



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Ingeniería Automotriz**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DESIGN OF MECHANICAL SYSTEMS FOR A PROTOTYPE OF A  
SINGLE-SEATER VEHICLE WITH OMNIDIRECTIONAL  
TRACTION**

**AUTORES:**

**VARGAS YASELGA, FRANCISCO DANIEL  
GAMBOA JÁCOME, FRANCISCO XAVIER**

**ING. ARTEGA LÓPEZ, OSCAR  
BLADIMIR  
TUTOR**

**Latacunga  
2021**

**ING. MENA MENA, EURO  
RODRIGO  
CO-TUTOR**





# 2021 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MECHANICAL ENGINEERING AND AUTOMATION SCIENCE

Oct. 28-30, 2021 / Seoul, South Korea



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# CONTENIDO

**INTRODUCCIÓN**

**OBJETIVOS**

**METODOLOGÍA**

**CÁLCULOS INICIALES**

**SELECCIÓN CAJA REDUCTORA**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN**

**DISEÑO CUBO DE RUEDA**

**ANÁLISIS TOPOLÓGICO**

**DISEÑO DE LA MANGUETA DE SUSPENSIÓN**

**DISEÑO DE LOS BRAZOS DE SUSPENSIÓN**

**PRUEBA DE CARGA**

**PRUEBA DE MANIOBRAVILIDAD**

**PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

**GRÁFICAS DE FUNCIONAMIENTO**

**CONCLUSIONES**



# INTRODUCCIÓN

La necesidad de cambiar el diseño de los vehículos de transporte convencionales, a modelos más eficientes de movilidad urbana, ha obligado a los fabricantes a extender a los usuarios una nueva tendencia en cuanto al diseño. En el futuro, el transporte unipersonal se plantea como una alternativa de movilidad eficiente, que tiene como objetivo resolver diversos problemas con respecto al tránsito en los centros poblados. Se está estudiando una nueva generación de automóviles que sea práctica y eficiente en relación con los problemas de tránsito y la falta de plazas de aparcamiento en las zonas urbanas , teniendo en cuenta estas necesidades, se ha considerado el uso de un sistema omnidireccional, entre de los diversos tipos de tracción omnidireccional existentes, la elegida fueron las ruedas Mecanum, Sin embargo, es necesario conectar varios sistemas mecánicos que se adaptan a las ruedas Mecanum para su correcto funcionamiento; sabiendo que generalmente los vehículos monoplaza o Go-Karts no utilizan ningún sistema de suspensión; su diseño ha sido desarrollado cumpliendo con los requisitos de su estructura. El diseño de los sistemas mecánicos se ha alcanzado de acuerdo con el tipo de vehículo que se ha diseñado y logrando la sincronización entre ellos permitiendo una conducción adecuada y sencilla.



# OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir los sistemas mecánicos del prototipo de vehículo monoplaza con tracción omnidireccional para mejorar su maniobrabilidad en espacios reducidos.

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseñar y construir el sistema de suspensión tipo paralelogramo deformable para el prototipo de vehículo monoplaza con tracción omnidireccional mediante los recursos disponibles.

Diseñar una mangueta que se adapte a los componentes electrónicos necesarios para generar el movimiento omnidireccional, a la vez que garantice la protección y funcionalidad de los mismos.

Seleccionar mediante cálculos un sistema de tracción adecuado para garantizar el movimiento del monoplaza con todos sus componentes mecánicos y electrónicos,

Instalar los componentes del sistema mecánicos diseñados y realizar pruebas de operatividad para comprobar su correcto funcionamiento.

# METODOLOGÍA

PARÁMETROS MOTOR JETI PHASOR RACE 2035/2100 2D	VALOR
POTENCIA	1400 [W]
TORQUE	40 [Nm]
RPM originales	70560 [rpm]
RPM reductor	10453 [rpm]

PARÁMETROS RUEDAS Y BASTIDOR	VALOR
DIAMETRO RUEDA MECANUM	10 [in]
PESO BASTIDOR	128,9 [lb]



# CALCULOS INICIALES

$$\text{Revoluciones de giro } \mathbf{n} = \frac{P * 716}{T} = 329,47 \text{ rpm}$$

$$\text{Aceleración lateral } \mathbf{a} = \frac{v^2}{r} = 16,4 \frac{m}{s^2}$$

$$\text{Aceleración longitudinal } \mathbf{a} = \frac{v^2}{r} = 20,83 \frac{m}{s^2}$$

$$\text{Frenado lateral } \mathbf{f} = \frac{F_f}{m} = 5,88 \frac{m}{s^2}$$

$$\text{Frenado longitudinal } \mathbf{f} = \frac{F_f}{m} = 7,84 \frac{m}{s^2}$$



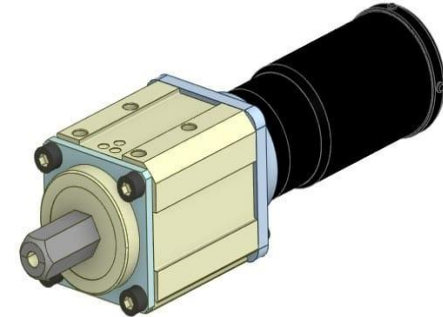


# SELECCIÓN CAJA REDUCTORA

$$V_{RPMS} = \frac{V * 1000}{3600} * 1000 = 11111,11 \text{ rpms}$$

$$RPMS_W = \frac{V_{RPMS} * 2 * 30}{W_D * \pi} = 835,45 \text{ rpms}$$

$$G_R = \frac{RPM_{ENGINE}}{RPMS_W} = 12$$



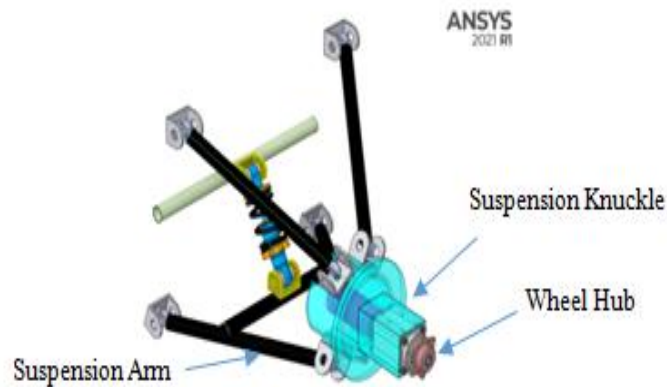
Con cálculos realizados previamente, se seleccionan para la transmisión cuatro reductores planetarios con dos etapas, con una relación de transmisión de 12: 1 para reducir la velocidad de rotación de los motores a 871 [rpm] de acuerdo con los parámetros de diseño, la velocidad máxima y el par requerido para un total de 300 [lb] entre masa suspendida y no suspendida aproximadamente, y velocidad máxima de 40 [km / h].



# DISEÑO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

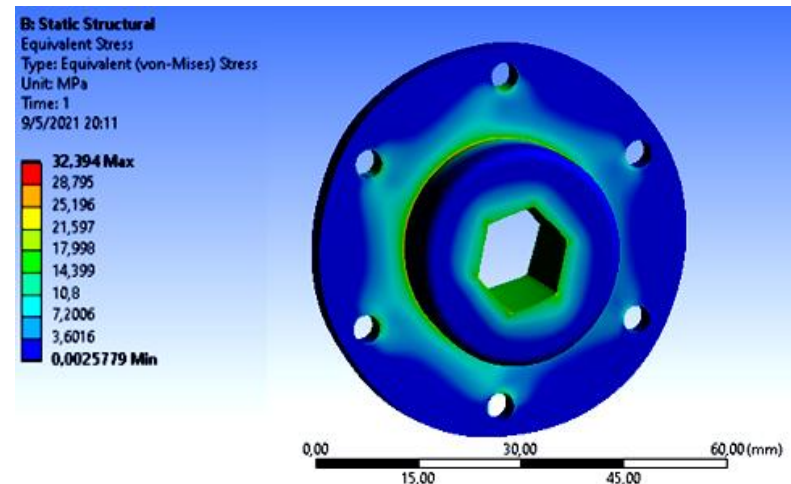
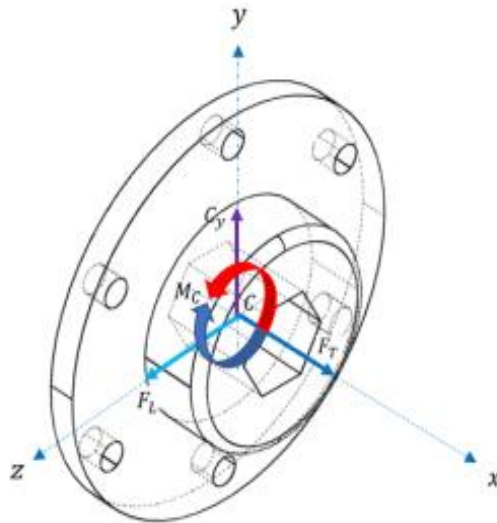
Para el diseño y selección del sistema de suspensión se consideraron varios parámetros que fueron utilizados en algunos cálculos, estos nos permitieron desarrollar diferentes componentes decisivos y originales que en conjunto brindan al vehículo los beneficios necesarios durante su operación; los principales elementos del sistema de suspensión son los siguientes:

- Wheel Hub (Cubo de la rueda)
- Suspension Knuckle (Mangueta de suspensión)
- Suspension Arms (Brazos de suspensión)



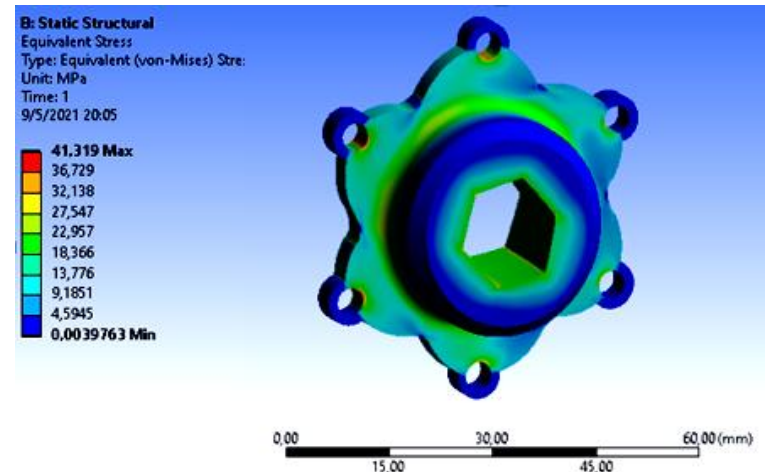
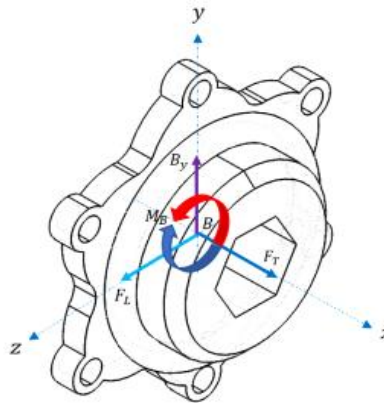
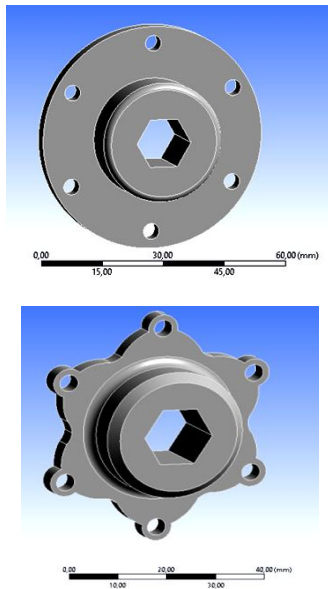
# DISEÑO DEL CUBO DE RUEDA

El diseño de este componente se realizó en base a la función que debe cumplir, que es transmitir el par generado por el motor a través de la caja de cambios para finalmente llegar a la rueda y realizar el movimiento omnidireccional adecuado para que el vehículo logre movilizar las diferentes cargas y en base a eso se obtuvo una primera geometría, pero se determinó que este diseño podría optimizarse para ahorrar material y aligerar el peso.



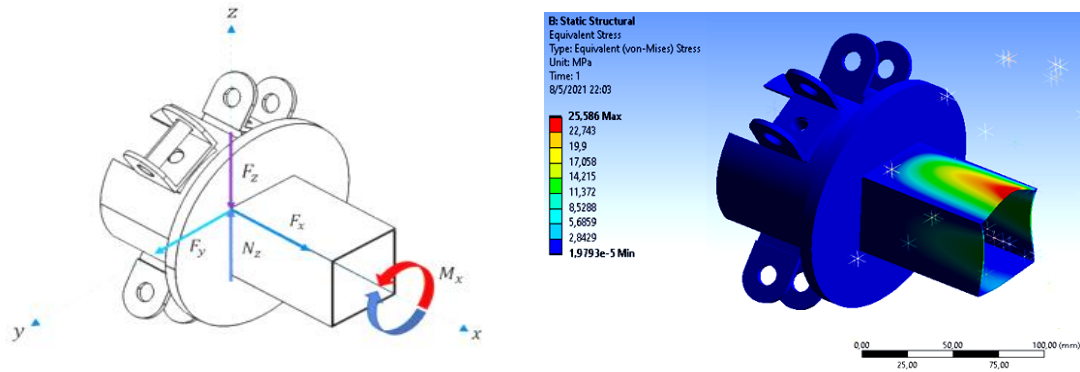
# ANÁLISIS TOPOLÓGICO

Se pudo observar que dentro de la geometría del componente había exceso de material por lo que se buscó la forma más factible de optimizar recursos, en base a esto se realizó un estudio topológico que permitió encontrar una forma de optimizar el diseño del componente, en este caso, se trataría de utilizar únicamente la cantidad de material necesaria para resistir la carga a la que se va a someter sin ocasionar daños o problemas en el funcionamiento del vehículo monoplaza.



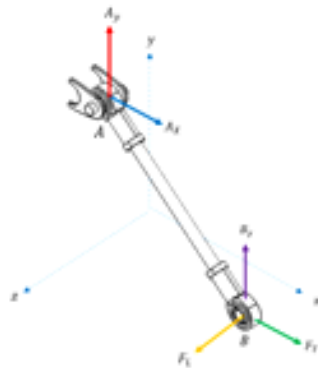
# DISEÑO DE LA MANGUETA DE SUSPENSIÓN

El diseño y geometría de la mangueta de suspensión se realizó buscando una nueva configuración no convencional, considerando que es necesario brindar alojamiento tanto para el motor como para el reductor, ya que estos componentes eléctricos deben ser cubiertos por una carcasa para evitar daños, de acuerdo con estos aspectos, se logró establecer un diseño que brinde tanto los puntos de enganche requeridos para la suspensión como la protección para estos frágiles elementos, esto nos permite asegurar que el movimiento omnidireccional se realice de manera eficiente. , esta configuración de la mangueta se presenta como una innovación debido a que las nuevas tecnologías en cuanto a vehículos eléctricos no presentan ninguna adaptación en la que el motor se incorpore en un husillo, pero considerando que al tener un movimiento longitudinal y uno lateral, este el elemento estará sujeto a fuerzas en ambas direcciones dependiendo del movimiento que realice; respetando siempre los principios básicos de la dinámica de un vehículo monoplaza y permitiendo que el movimiento omnidireccional fluya con normalidad.



# DISEÑO DE LOS BRAZOS DE SUSPENSIÓN

El diseño y geometría de los brazos de suspensión se basa en el cuadro y las ruedas, por lo que se ha optado por esta configuración, que consta de cuatro barras biarticuladas en cada una de las ruedas Mecanum, consideramos que es fundamental que las ruedas queden en un ángulo de 90 grados con respecto al suelo y esta disposición respeta plenamente los conceptos fundamentales de dinámica para un monoplaza y garantiza el pleno desarrollo del movimiento omnidireccional con total normalidad.



# PRUEBA DE CARGA

Las pruebas realizadas para los sistemas mecánicos del vehículo consisten principalmente en verificar el correcto funcionamiento de estos elementos ya en condiciones reales, la primera observación es que la selección de la caja fue adecuada ya que permite que los motores giren y se conduzca el auto sin ninguna dificultad, de la misma forma, se pudo comprobar que tanto el diseño de la mangueta, como el del cubo de rueda y los brazos de suspensión era efectivo cumpliendo con los parámetros establecidos, soportando principalmente el peso total del coche además del peso del piloto, que en conjunto equivalen aproximadamente a 383 [lb.] sin sufrir ningún tipo de daño ni tener ningún problema en la operación en general



# PRUEBA DE MANIOBRABILIDAD

La prueba de maniobrabilidad realizada consistió en estacionar el vehículo monoplaza en un lugar extremadamente estrecho en el que un vehículo normal no podría estacionar, sin embargo, el monoplaza omnidireccional no tuvo mayores inconvenientes para lograr esta maniobra, demostrando así la eficiencia de cada uno de los sistemas mecánicos que permiten un correcto funcionamiento sin ningún problema





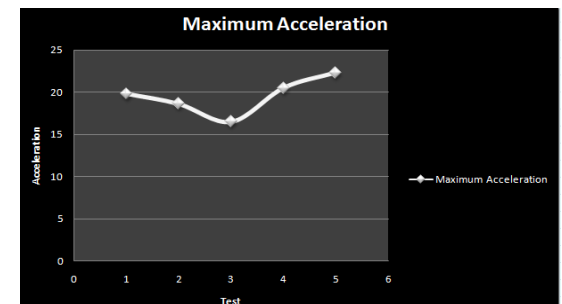
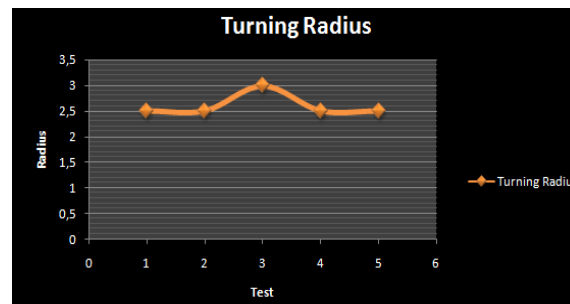
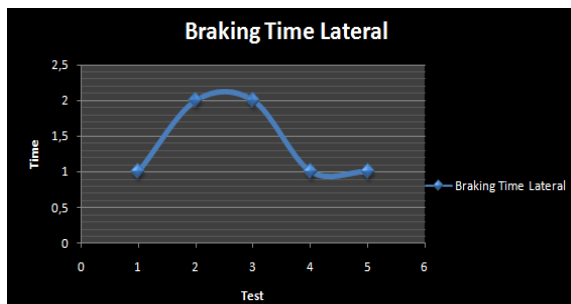
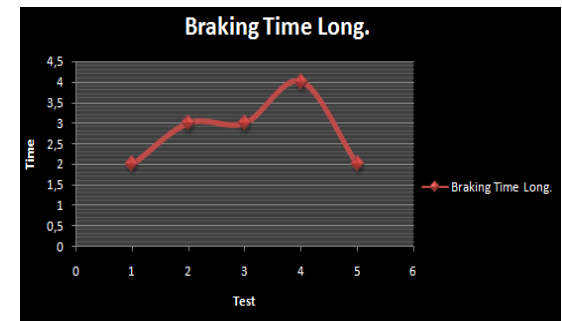
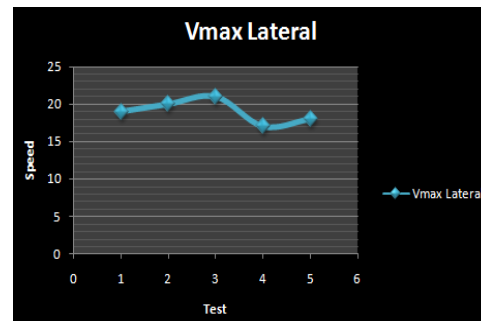
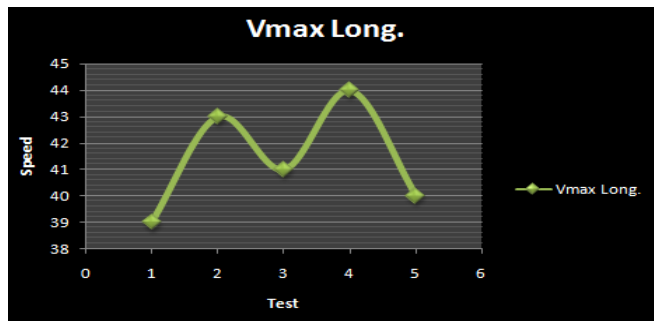
# PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Se realizaron cinco pruebas de funcionamiento y desempeño como se puede apreciar en la Tabla I, que permitieron verificar si los cálculos y las simulaciones realizadas se asemejan a los obtenidos en condiciones reales. Podemos ver que la velocidad máxima longitudinal y lateral está muy cerca del valor calculado y lo mismo ocurre para los valores de frenado y aceleración, el diseño de todos los sistemas mecánicos permiten que el vehículo omnidireccional funcione con total normalidad y sin presentar ningún error o error. fracasos.

N <sup>o</sup> Test	Data					
	V <sub>MAX</sub> (Long.)	V <sub>MAX</sub> (Lateral)	Braking Time (Long.)	Braking Time (Lateral)	T <sub>Radius</sub>	A <sub>MAX</sub>
	Km/h	Km/h	s	s	m	m/s <sup>2</sup>
1	39	19	2	1	2,50	19,8
2	43	20	3	2	2,50	18,6
3	41	21	3	2	3	16,5
4	44	17	4	1	2,50	20,5
5	40	18	2	1	2,50	22,3

# GRÁFICAS DE FUNCIONAMIENTO

Con los datos de las pruebas podemos generar gráficos para identificar mejor el rendimiento del coche y podemos ver la Velocidad Longitudinal Máxima, la Velocidad Lateral Máxima, el Tiempo de Frenado Longitudinal, el Tiempo de Frenado Lateral, el Radio de Giro y la Aceleración Máxima en cada una de las pruebas, y visualizando cada uno de estos gráficos podemos determinar que no existen grandes variaciones, es decir, el funcionamiento del vehículo está en un rango normal



# CONCLUSIONES

Los sistemas mecánicos del vehículo omnidireccional cumplen con los parámetros calculados y simulados, proporcionando un adecuado funcionamiento en su conjunto, que permite el desarrollo funcional del mismo con total normalidad.

Tanto el sistema de suspensión como el sistema de transmisión pudieron soportar una carga total de aproximadamente 383 [lb] de peso sin presentar ninguna falla ni afectar el funcionamiento normal del vehículo omnidireccional.

A través de las diferentes simulaciones realizadas, se logró establecer un diseño óptimo y funcional cumpliendo con los parámetros establecidos y permitiendo el desarrollo de un prototipo de vehículo omnidireccional capaz de mejorar la maniobrabilidad que presenta un vehículo común en espacios reducidos.

El prototipo se innovó diseñando un muñón de suspensión que cumple más de una función según las necesidades que presenta el vehículo monoplaza con tracción omnidireccional y que permite lograr la operación deseada.

Realizar una optimización mediante topología permite ahorrar material sin afectar en lo más mínimo el correcto funcionamiento de la pieza sometida a este estudio, presentándonos una alternativa en cuanto a optimizar recursos y evitar así el desperdicio de materiales

