

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO PROPULSADO CON FUERZA HUMANA CON LA CAPACIDAD DE CAMBIAR SU GEOMETRÍA ESTRUCTURAL PARA TRANSPORTAR NIÑOS DE HASTA TRES AÑOS

## DESIGN AND CONSTRUCTION OF A VEHICLE PROPELLED BY HUMAN FORCE WITH THE ABILITY TO CHANGE ITS STRUCTURAL GEOMETRY TO TRANSPORT CHILDREN UP TO THREE YEARS

César Llánez Echeverría , Félix Manjarrés

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE  
cesarllanez@hotmail.com, fxmanjarres@espe.edu.ec

*Energía Mecánica Innovación y Futuro IV Edición 2015, No.3 (10)*

---

### **Resumen**

El presente proyecto da a conocer el diseño y contrición de un vehículo propulsado con fuerza humana con la ventaja de cambiar su geometría estructural para desenvolverse dentro de distintos escenarios, tanto como zonas abiertas como también en centros comerciales. El vehículo se encontrará proporcionado con un sistema mecánico el cual facilite el cambio de su geometría estructural, pasando de una carriola a una tricicleta y viceversa de una manera sencilla. Esto ayudara efectivamente a la movilidad de los padres e hijos de una manera sana y divertida adicionalmente ayudando a la naturaleza ya que este vehículo no produce ningún contaminante.

Tomando en cuenta el factor ergonómico y de seguridad para los ocupantes ante cualquier adversidad en el momento de transportarse en la tricicleta carriola. Adicional se procederá a realizar un proceso de pruebas para verificar la eficiencia del vehículo en todos aspectos.

### **Palabras Clave:**

Tricicleta  
Carriola  
Cambio de geometría estructural  
Sistema mecánico

### **Abstract**

This project discloses the design and construction of a vehicle propelled by human force with the advantage of changing its structural geometry to function in different scenarios, as well as open areas as well as in shopping centers. The vehicle shall be provided with a mechanical system which facilitates the change of its structural geometry, from a stroller to a tricycle and vice versa in a simple way. This effectively assist the mobility of parents and children in a healthy and fun way further helping nature since this vehicle does not produce any pollutant.

Taking ergonomic and safety for occupants to any adversity when transported in the stroller tricycle factor into account. Additional proceed to carry out a testing process to verify the vehicle's efficiency in all aspects.

### **Keywords:**

Tricycle  
Stroller  
Change structural geometry  
Mechanical system

## 1. Introducción

El Ecuador se encuentra en un proceso de innovación y mejoramiento de la educación superior, por lo que el presente proyecto tiene como objetivo contribuir con la investigación, diseño y construcción de un vehículo que cambiará su geometría estructural partiendo de una tricicleta para el transporte urbano y cambiando en una carriola para lugares de difícil movilidad. Los vehículos para el transporte de niños siempre han sido de gran ayuda para los padres, este vehículo ayudará en gran medida a trasladarse por la ciudad y por el interior de centros comerciales con un diseño que se adapta a las necesidades de los padres y los hijos. Con los beneficios que este vehículo cambia su forma combinará las ventajas de un carro de bebe y una tricicleta.



Figura 1 Tricicleta carriola

## 2. Parámetros de diseño

Se toma en cuenta los siguientes factores:

- La geometría de la estructura que sea capaz de soportar cargas de 140 Kg, dependiendo de la relación peso – dimensiones, tomando en consideración que es un vehículo que ingresara por lugares estrechos.

- La seguridad: Es un punto indispensable ya que el acompañante se encontrará en la parte frontal del vehículo para ello se implementará un asiento con arnés de tres puntos de anclaje, seguridad para los pies del niño, una barra de reforzamiento, con el fin de salvaguardar la integridad del niño.
- El peso: El vehículo no debe sobrepasar los 30 kg ya que el vehículo es propulsado con fuerza humana, y afectaría en la eficacia de la tricicleta.
- Resistencia: Se tomará en consideración cargas sobre la estructura para determinar la resistencia a flexión donde se identificará el punto más crítico a considerar, las pruebas y análisis se realizará con cargas de 250 MPa.
- Facilidad de construcción: En este punto se realizará métodos de construcción manual con maquinaria necesaria para plasmar el diseño, como son cortadora, soldadoras, etc.
- Vibraciones: El diseño disminuirá las vibraciones en lo que más sea posible, para ello se analizará minuciosamente el mecanismo que ayudará a cambiar su geometría estructural, teniendo en consideración que el mecanismo tendrá cierta libertad de movimiento.
- Ergonomía: Tomar en cuenta la postura de los ocupantes es importante para evitar el estrés y cansancio al momento de conducir la tricicleta carriola.
- Transmisión: Será realizada para soportar la fuerza empleada en los pedales y transmitir hacia las ruedas para posterior realizar la tracción del vehículo, además resistirá templenes, rozamientos, etc. Para ello se optará por una transmisión flexible por cadena.

- Dirección: contará con un mecanismo mecánico de cuatro barras que proporcionará con eficacia la dirección del vehículo
- Frenos: Se implementará un sistema de freno mecánico con disco ya que el frenado depende directamente del área de contacto entre las pastillas y el disco por ende se analizará según las fuerzas de frenado cual será la mejor opción de tamaño a implementar.
- Sistema mecánico: Este sistema debe presentar buenas características para minimizar el esfuerzo para transformar el vehículo.

- $l$  : Distancia entre ejes
- $W_f$  : peso sobre el eje frontal (73,5 Kg)
- $W$  : Peso total (140 Kg)
- $a$  : Distancia del eje delantero al centro de gravedad
- $b$  : Distancia del eje trasero al centro de gravedad

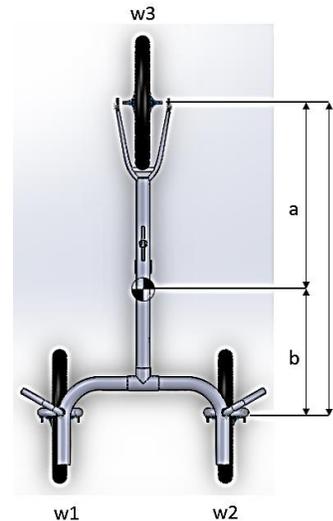


Figura 2 Distribución de pesos

### 3. Análisis cinemático y dinámico

El análisis cinemático estudia directamente los movimientos que puede tener el vehículo en circunstancias normales de funcionamiento como ejemplo la aceleración, frenado, al igual las vibraciones que tiene el vehículo con respecto a las imperfecciones que normalmente tiene el camino. El análisis dinámico estudia las cargas a las que normalmente se encuentra sometido el vehículo así también como el centro de gravedad.

Tabla 1 Distancias generales

<b>Distancia entre ejes</b>	1245 mm
<b>Distancia de vía delantero</b>	634 mm
<b>Distancia de vía trasero</b>	Es una sola rueda en el centro

#### a. Distribución de pesos

$$a = \frac{W_f * l}{W}$$

Tabla 2 Distribución de pesos

<b>Eje delantero</b>	<b>Eje trasero</b>
56.6%	43.3%
79.24 Kg	60.76 Kg
<b>Carga en cada rueda</b>	
Rueda delantera derecha W1	39.62 Kg
Rueda delantera izquierda W2	39.62 Kg
Rueda trasera	60.73 Kg

#### b. Relación de transmisión

Para determinar la relación de transmisión en cada uno de las ruedas dentadas de la catarina trasera de procedió a realizarlos en el programa Renold Chain Drive.

Tabla 3 Relación de transmisión

Rueda dentada conductor	Rueda dentada conducida	Relación de transmisión
n= 44	n= 28	i= 0.6363
n= 44	n= 24	i= 0.5454
n= 44	n= 22	i= 0.500
n= 44	n= 18	i= 0.409
n= 44	n= 16	i= 0.3636
n= 44	n= 14	i= 0.3181
n= 44	n= 12	i= 0.2727

#### 4. Análisis estructural

Para el análisis estructural es importante tomar los valores de cargas reales a los que se encontraría sometida la estructura. Este análisis estructural es transcendental porque del cual se partirá para la convergencia de datos, en donde se seleccionará las características para un mallado ideal el cual nos servirá para analizar la estructura completa.

##### a. Consideraciones previas al análisis estructural

Para las consideraciones hay que tomar en cuenta que en la vía real los elementos suelen tener un grado de complejidad bastante elevado en este punto se ve obligado a obtener soluciones eficaces mediante el uso del computador como medio de resolución de elementos. En el análisis computacional se ve agrupado de algoritmos matemáticos que ayudan a acercarse el resultado al real.

##### b. Selección del mallado ideal

Para el mallado ideal es importante tomar los cálculos realizados y comparar con los mallados generados con distintas características y elegir el mallado cuyos resultados se acerquen más al real. Este proceso de selección de mallado se realiza para posteriormente ejecutar el análisis de toda la

estructura con el software con las condiciones ideales.

Tabla 4 Comparación de mallados

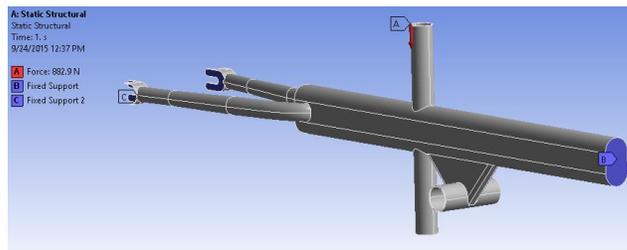
	$\sigma_{max}$ MPa	$\delta$ mm	$\epsilon$ mm/mm	$F_s$	Tamaño
<b>REAL</b>	<b>63,16</b>	<b>0,018</b>		<b>3,22</b>	
<b>Malla 1</b>	62,68	0,022	0,00029	3.338	2.00 mm
<b>Malla 2</b>	64.63	0,022	0,00027	3.333	2.25 mm
<b>Malla 3</b>	<b>66.36</b>	<b>0.022</b>	<b>0.00028</b>	<b>3.26</b>	<b>1.80 mm</b>
<b>Malla 4</b>	68.76	0.022	0.00028	3.106	1.75 mm

Se seleccionó el tipo de malla tetraédrico ya que presenta las mejores características para realizar el análisis computacional. El mallado que más se acercó mediante al análisis comparativo entre estos es la malla 3, ya que esta es la que más se aproxima al real.

#### 5. Simulación estática

##### a. Análisis de esfuerzos de la estructura

En el cuerpo de la estructura actúa el peso de la persona adulta, por lo que se considera el elemento principal de la tricicleta carriola, se tomará los datos representados en los cálculos del elemento divisor de la tricicleta carriola



Figuran 3 Aplicación de cargas y sujeciones

Los parámetros establecidos para la simulación es una doble fijación en la parte del eje posterior del

vehículo puntos C y una fijación en la parte frontal punto B, se generó una carga de 882.90 N sobre el punto A.

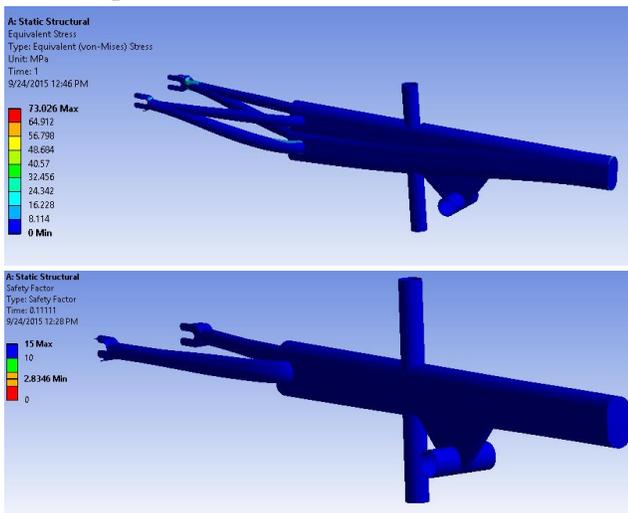


Figura 4 Resultado de simulación de la estructura

En la figura 4 indica los resultados de la simulación de la estructura, por lo consiguiente el factor de seguridad mínimo es de 2.83.

b. Análisis de esfuerzos en el divisor

El divisor se localiza en la parte delantera del vehículo en el cual se encuentra unido al sistema mecánico para realizar el cambio de geometría estructural y por otro lado el peso del niño que se transporta

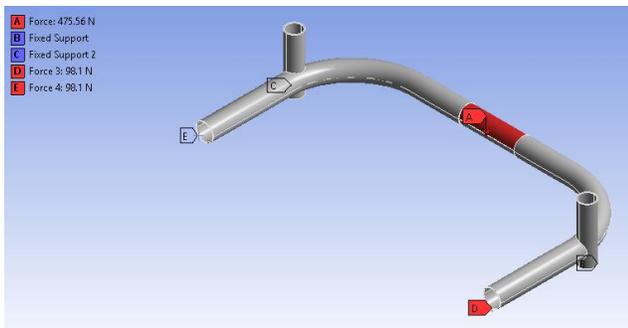


Figura 5 Aplicación de cargas y sujeciones

Para la simulación se estableció fijaciones en los puntos B y C, y la carga A indicada con 476.56N,

y en los puntos D y E posan el peso del niño y del asiento con 196 N.

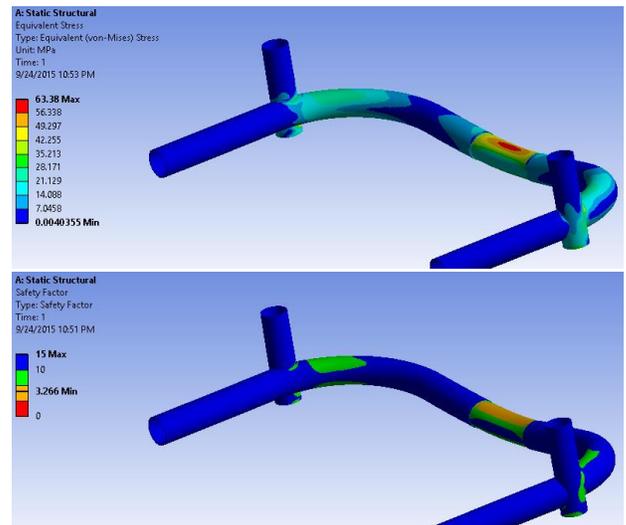


Figura 6 Resultado de simulación del divisor

Para el divisor delantero no entrega un factor de seguridad de 3.26, asegurando el diseño del divisor.

c. Análisis de esfuerzos en el soporte delantero

Los soportes delanteros son los encargados de soportar el peso del niño más del divisor, en este elemento van montadas las ruedas delanteras además del sistema de frenos y dirección.

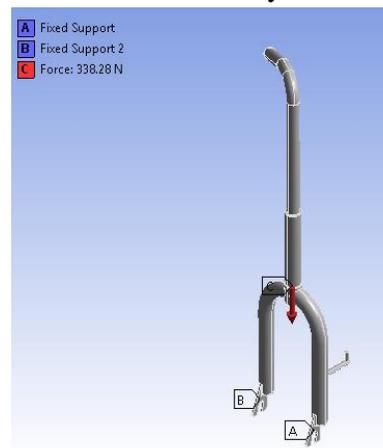


Figura 7 Aplicación de cargas y sujeciones

Para el soporte delantero del vehículo se ha colocado dos sujeciones A y B en el lugar donde se encuentra el eje de la rueda delantera, y una fuerza vertical de 338.28N sobre el eje central del soporte.

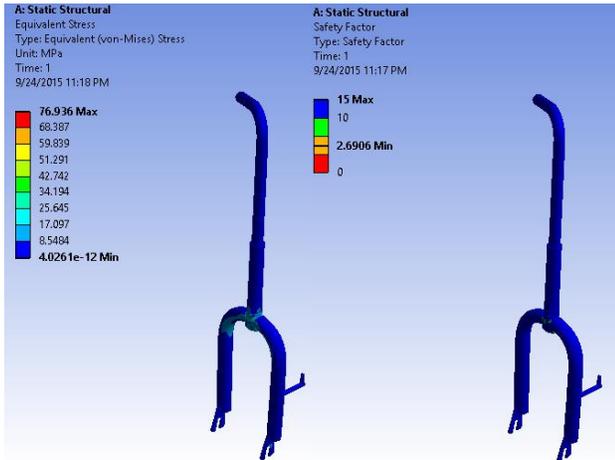


Figura 8 Resultado de simulación del soporte.

Finalmente en la figura 8 entrega el valor del factor de seguridad cuyo valor mínimo es de 2.69 asegurando que el diseño del soporte sea factible.

d. Análisis de esfuerzos de la base delantera

La base delantera es importante ya que es la encargada de mantener la posición del asiento del niño.

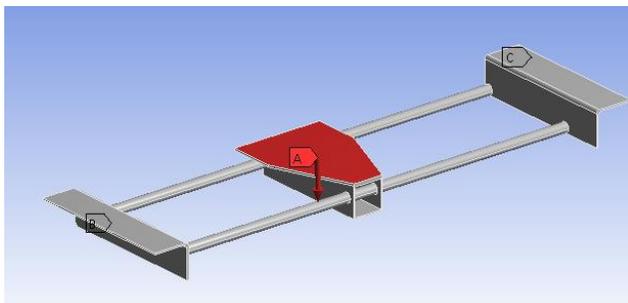


Figura 9 Aplicación de cargas y sujeciones

Para el soporte delantero del vehículo se ha colocado dos sujeciones B y C en el lugar donde se encuentra el eje de la rueda delantera, y una

fuerza vertical de 180 N sobre el centro del soporte siendo este el peso del niño.

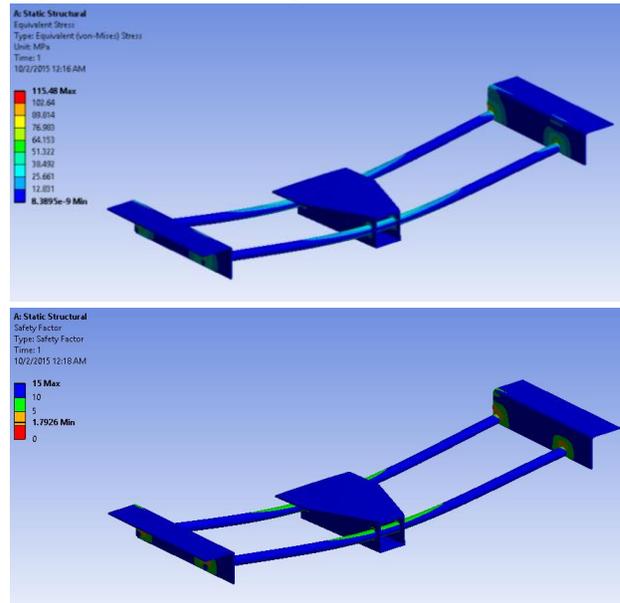


Figura 10 Resultado de simulación de la base delantera.

El análisis de la base entregó un factor de seguridad de 1.793 lo cual asegura el elemento.

Stainless steel, austenitic, AISI 304, wrought, annealed			
<b>General properties</b>			
<b>Designation</b>			
S-Steel: AISI 304, annealed			
UNS number	S30400		
Density	7.85e3	- 8.06e3	kg/m <sup>3</sup>
Si (silicon)	0	- 1	%
<b>Mechanical properties</b>			
Young's modulus	190	- 203	GPa
Shear modulus	74	- 81	GPa
Bulk modulus	134	- 151	GPa
Poisson's ratio	0.265	- 0.275	
Shape factor	62		
Yield strength (elastic limit)	205	- 310	MPa
Tensile strength	510	- 620	MPa
Compressive strength	205	- 310	MPa
Flexural strength (modulus of rupture)	205	- 310	MPa
Elongation	45	- 60	%
Hardness - Vickers	170	- 210	HV
Hardness - Rockwell B	75	- 85	
Hardness - Rockwell C	* 0	- 13.4	
Hardness - Brinell	149	- 201	MPa

Figura 11 Acero inoxidable AISI 304

e. Análisis de esfuerzos en el sistema mecánico

El sistema mecánico es el que permite que el cambio de geometría estructural se lleve a cabo, para ello consta de un pin de traba el cual permite que se quede el vehículo en la posición deseada.

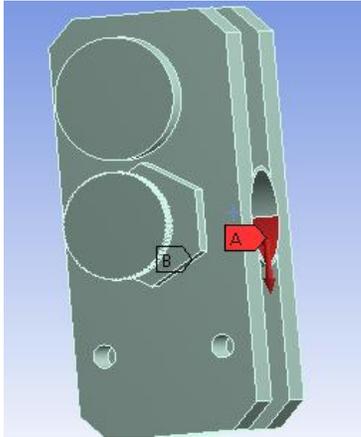


Figura 12 Aplicación de cargas y sujeciones

Para el sistema mecánico del vehículo se ha colocado una sujeción B en el lugar donde se une con el cuerpo de la estructura, y una fuerza vertical A de 476.56 N.

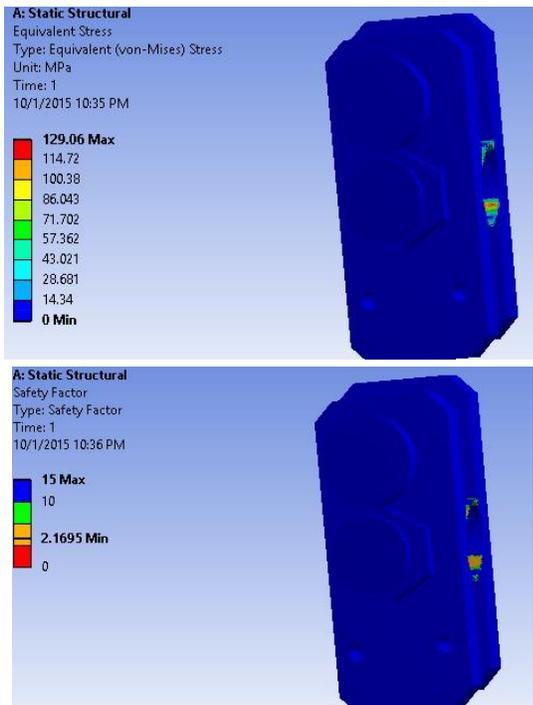


Figura 13 Resultado de simulación del sistema mecánico

## 6. Construcción y ensamblaje

La construcción se procede a realizarlo con un previo análisis de procesos para poder llevar a cabo la edificación de todos los elementos que conforman el vehículo. A su vez se procedió a realizar un protocolo de ensamblaje para completar con los sistemas a la tricicleta carriola.

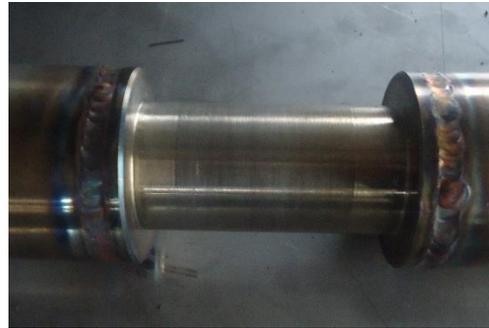


Figura 14 Construcción integral del vehículo



Figura 15 Montaje de la Tricicleta carriola

## 7. Protocolo de pruebas

Los escenarios de pruebas son esenciales para determinar la eficacia de funcionamiento y desenvolvimiento del vehículo en distintas circunstancias de manejo y de terreno, para lo cual será indispensable establecer parámetros y características de los escenarios como por ejemplo la distancia, dificultad del terreno, tiempos de cambio de geometría estructural, etc.

- Sector la Florida y Capelo.

Se inició las pruebas en el sector de la Florida en el Valle de los chillos, siendo una zona rural en el cual hay un flujo bajo de vehículos y de personas. Se procedió a iniciar en sentido hacia la ciudad de Sangolquí, en el sector de la florida se realizó la prueba de la tricicleta



Figura 16 Barrio la Florida, sector rural

- Centro comercial River Mall y San Luis

Al momento de llegar a los centros comerciales se realizó el cambio de geometría estructural ya que por políticas de los centros comerciales no son permitidas las bicicletas, por lo que una carriola es ideal para movilizarse en el interior.



Figura 18 Centro comercial River Mall

- Sector Sangolquí

Se procedió a ingresar a la ciudad de Sangolquí pasando por el monumento a Rumiñahui en dirección al municipio de Rumiñahui donde se realizó una parada para cambiar la geometría estructural a carriola



Figura 17 Monumento Rumiñahui

## 8. Análisis global de costos

Aquí se procede a elaborar un análisis de costos que abarcan la construcción de la tricicleta carriola.

Tabla 5 Resumen general de costos

Sistema	Mate- rial	Acceso- rios	Proce- sos	Herramie- ntas Equipos	Total
<b>Estructura &amp; sistema mecánico</b>	210.3	112.5	249.14	99.56	671.51
<b>Transmisión</b>	21.25	102.32	54.75	23.60	201.92
<b>Dirección</b>	32.25	26.24	18.90	14.85	92.24
<b>Frenos</b>	5.50	73.45	20.25	16.99	116.19
<b>Confort</b>	8.75	85.75	35.75	12.00	142.25
<b>Total vehículo</b>					1224.11

En la figura 19 se representa la mayor ponderación económica sobre la estructura y el sistema mecánico seguido por el sistema de transmisión, confort, y empatado al final el sistema de dirección y frenos.

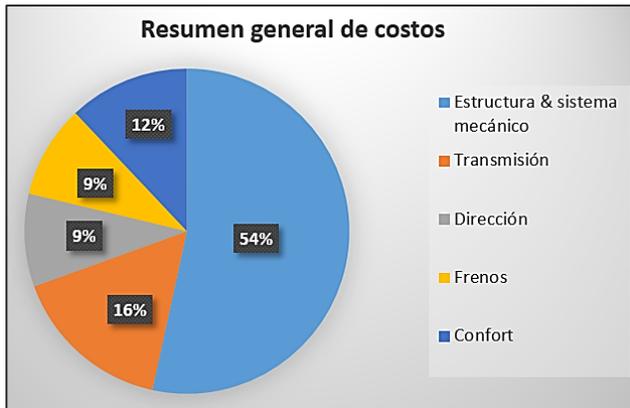


Figura 19 Resumen general de costos

## CONCLUSIONES

- El resultado de la investigación realizada entregó conceptos esenciales para los sistemas mecánicos dentro de los vehículos que proporcionan un eventual cambio en su geometría estructural, adicionalmente el proceso en el que se encontró un método ideal para el análisis de los elementos tomando en consideración un elemento base para el cálculo, el cual sirvió de partida para el análisis del vehículo en general.
- Se diseñó y construyó una tricicleta carriola con características idóneas para el transporte de un pasajero y el conductor, proporcionando una alternativa para movilizarse de un lugar a otro sin tener que dejar el vehículo cuando se requiera ingresar a centros comerciales ya que presenta la ventaja de cambiar su geometría estructural para convertirse en una carriola
- El material idóneo para la estructura es el acero inoxidable AISI 304 ya que presenta buenas propiedades mecánicas y a su vez se puede encontrar en el mercado, para el sistema mecánico se realizó en aleación de aluminio 6061 T6 de igual forma por su precio y su facilidad de encontrar en el mercado
- Se analizó todos los puntos primordiales para que el diseño sea viable, teniendo en consideración las alternativas que se encuentra normalmente para este tipo de vehículos y las características que estos presentan, lo que nos ayudó a validar el diseño de la tricicleta carriola
- En el diseño estructural se indicó que gracias a su geometría es capaz de soportar cargas mayores a 1000 N lo que nos indica que puede soportar a personas con masa mayor a 100 kg, y también a un niño con una masa máxima de 40 kg, lo que hace valedero al diseño del vehículo, tomando en cuenta las características mencionadas el factor de seguridad obtenido en la estructura es 2.83, para el divisor es 3.26, para los soportes de la ruedas es 2.6, para la base del asiento del niño es 1.79 y finalmente el sistema mecánico con factor de seguridad de 2.17, lo que garantiza la fiabilidad del diseño
- Se realizó las pruebas de campo en los distintos escenarios y se verificó su funcionalidad tanto en zonas rurales como La Florida y Capelo en el cantón Rumiñahui como en zonas urbanas como el centro de la ciudad de Sangolquí y dentro de los centros comerciales. Desempeñándose exitosamente sobre todos estos escenarios de pruebas

## **BIOGRAFÍA.**



César Ramiro Llánz Echeverría, nació en El Valle de los Chillos provincia de Pichincha – Ecuador. Ingeniero Automotriz en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE en la ciudad de Latacunga, Ecuador.



Félix Manjarrés, nació en Guayaquil – Ecuador, Tecnólogo en Mecánica de Aviación, Ingeniero Automotriz e Ingeniero Industrial, Master en Gestión de Empresas mención PYMES, Egresado en la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, en el programa de Diseño, Producción y Automatización Industrial. Docente tiempo parcial en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la ciudad de Latacunga desde el 2010. Consultor de proyectos en el área de Ingeniería Industrial y Mecánica