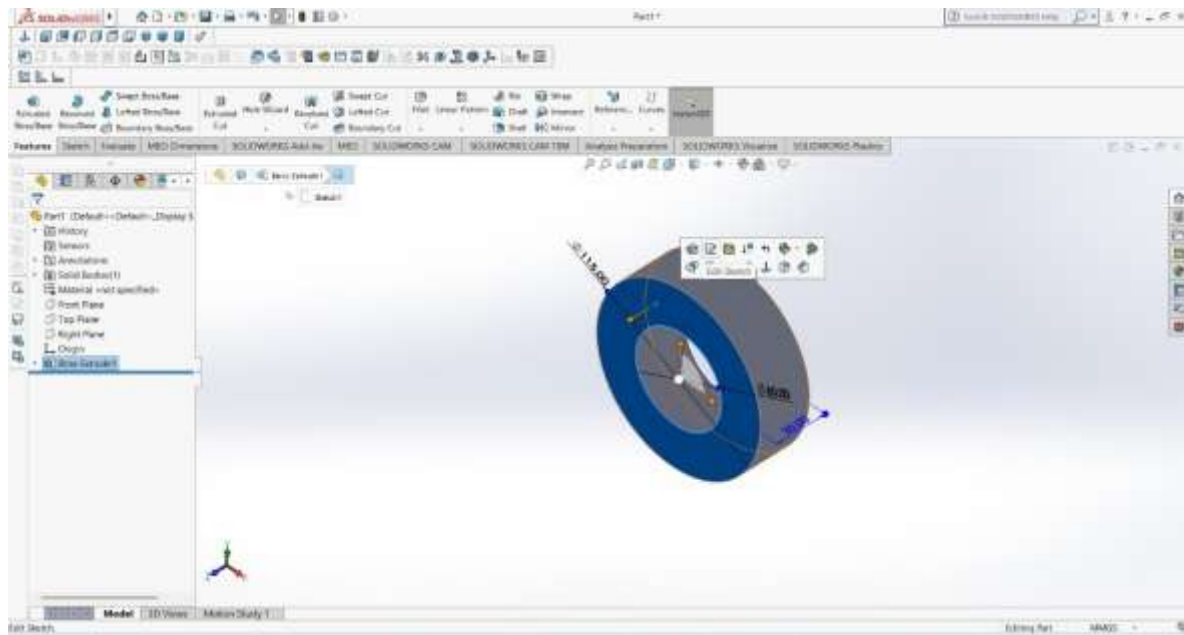
Diseño CAD, en 2D de diámetro interno y externo del elevador suspensión



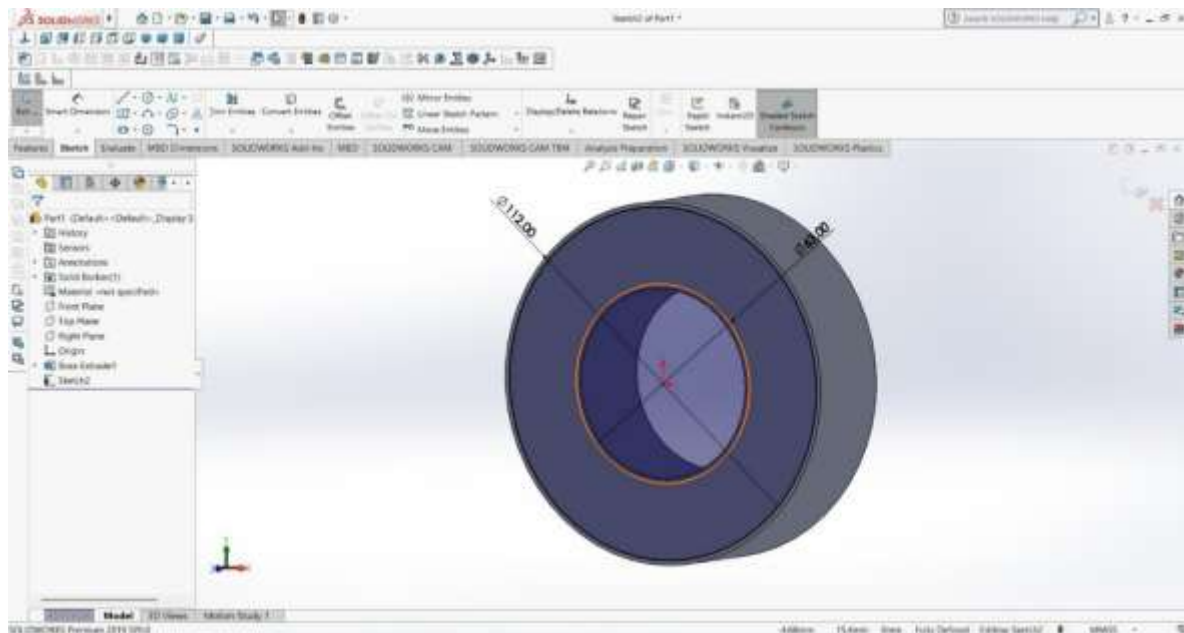
Diseño CAD, proceso de Extrude 1 del elevador de suspensión



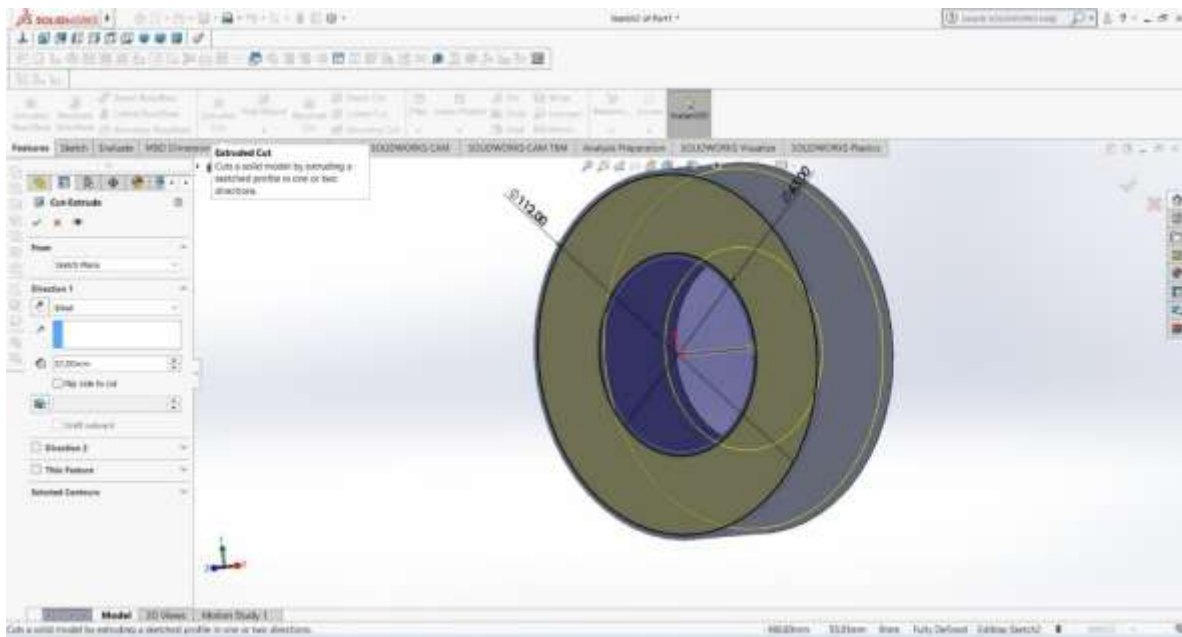
Diseño CAD, Extrude 1, terminado del elevador de suspensión



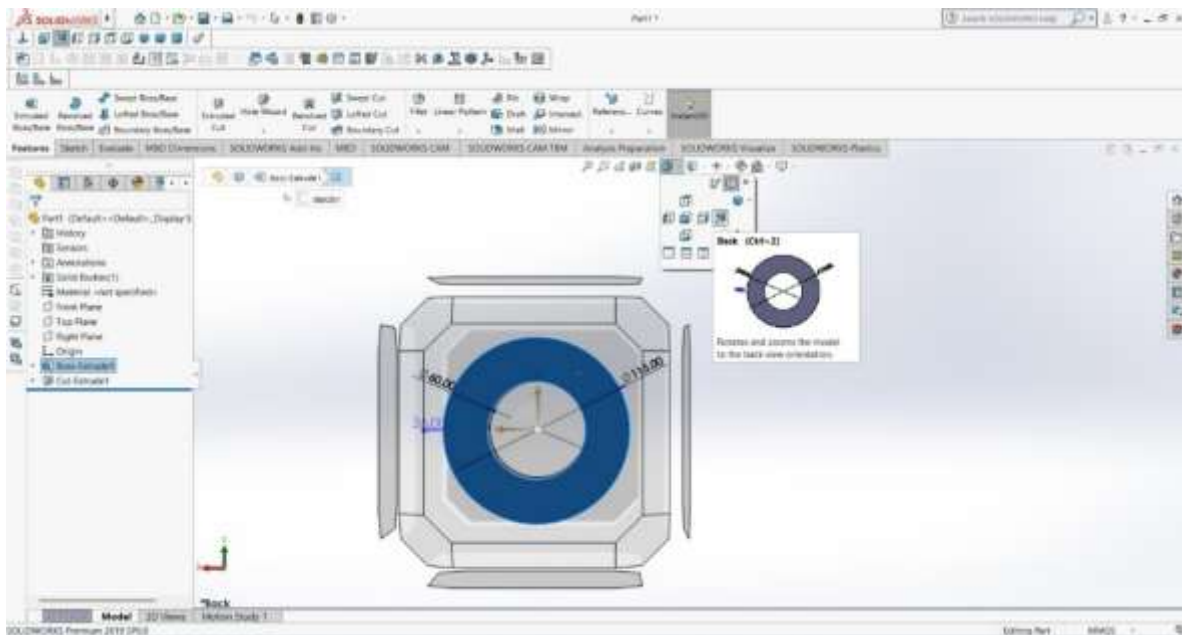
Diseño CAD, base exterior para el proceso de corte del elevador de suspensión



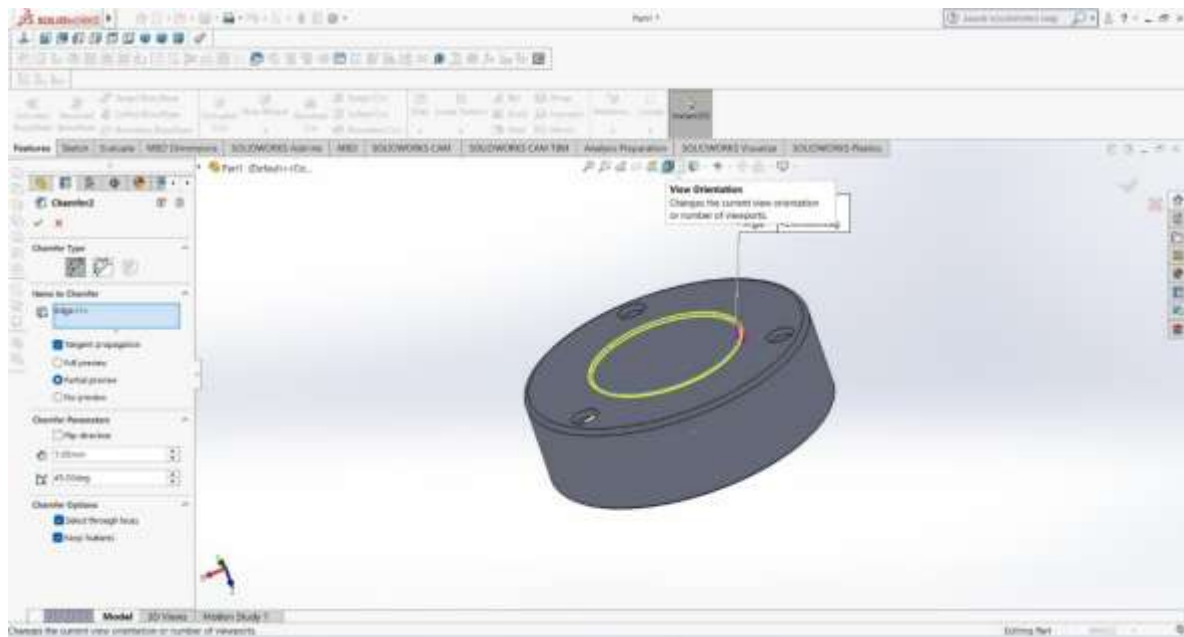
Diseño CAD, Extrude de corte del elevador de suspensión



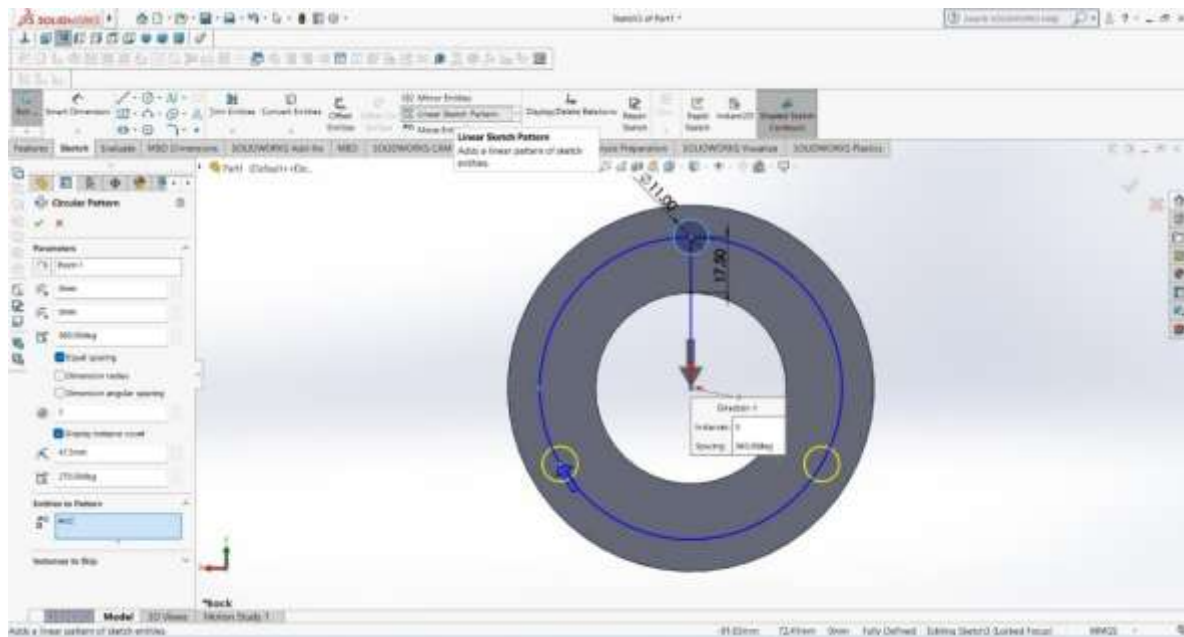
Diseño CAD, vista frontal, verificación de cotas del elevador de suspensión



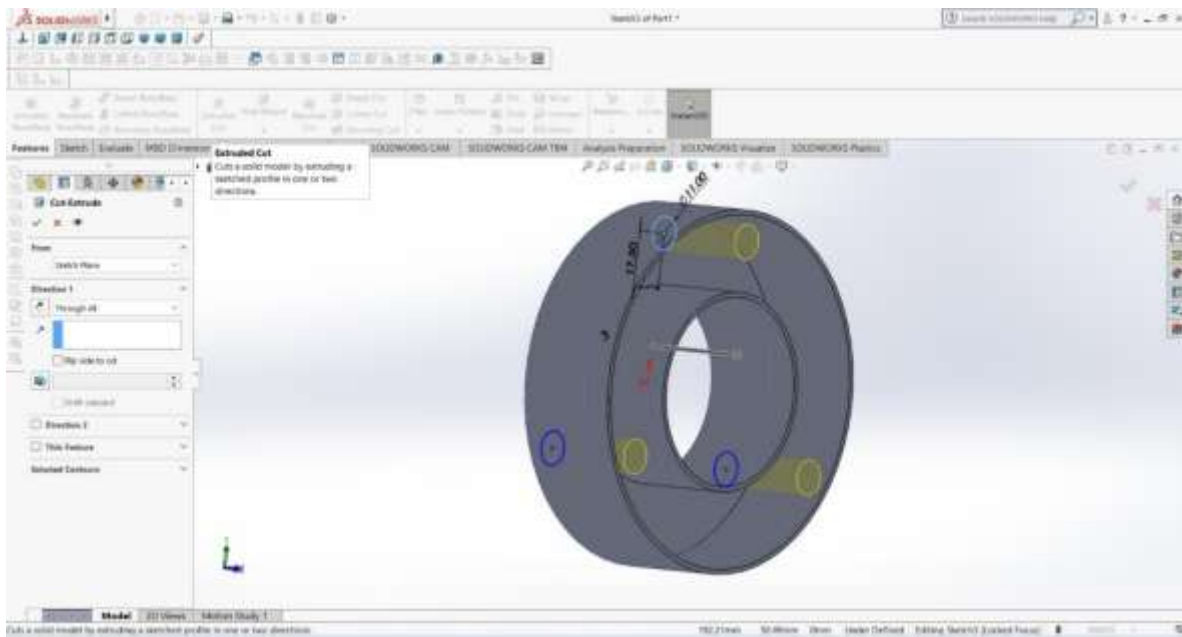
Diseño CAD, chaflan de diámetro interno, vista posterior



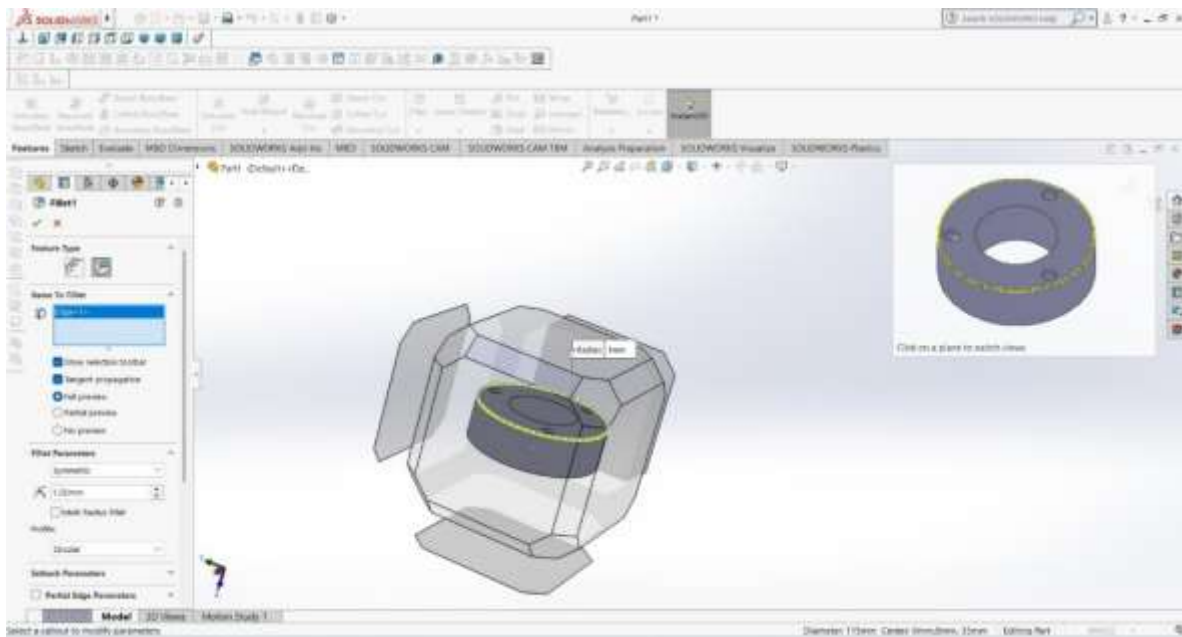
Diseño CAD, vista posterior de la matriz circular del elevador de suspensión



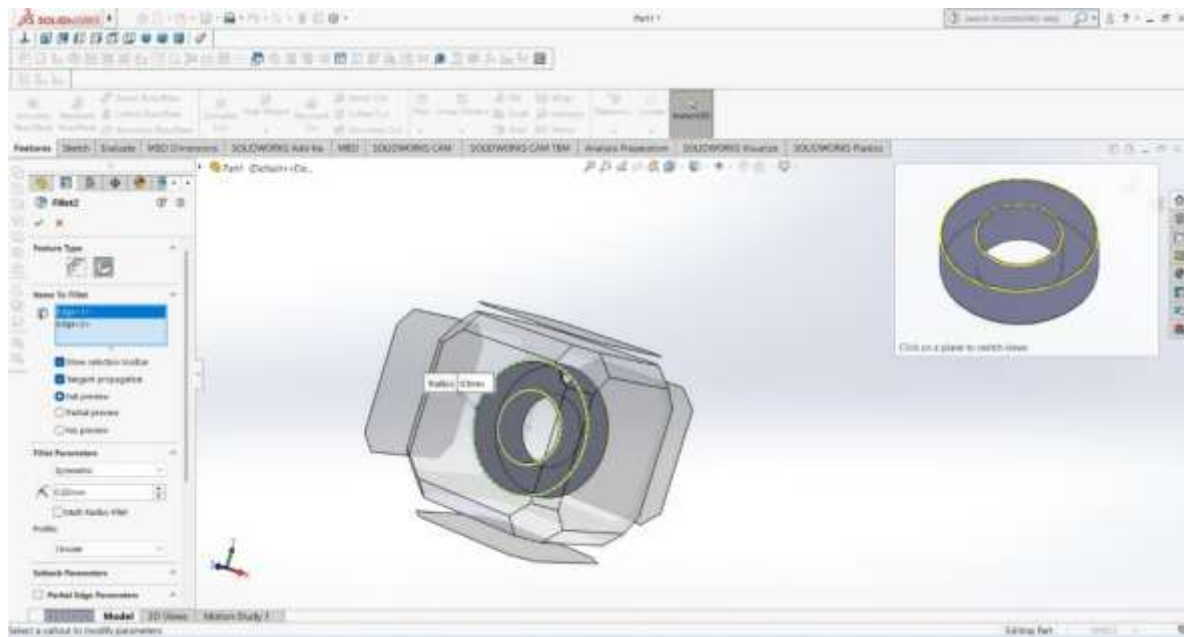
Diseño CAD, extrude de corte de la matriz circular



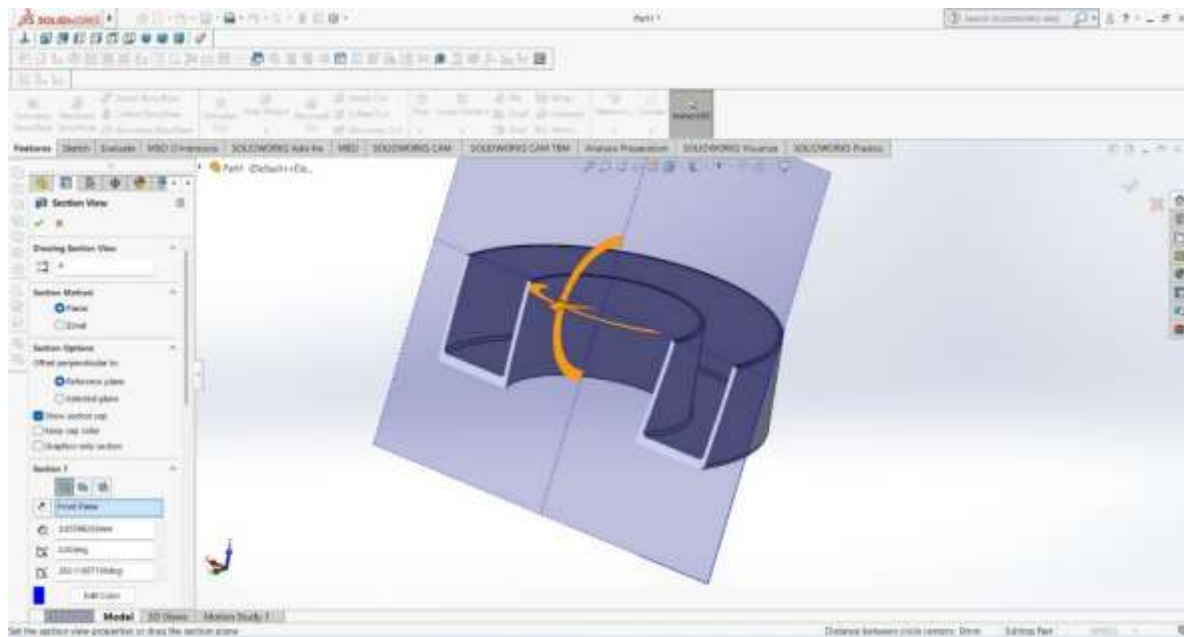
Diseño CAD, redondeo de diámetro exterior del elevador de suspensión



Diseño CAD, redondeo de diámetro interno y externo de la vista frontal



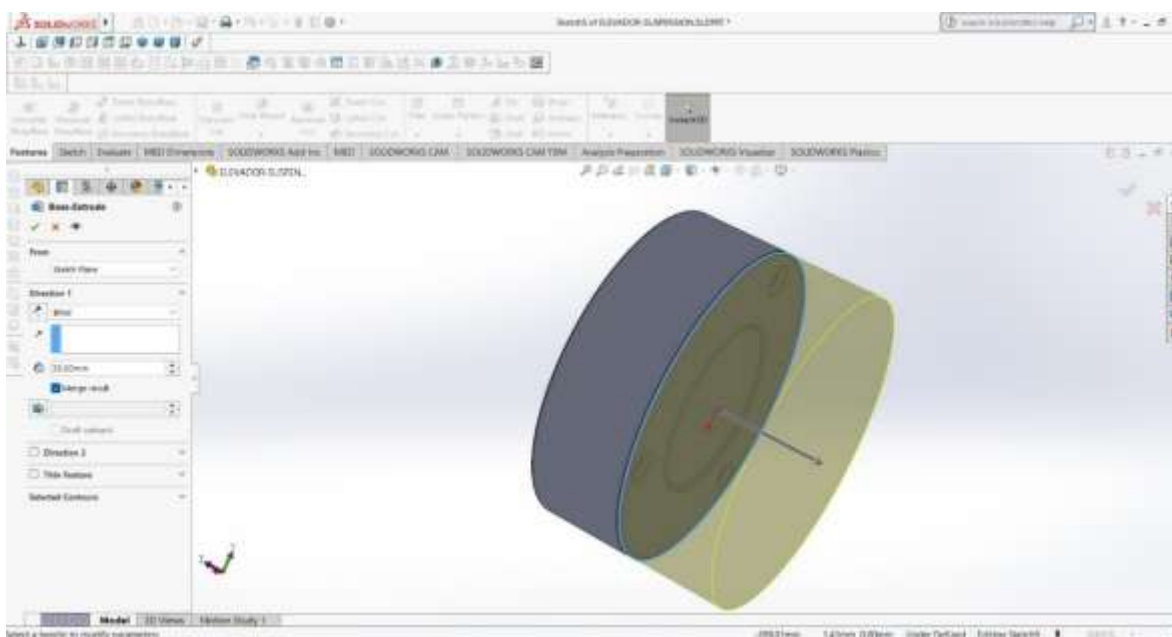
Diseño CAD, vista de sección transversal del elevador de suspensión



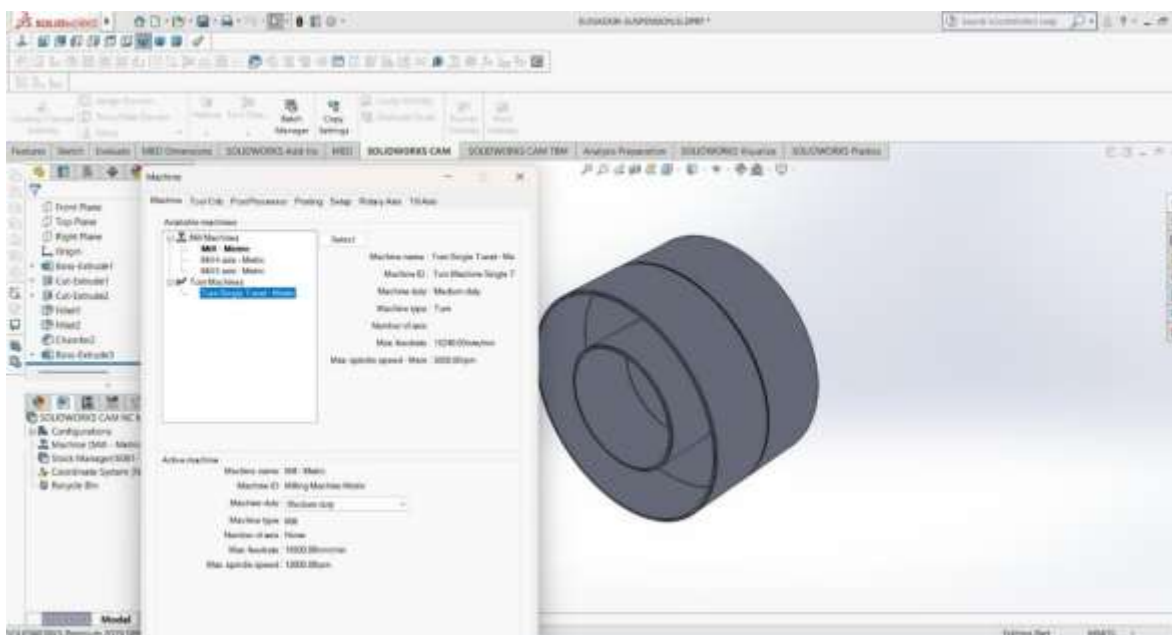
Anexo 8

Proceso, simulación de desgaste en SolidWorks CAM del elevador de suspensión

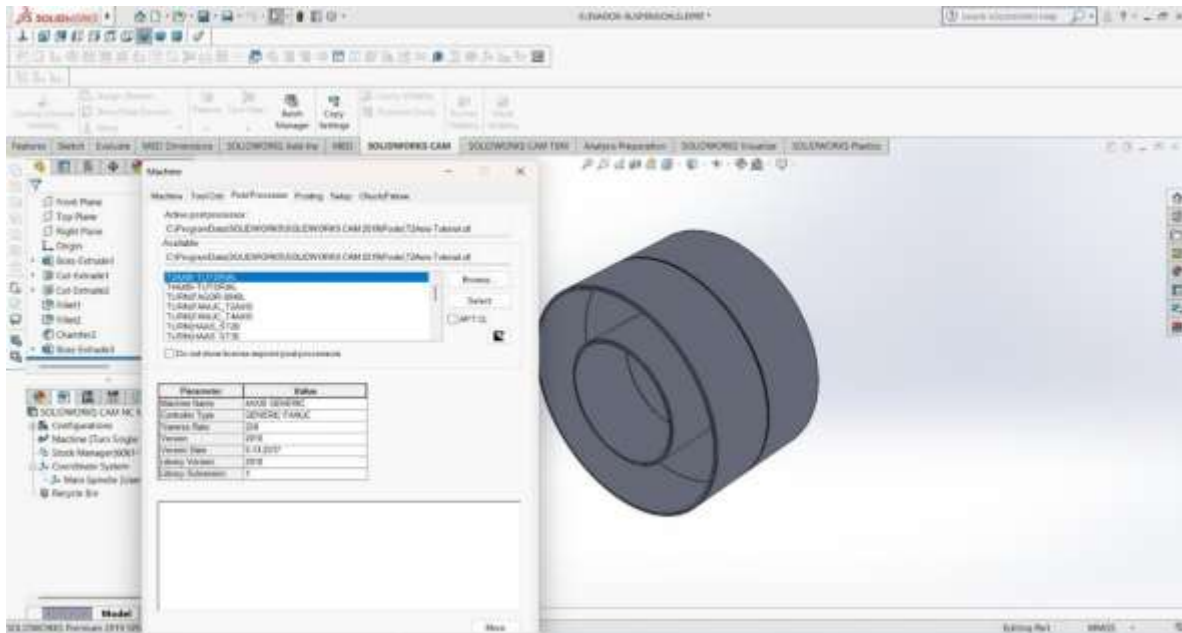
Adición de material al elevador de suspensión para la sujeción de la maquina CNC y mecanice sin problemas.



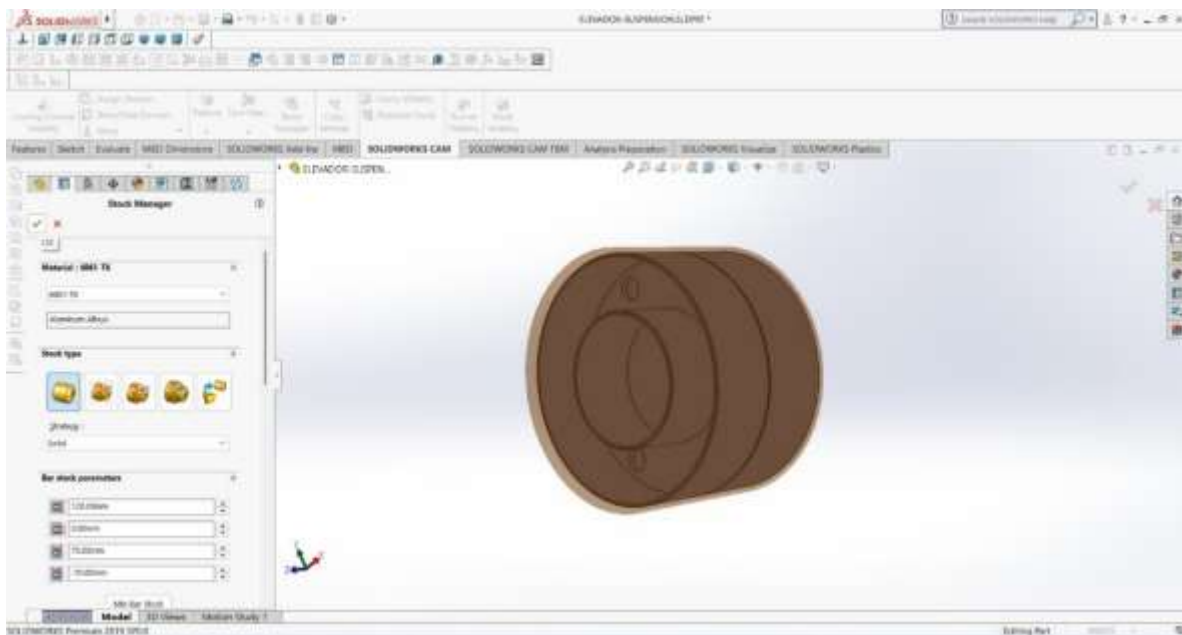
Selección de torno CNC y el sistema métrico



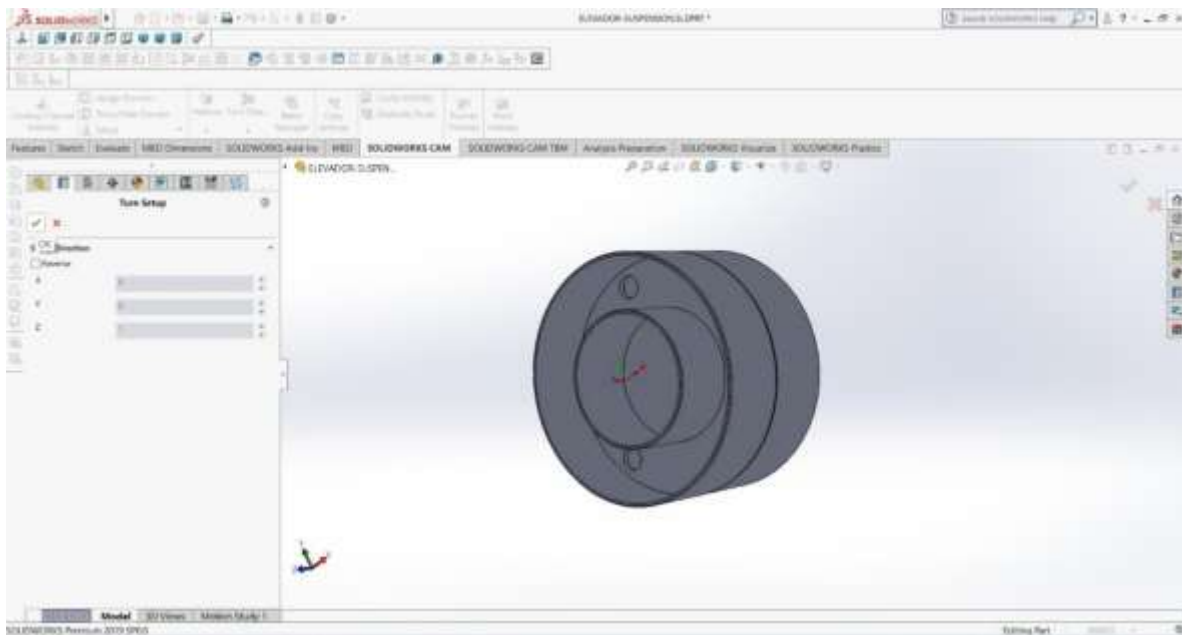
Configuración, post procesado en dos ejes X, Z



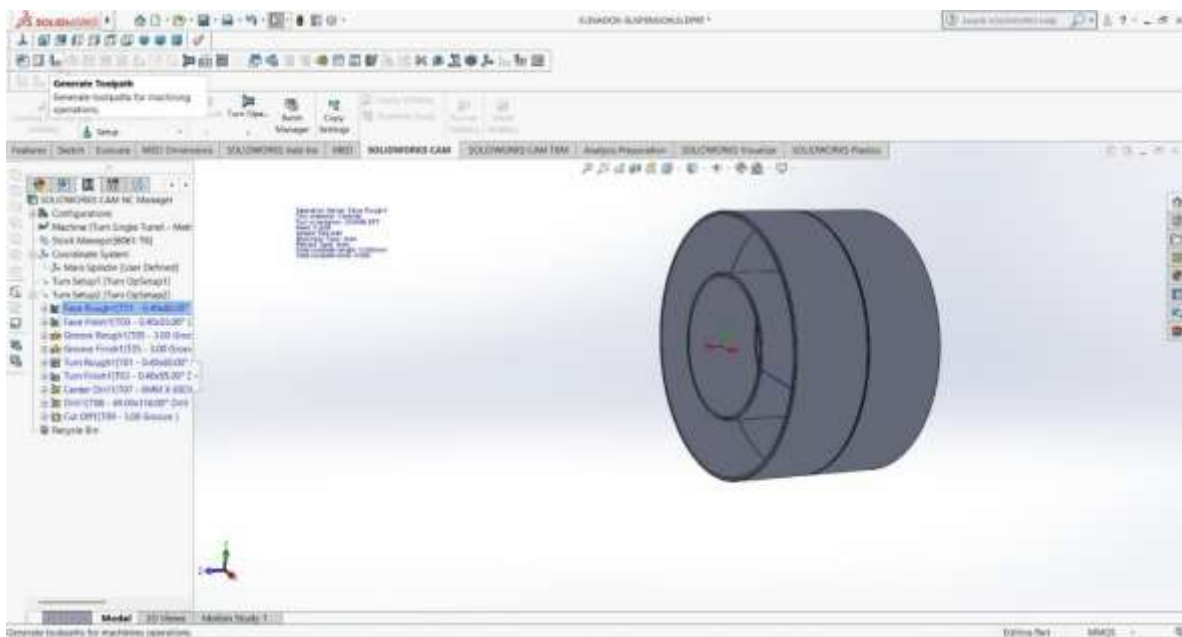
Selección, material aleación de Aluminio 6061 - T6



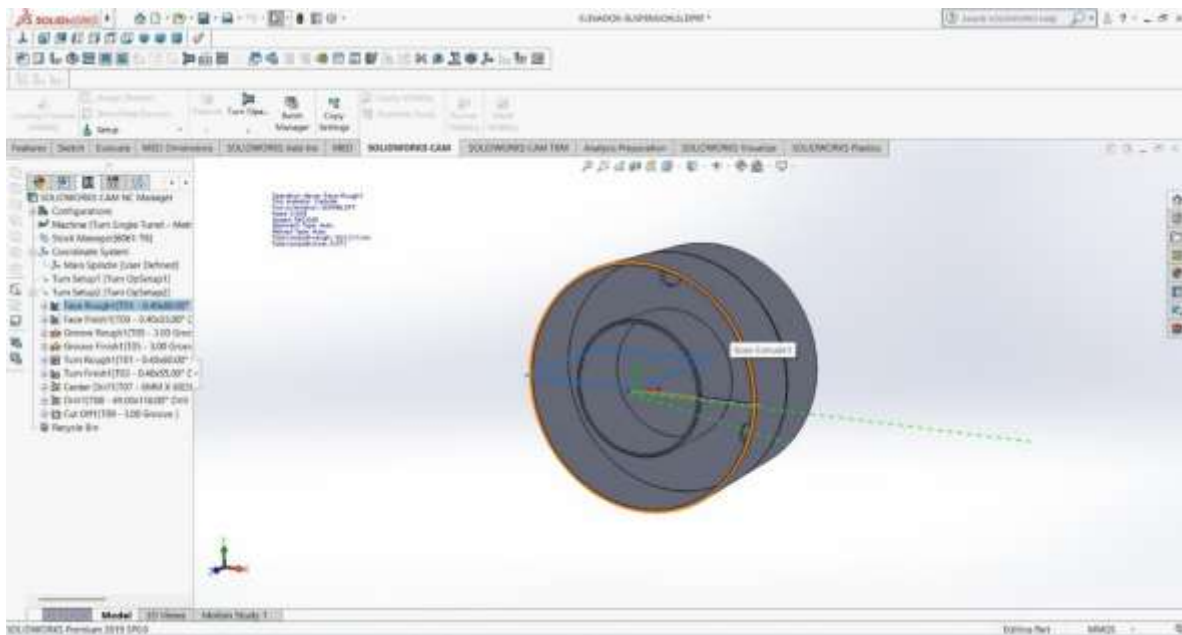
Configuración de las coordenadas geométricas Z, X. eje longitudinal, eje transversal



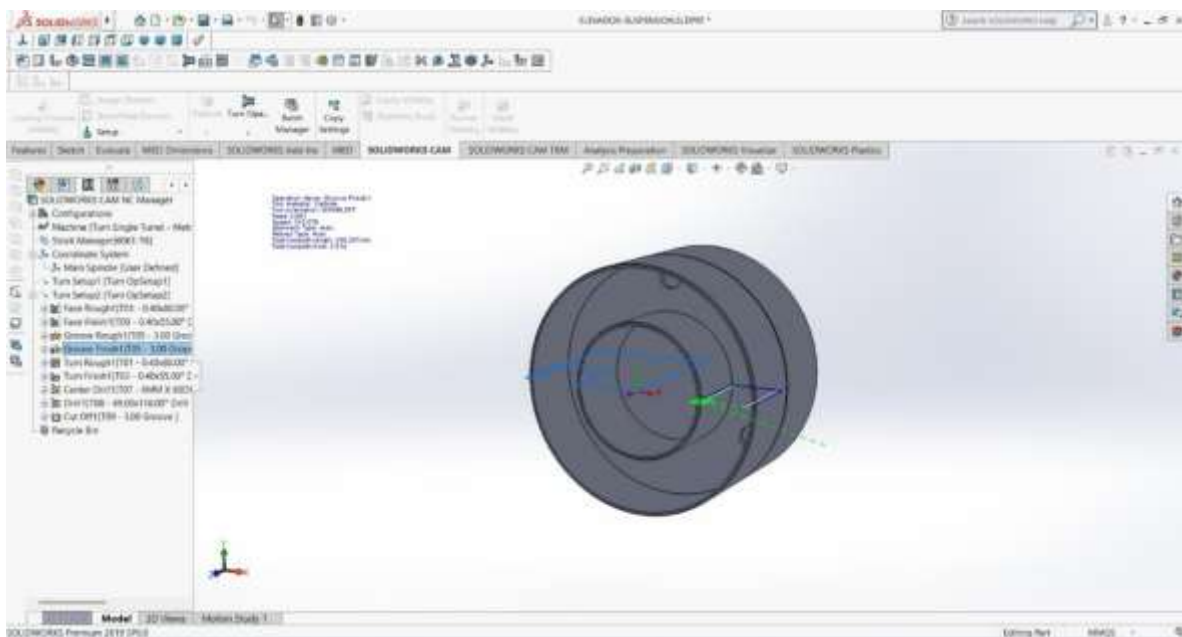
Generación de la trayectoria de herramienta para las operaciones de la maquina CNC



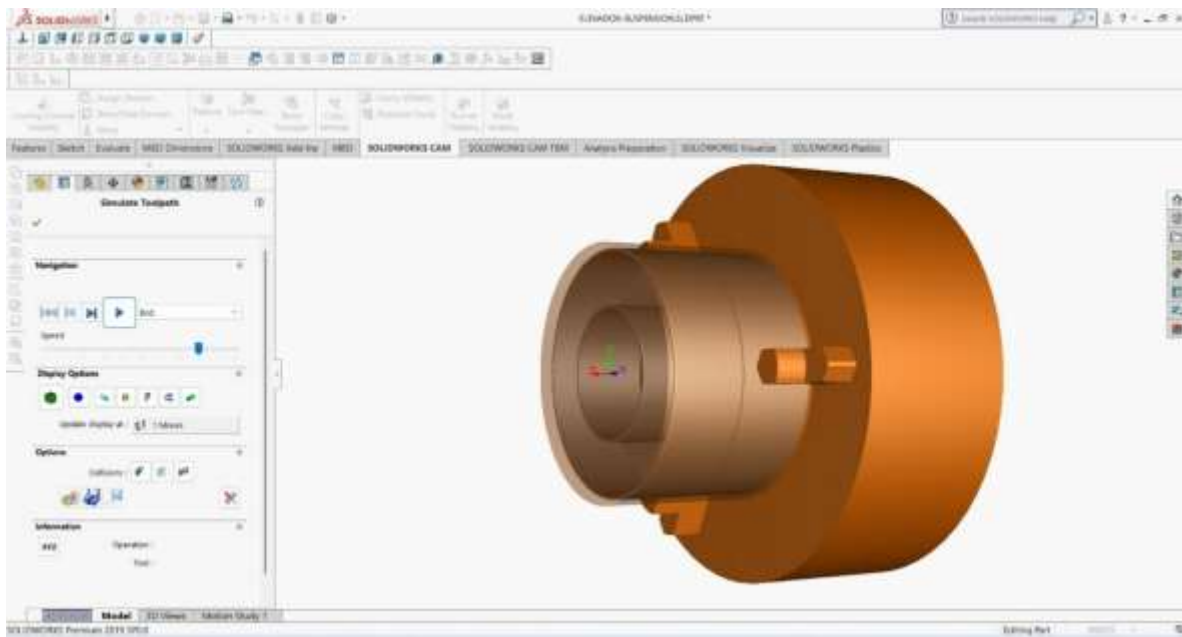
Generación, trayectoria del diámetro interno del elevador de suspensión



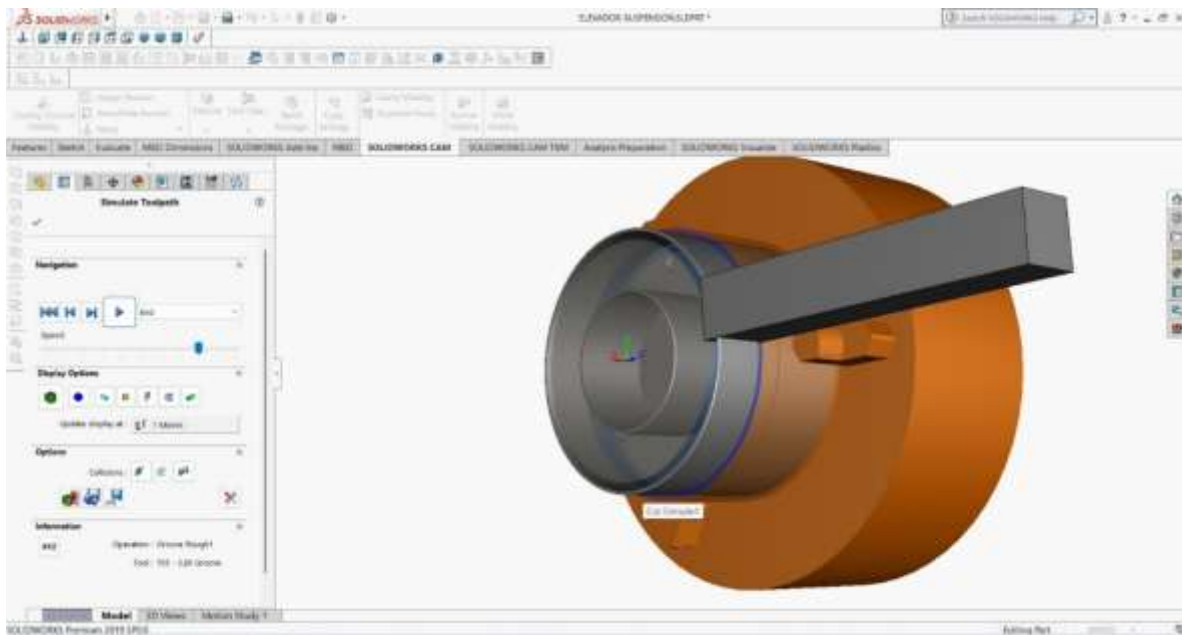
Generación, trayectoria de diámetro externo del elevador de suspensión



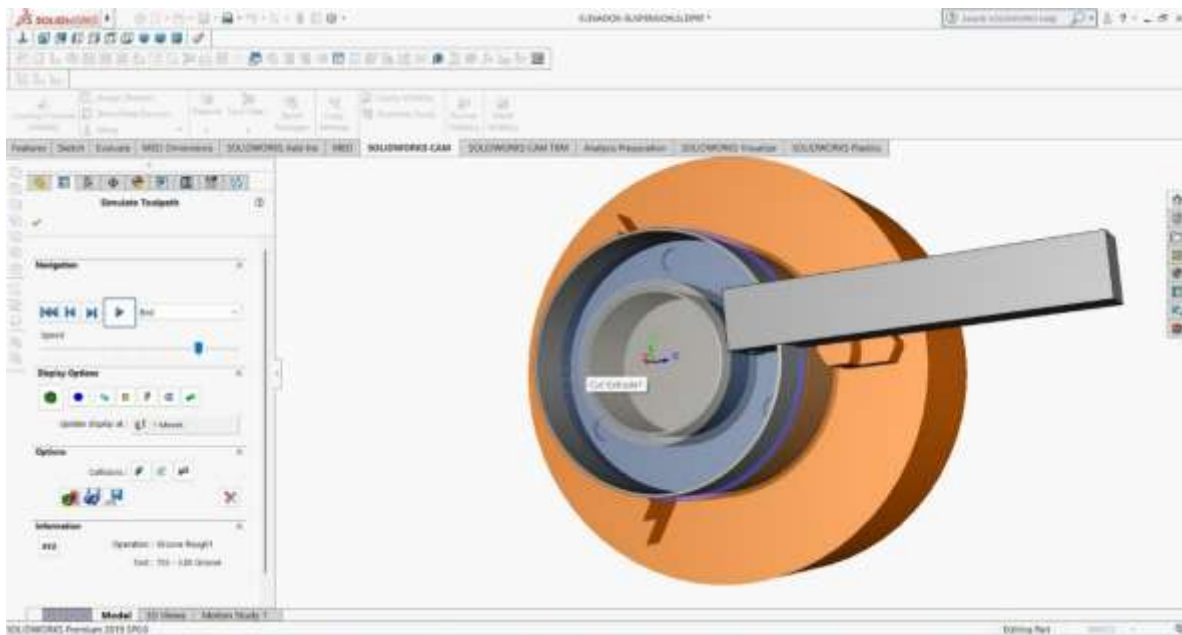
Proceso 0, para el desbaste del elevador de suspensión en SolidWorks CAM



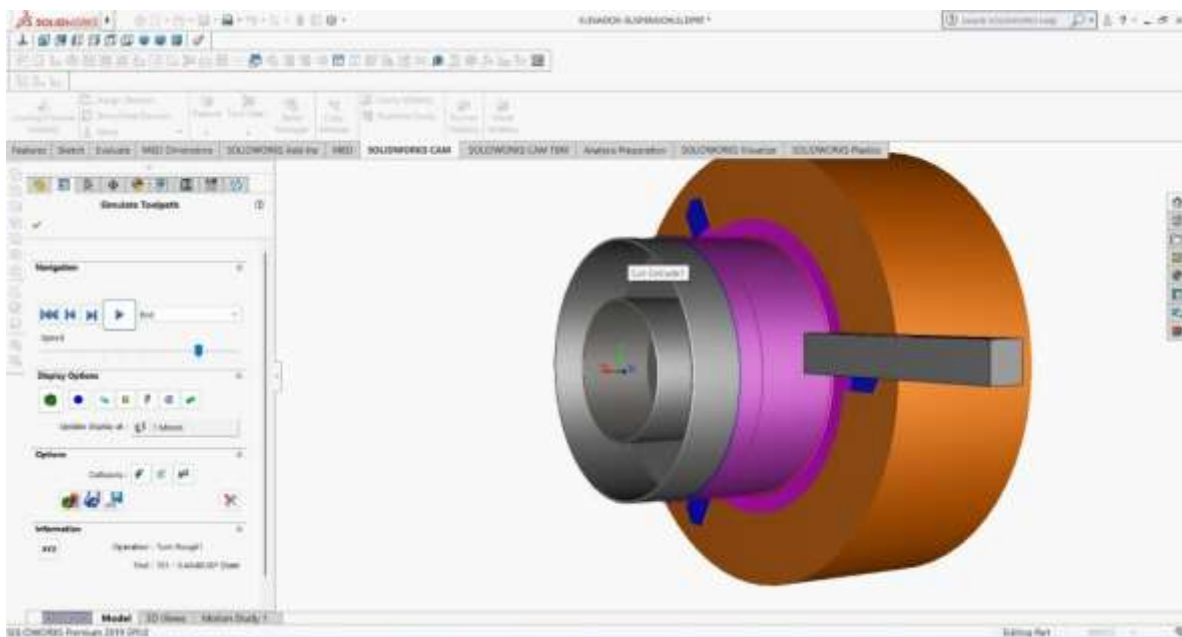
Proceso, desbaste de la trayectoria, diámetro externo del elevador de suspensión



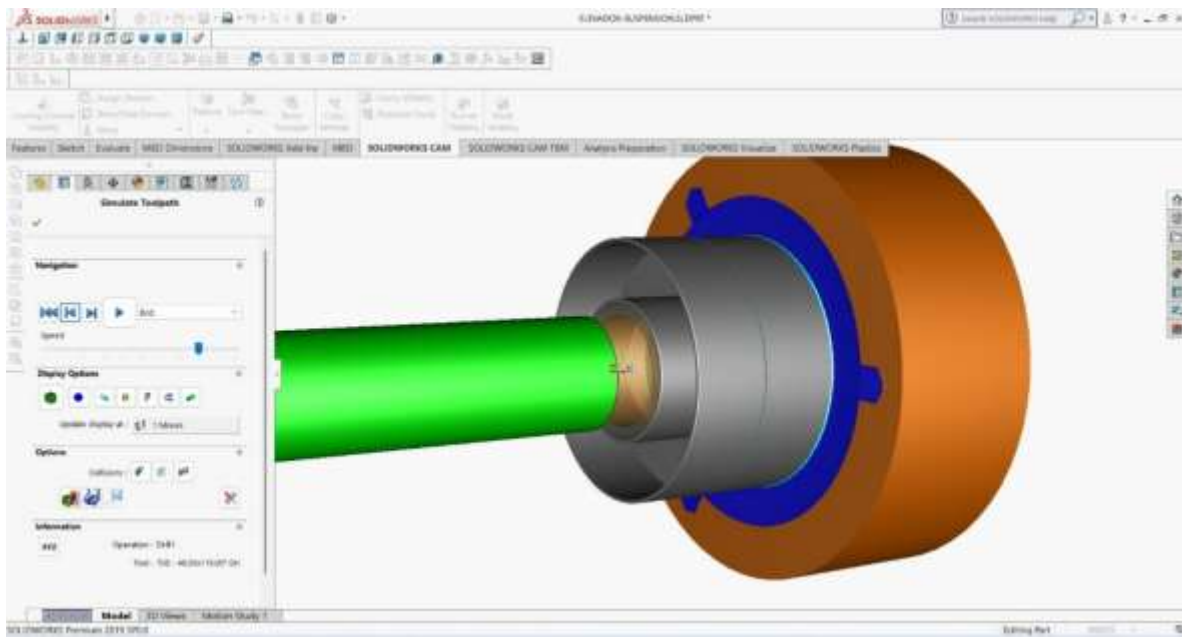
Proceso, desbaste de la trayectoria, diámetro interno del elevador de suspensión



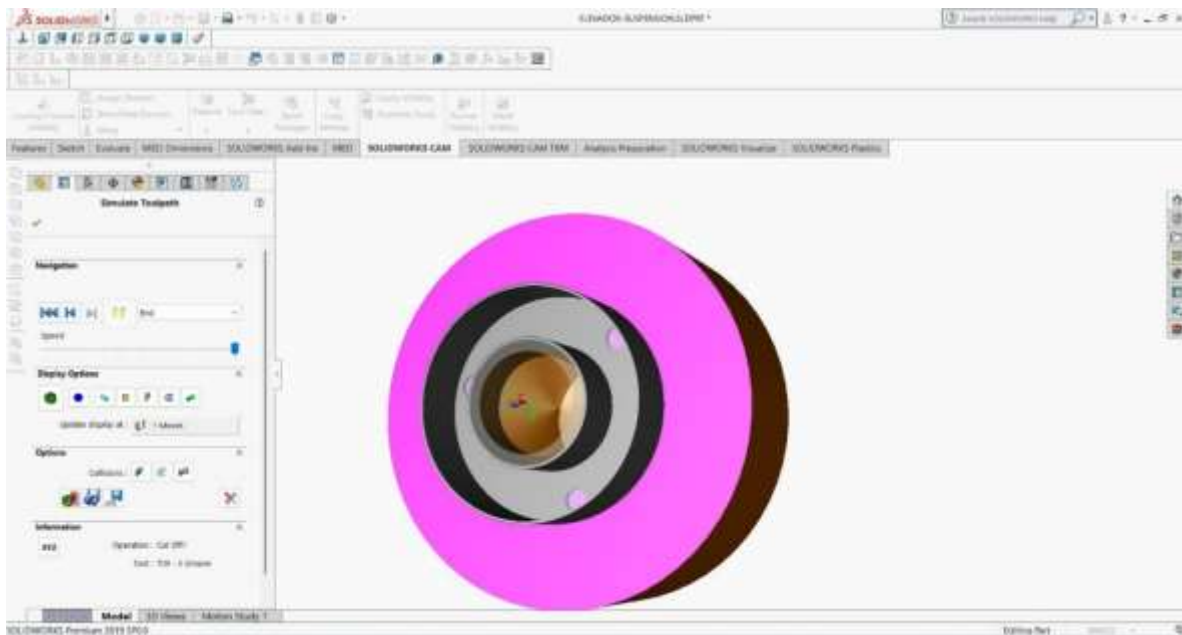
Proceso, desbaste, material de adición del elevador de suspensión



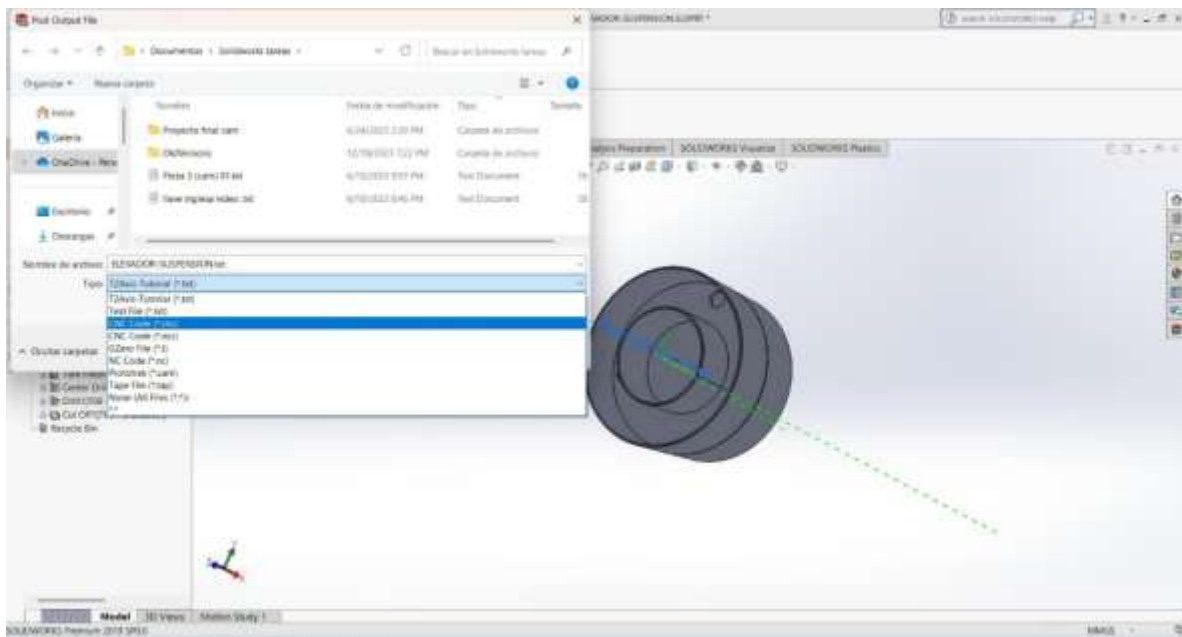
Proceso, perforación de diámetro interno del elevador de suspensión



Proceso, terminado de la simulación, desbaste del material del elevador de suspensión



Generación de código CNC



Proceso de fabricación del elevador CNC

Desbaste de tocho, diámetro externo



Desbaste de diámetro interno del elevador CNC



Elevador de suspensión eje interno



Elevador de suspensión eje externo



Anexo 9

Proceso de desmontaje y montaje de los elevadores de suspensión



Suspensión sin elevador



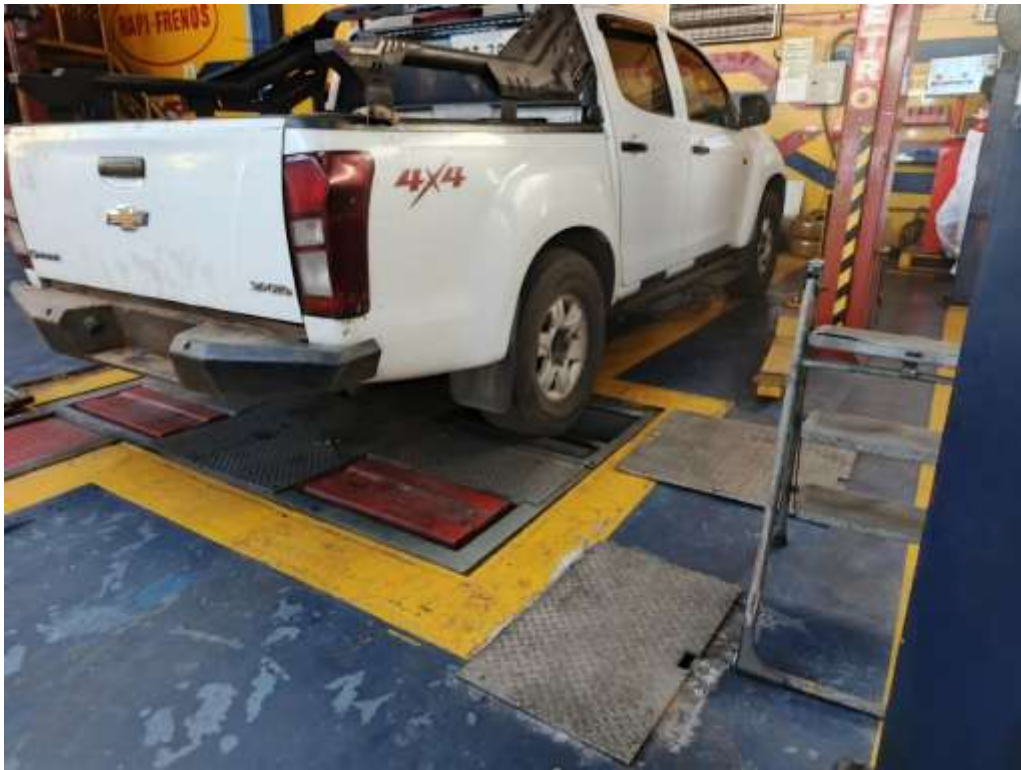
Verificación de suspensión con elevador artesanal



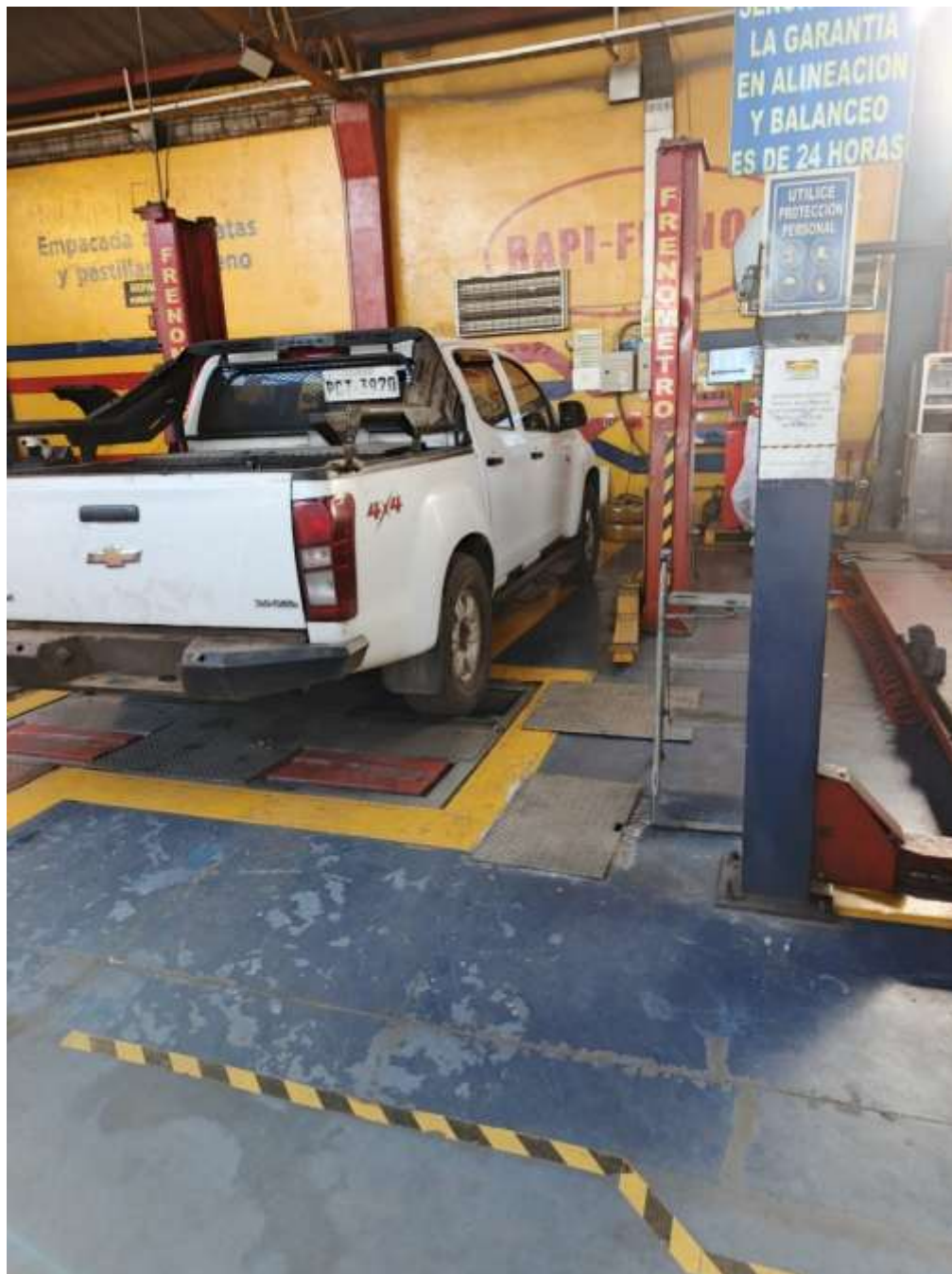
Suspensión con elevador



Excitación de placas con control de frecuencia



Determinación de la amplitud de oscilación máxima posterior



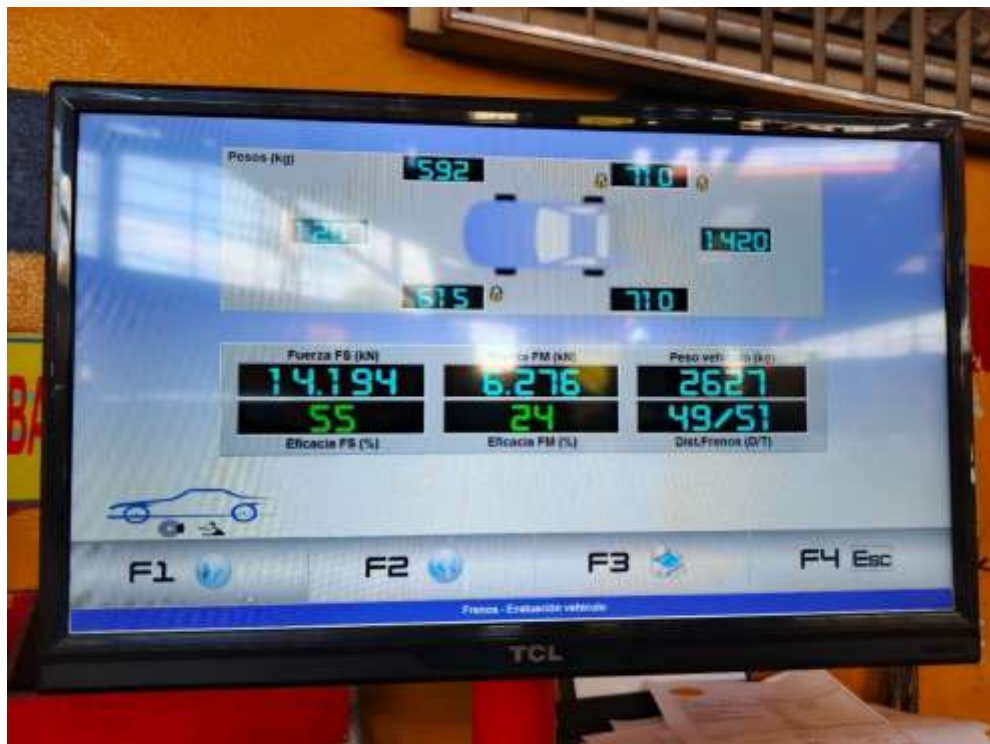
Proceso de evaluación según la medida de amortiguación



Proceso de determinación del peso axial total de vehículo



Comprobación de amortiguación del peso axial



Frecuencia de oscilación y eficiencia en plano de amortiguación



Comprobación de peso, diferencia y eficacia del vehículo expuesto al banco de pruebas



Determinación de peso axial con transmisión del peso al frenar



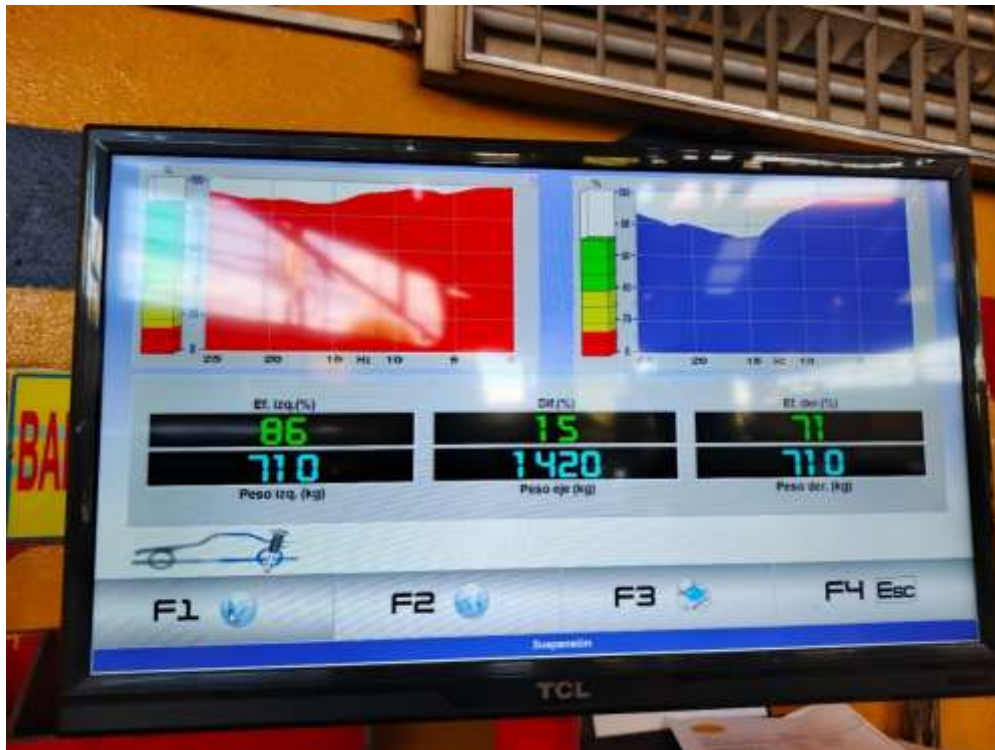
Evaluación de la medida e amortiguación



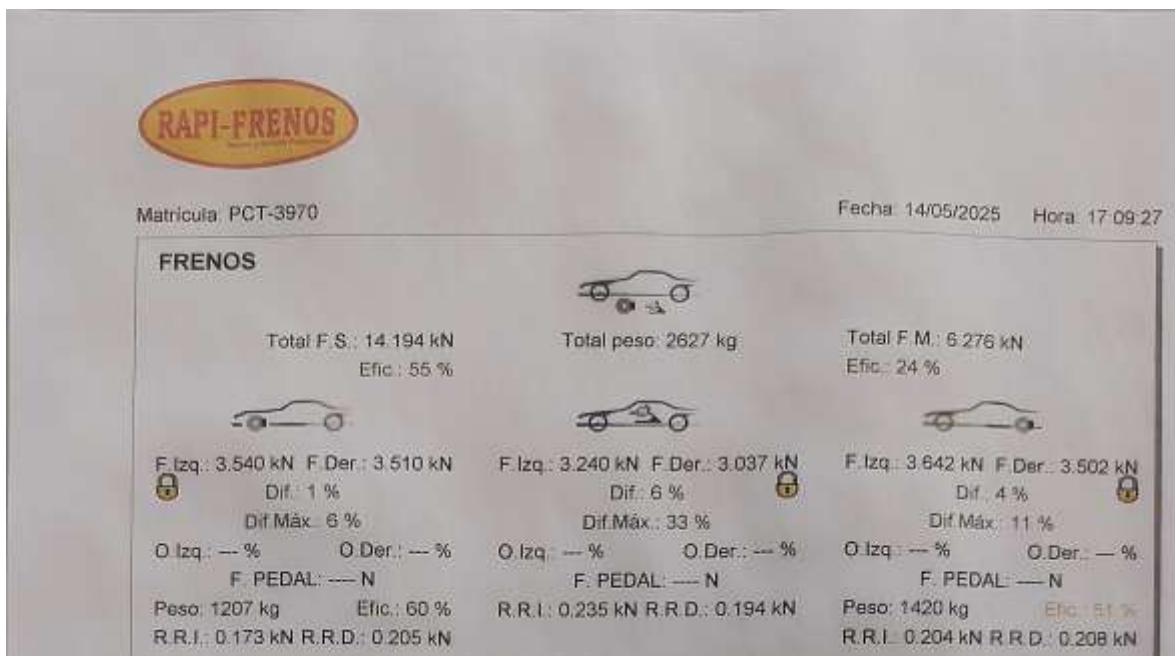
Amplitud de la oscilación del peso axial



Amortiguación y la generación de oscilación del peso axial



Resultados de la amplitud de oscilación





V03.35	Nº serie
Fecha: 14/05/2025	Nº homologación
Fecha impr.: 14/05/2025	Fecha calibración
Hora: 17:09:27	
Hora impr.: 17:15:31	

RAPI FRENOS "EL CONDADO"
Av. Occidental 203 (Condado Bajo)
Tlf: 2491833-2497547
Email: walter.yugsi@hotmail.com
"THE PROFESSIONAL IN BRAKE SERVICES"

Nombre	RAPIFRENOS
Dirección	CONDADO
Población	
Provincia	PICHINCHA
DNI-NIF	
Teléfono	2491-833
Matrícula	PCT-3970
Marca	CHEVROLET
Modelo	DMAX
Kilometraje	532113
Chasis	BLBETF3NXH0358600
Inspectores	OSCAR CASTRO

A. PASO



Desviación: -4.4 m/km



Desviación: +2.4 m/km

SUSPENSIÓN



Efic.izq.: 62 %
P.izq.: 615 kg

Dif.: 2 %

Efic.der.: 60 %
P.der.: 592 kg



Efic.izq.: 86 %
P.izq.: 710 kg

Dif.: 15 %

Efic.der.: 71 %
P.der.: 710 kg