



**ESPE**

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

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

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: 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**

**AUTOR: CÉSAR RAMIRO LLÁNEZ ECHEVERRÍA**

**DIRECTOR: ING. FÉLIX MANJARRÉS**

**LATACUNGA**

**2015**



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

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“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”** realizado por el señor **CÉSAR RAMIRO LLÁNEZ ECHEVERRÍA**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **CÉSAR RAMIRO LLÁNEZ ECHEVERRÍA** para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, 20 de Noviembre del 2015**

**Félix Javier Manjarrés**

**DIRECTOR**



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

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **CÉSAR RAMIRO LLÁNEZ ECHEVERRÍA**, con cédula de identidad N° 171882583-7, declaro que este trabajo de titulación "**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**" ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

**Latacunga, 20 de Noviembre del 2015**

---

**César Ramiro Lláñez Echeverría**

**C.C.: 1718825837**



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

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **CÉSAR RAMIRO LLÁNEZ ECHEVERRÍA**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“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”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

**Latacunga, 20 de Noviembre del 2015**

**César Ramiro Llópez Echeverría**

**C.C.: 1718825837**

## DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida, la fuerza para sobrellevar las adversidades, por ser quien guía día a día mi vida, y enseñarme a enfrentar los obstáculos sin nunca decaer en el intento, por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre por ser ese apoyo incondicional, por la enseñanza que me ha entregado, por ser el pilar fundamental de mi vida porque gracias a su sacrificio, amor y entrega hoy puedo culminar un escalón más en mi vida.

A mi familia por demostrarme que siempre estarán ahí apoyándome y guiándome por el camino de bien.

A mi abuelito Manuelito quien siempre creyó en mí, porque fue el mejor ejemplo de vida, superación, trabajo y entrega por lo que uno ama.

A tu comprensión, apoyo, por ser la musa que inspira en los tiempos difíciles, por ser el pilar en las decisiones que he tomado en mi vida, por darme a conocer lo mejor del mundo, por siempre estar a mi lado. Mishell Estefanía

A mis amigos que siempre han estado conmigo dándome su apoyo y sus consejos para seguir adelante.

**César Ramiro Llénez E.**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por ser quien permite que todo se haga realidad, por darme las fuerzas para superar los obstáculos y por ser la principal guía para llegar a este momento.

A mi madre Luz por el amor que me brinda día a día, por acompañarme durante todo este proceso de formación profesional, por ser parte incondicional de mi vida y por ser la persona que me ha comprendido siempre.

A mi familia por el apoyo brindado, por sus consejos que siempre fueron útiles ante cualquier adversidad de la vida, a mis queridos tíos, primos, hermanas, sobrinos. Por siempre estar ahí cuando les he necesitado.

A Mishell Estefanía por su paciencia y comprensión brindada durante todo este proceso de formación. Y sobre todo por estar junto a mí en todo momento

A todos mis profesores por impartir todos los conocimientos en clase y por ser los forjadores de personas de bien, con sus enseñanzas para formar buenos profesionales.

Al Ing. Félix Manjarrés por el apoyo y los conocimientos brindados durante mi formación profesional y por sus consejos y opiniones que me ayudaron a desarrollar este proyecto.

A mis amigos Jonathan V. Alfredo H. y Sebastián Ll. por su indispensable amistad y camaradería, por todo su apoyo y guía durante los 6 años de formación en la universidad.

A Jonathan G. y Juan Pablo Z. por estar conmigo en la buenas y en las malas enseñándome las claves del éxito y la felicidad.

Finalmente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por acogerme durante todo este proceso de formación así convirtiéndose en mi segundo hogar.

**César Ramiro Llénez E.**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>PORTADA</b> .....	<b>i</b>
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvii</b>

### CAPÍTULO I

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 Objetivo general .....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 Hipótesis.....	2
1.5 Variables.....	3

### CAPÍTULO II

<b>2. ASPECTOS GENERALES</b> .....	<b>4</b>
2.1 Generalidades .....	4
2.1.1 La tricicleta.....	4
2.1.2 Tricicletas en el ámbito ecuatoriano e internacional .....	7
2.1.3 Bicicletas convertibles.....	9
2.1.4 Ingeniería de la tricicleta convertible .....	11

### CAPÍTULO III

<b>3. DISEÑO, SIMULACIÓN Y SELECCIÓN DE COMPONENTES</b> .....	<b>21</b>
3.1 Determinación de las especificaciones de los sistemas.....	21

3.1.1	Voz del usuario.....	21
3.1.2	Voz del ingeniero .....	21
3.2	Casa de la calidad .....	22
3.3	Resultados y conclusiones de la casa de la calidad .....	22
3.3.1	Resultados de la casa de la calidad.....	22
3.3.2	Conclusiones de la casa de la calidad.....	23
3.4	Análisis funcional.....	25
3.4.1	Introducción.....	25
3.5	Desarrollo de los diagramas funcionales.....	26
3.5.1	Módulo principal .....	26
3.5.2	Diagrama 1: Estructura.....	26
3.5.3	Diagrama 2: Sistema mecánico .....	26
3.5.4	Diagrama 3: Sistema de transmisión .....	27
3.5.5	Diagrama 4: Sistema de dirección.....	27
3.5.6	Diagrama 5: Sistema de frenos.....	27
3.6	División modular .....	28
3.6.1	Estructura.....	28
3.6.2	Sistema de mecánico .....	31
3.6.3	Sistema de transmisión .....	33
3.6.4	Sistema de dirección.....	38
3.6.5	Sistema de frenos.....	39
3.7	Consideraciones generales .....	43
3.7.1	Análisis cinemático y dinámico. ....	43
3.7.2	Distancia entre ejes y ancho de vías .....	43
3.7.3	Distribución de pesos .....	44
3.7.4	Análisis de ángulos de la dirección .....	46
3.7.5	Análisis de frenado en cada rueda .....	47
3.7.6	Relación de transmisión .....	49
3.8	Análisis estructural .....	54
3.8.1	Análisis en la estructura de la tricicleta carriola.....	54
3.8.2	Análisis de posiciones en el cambio de geometría estructural .....	62
3.8.3	Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo .....	66
3.9	Consideraciones previas al análisis estructural .....	68
3.9.1	Tipos de mallas.....	68
3.9.2	Generación de mallado .....	68
3.9.3	Calidad de mallado.....	69



3.10	Selección del mallado ideal .....	70
3.10.1	Factor de seguridad para los distintos mallados .....	70
3.10.2	Calidad del mallado ideal para la tricicleta carriola .....	72
3.11	Simulación estática.....	72
3.11.1	Análisis de esfuerzos en el cuerpo principal de la estructura .....	72
3.11.2	Análisis de esfuerzos en el divisor .....	75
3.11.3	Análisis de esfuerzos en el soporte delantero.....	78
3.11.4	Análisis de esfuerzos en la base de asiento del niño .....	81
3.11.5	Análisis de esfuerzos en el sistema mecánico .....	85
3.12	Detalle de los accesorios .....	90
3.12.1	Sistema de Transmisión.....	90
3.12.2	Sistema de dirección.....	92
3.12.3	Sistema de frenos.....	93
3.12.4	Ergonomía .....	94

## **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>PROTOCOLO DEL PROCESO DE MANUFACTURA, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE .....</b>	<b>95</b>
4.1	Introducción.....	95
4.1.1	Característica del proceso.....	95
4.2	Tecnología de la construcción .....	95
4.2.1	Operaciones tecnológicas .....	97
4.2.2	Cursograma sinóptico de la construcción.....	97
4.2.3	Cursograma sinóptico del montaje .....	103
4.3	Construcción y montaje .....	104
4.3.1	Estructura.....	104
4.3.2	Sistema mecánico .....	107
4.3.3	Divisor frontal .....	110
4.3.4	Dirección y soportes de las ruedas .....	111
4.3.5	Montaje integral de la tricicleta carriola.....	113

## **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. ....</b>	<b>117</b>
5.1	Características del escenario de pruebas .....	117
5.1.1	Escenario rural.....	117

5.1.2	Escenario urbano .....	118
5.1.3	Escenario interno de un centro comercial .....	119
5.2	Parámetros de las pruebas .....	119
5.2.1	Pruebas rurales, urbanas y de interior de centros comerciales .....	119
5.3	Análisis de resultados .....	124
5.4	Manual de mantenimiento y operación .....	125
5.5	Análisis de costos .....	126
5.5.1	Lista de costos para la estructura & sistema mecánico. ....	127
5.5.2	Lista de costos para el sistema de transmisión .....	127
5.5.3	Lista de costos para el sistema de dirección .....	128
5.5.4	Lista de costos para el sistema de frenos .....	128
5.5.5	Lista de costos para el confort y seguridad .....	129

## **CAPÍTULO VI**

<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>130</b>
6.1	Conclusiones .....	130
6.2	Recomendaciones .....	132

<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>133</b>
---------------------------	------------

<b>LINKGRAFÍA .....</b>	<b>134</b>
-------------------------	------------

<b>ANEXOS .....</b>	<b>136</b>
---------------------	------------

**Anexo A:** Casa de la Calidad

**Anexo B:** Planos del Proyecto

**Anexo C:** Manual de mantenimiento

**Anexo D:** Artículo Científico

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	Tricicleta Solar, Ganadora en el desierto de Atacama .....	4
<b>Figura 2:</b>	TrioBike v2 convertible.....	5
<b>Figura 3:</b>	Bicicleta con carro.....	5
<b>Figura 4:</b>	Tricicleta Eléctrica Ciclo TEK .....	6
<b>Figura 5:</b>	Tricicleta KLIMAX.....	6
<b>Figura 6:</b>	Tricicleta convertible.....	7
<b>Figura 7:</b>	Tricicleta de Carga .....	8
<b>Figura 8:</b>	Tricicleta Solar .....	8
<b>Figura 9:</b>	Bicicleta convertible.....	9
<b>Figura 10:</b>	Bicicleta convertible.....	13
<b>Figura 11:</b>	Fuerzas inerciales en la estructura del vehículo .....	14
<b>Figura 12:</b>	Sistema de transmisión por cadenas.....	17
<b>Figura 13:</b>	Sistema de transmisión por cadenas.....	17
<b>Figura 14:</b>	Piñón múltiple .....	18
<b>Figura 15:</b>	Centro de Giro del Vehículo.....	19
<b>Figura 16:</b>	Trapecio de Ackermann .....	19
<b>Figura 17:</b>	Parámetros del trapecio para la optimización de la geometría.....	20
<b>Figura 18:</b>	Función principal.....	26
<b>Figura 19:</b>	Función de la estructura de la tricicleta carriola.....	26
<b>Figura 20:</b>	Función del sistema mecánico.....	26
<b>Figura 21:</b>	Función del sistema de transmisión.....	27
<b>Figura 22:</b>	Función del sistema de dirección .....	27
<b>Figura 23:</b>	Función del sistema de frenos .....	27
<b>Figura 24:</b>	División modular estructura .....	28
<b>Figura 25:</b>	División modular de sistema mecánico.....	31
<b>Figura 26:</b>	División modular de sistema de transmisión.....	33
<b>Figura 27:</b>	División modular de sistema de dirección.....	38
<b>Figura 28:</b>	División modular de sistema de frenos .....	40
<b>Figura 29:</b>	Mallas de marcos .....	44
<b>Figura 30:</b>	Distribución de pesos .....	45
<b>Figura 31:</b>	Centro de giro del vehículo .....	46
<b>Figura 32:</b>	Fuerzas de frenado.....	47
<b>Figura 33:</b>	Interfaz de programa e ingreso de datos.....	50
<b>Figura 34:</b>	Relación de transmisión 1 .....	51
<b>Figura 35:</b>	Relación de transmisión 2 .....	51
<b>Figura 36:</b>	Relación de transmisión 3 .....	52
<b>Figura 37:</b>	Relación de transmisión 4 .....	52
<b>Figura 38:</b>	Relación de transmisión 5 .....	53
<b>Figura 39:</b>	Relación de transmisión 6 .....	53
<b>Figura 40:</b>	Relación de transmisión 7 .....	54

<b>Figura 41:</b>	Diagrama de cuerpo libre de la estructura (Elemento 1) .....	55
<b>Figura 42:</b>	Diagrama de cuerpo libre del divisor (Elemento 2) .....	56
<b>Figura 43:</b>	Diagrama de cuerpo libre del divisor (Elemento 2) .....	56
<b>Figura 44:</b>	Diagrama de fuerzas y momentos en el plano xy .....	57
<b>Figura 45:</b>	Diagrama de cuerpo libre del divisor (Elemento 2) .....	58
<b>Figura 46:</b>	Diagrama de fuerzas y momentos en el plano yz .....	59
<b>Figura 47:</b>	Acero inoxidable AISI 304.....	61
<b>Figura 48:</b>	Diagrama de posición inicial .....	63
<b>Figura 49:</b>	Diagrama de posición final.....	64
<b>Figura 50:</b>	Diagrama de relación entre theta 2 vs theta 3.....	65
<b>Figura 51:</b>	Diagrama de relación entre theta 2 vs theta 1.....	65
<b>Figura 52:</b>	Diagrama de relación entre theta 1 vs theta 3.....	66
<b>Figura 53:</b>	Diagrama de relación entre theta 2 vs r1 .....	66
<b>Figura 54:</b>	Diagrama de soldadura .....	67
<b>Figura 55:</b>	Mallado preestablecido por el software.....	69
<b>Figura 56:</b>	Refinamiento .....	69
<b>Figura 57:</b>	Calidad de mallado .....	70
<b>Figura 58:</b>	Calidad de mallado ideal de la tricicleta carriola .....	72
<b>Figura 59:</b>	Estructura principal .....	72
<b>Figura 60:</b>	Aplicación de cargas y sujeciones .....	73
<b>Figura 61:</b>	Mallado de la estructura .....	73
<b>Figura 62:</b>	Calidad del elemento de la estructura.....	74
<b>Figura 63:</b>	Deformación total de la estructura .....	74
<b>Figura 64:</b>	Esfuerzo máximo (Von-mises) de la estructura .....	74
<b>Figura 65:</b>	Factor de seguridad de la estructura .....	75
<b>Figura 66:</b>	Divisor delantero .....	75
<b>Figura 67:</b>	Aplicación de cargas y sujeciones .....	76
<b>Figura 68:</b>	Mallado del divisor delantero .....	76
<b>Figura 69:</b>	Calidad del elemento del divisor delantero .....	76
<b>Figura 70:</b>	Deformación total del divisor delantero .....	77
<b>Figura 71:</b>	Esfuerzo máximo (Von-Mises) del divisor .....	77
<b>Figura 72:</b>	Factor de seguridad del divisor.....	78
<b>Figura 73:</b>	Soportes delanteros.....	78
<b>Figura 74:</b>	Aplicación de cargas y sujeciones .....	79
<b>Figura 75:</b>	Mallado de la estructura .....	79
<b>Figura 76:</b>	Calidad del elemento del soporte delantero.....	80
<b>Figura 77:</b>	Deformación total del soporte delantero .....	80
<b>Figura 78:</b>	Esfuerzo máximo (Von-mises) del soporte delantero .....	81
<b>Figura 79:</b>	Factor de seguridad del soporte delantero .....	81
<b>Figura 80:</b>	Soporte delantero.....	82
<b>Figura 81:</b>	Aplicación de cargas y sujeciones .....	82
<b>Figura 82:</b>	Mallado del soporte delantero .....	83

<b>Figura 83:</b>	Calidad del elemento la base de asiento .....	83
<b>Figura 84:</b>	Deformación total de la base de asiento .....	83
<b>Figura 85:</b>	Esfuerzo máximo (Von-mises) de la base de asiento .....	84
<b>Figura 86:</b>	Factor de seguridad de la base de asiento .....	84
<b>Figura 87:</b>	Características de acero Inoxidable .....	85
<b>Figura 88:</b>	Sistema mecánico .....	86
<b>Figura 89:</b>	Aplicación de cargas y sujeciones .....	86
<b>Figura 90:</b>	Mallado de la estructura .....	87
<b>Figura 91:</b>	Calidad del elemento del soporte delantero.....	87
<b>Figura 92:</b>	Deformación total del sistema mecánico.....	88
<b>Figura 93:</b>	Esfuerzo máximo (Von-mises) del sistema mecánico.....	88
<b>Figura 94:</b>	Factor de seguridad del sistema mecánico .....	89
<b>Figura 95:</b>	Características de Aluminio 6061 T6 .....	89
<b>Figura 96:</b>	Pedales y conjunto rodamiento.....	90
<b>Figura 97:</b>	Conjunto piñonera trasera.....	90
<b>Figura 98:</b>	Piñonera delantera .....	91
<b>Figura 99:</b>	Cadena de transmisión.....	91
<b>Figura 100:</b>	Encarrilador de cambios .....	91
<b>Figura 101:</b>	Controlador de cambios.....	92
<b>Figura 102:</b>	Rotula de dirección .....	92
<b>Figura 103 :</b>	Barra de dirección.....	92
<b>Figura 104:</b>	Manillar .....	92
<b>Figura 105:</b>	Disco de freno.....	93
<b>Figura 106:</b>	Frenos delanteros .....	93
<b>Figura 107:</b>	Palanca de freno .....	93
<b>Figura 108:</b>	Asiento del conductor .....	94
<b>Figura 109:</b>	Seguro para el asiento.....	94
<b>Figura 110:</b>	Tubería de 2 ½" ovalada.....	105
<b>Figura 111:</b>	Tubería de 1" con dobles .....	105
<b>Figura 112:</b>	Guías para la rueda trasera .....	105
<b>Figura 113:</b>	Guías para el asiento del conductor y guías de los pedales .....	106
<b>Figura 114:</b>	Refuerzos para la guía de los pedales y asiento .....	106
<b>Figura 115:</b>	Guías para el cableado .....	107
<b>Figura 116:</b>	Soporte de la mordaza .....	107
<b>Figura 117:</b>	Bloque de aluminio para el sistema mecánico .....	108
<b>Figura 118:</b>	Corte de bloque de aluminio.....	108
<b>Figura 119:</b>	Perforación de bloque de aluminio.....	108
<b>Figura 120:</b>	Roscado de los agujeros .....	109
<b>Figura 121:</b>	Perforación e implementación de sistema de enclavamiento .....	109
<b>Figura 122:</b>	Pin de enclavamiento.....	109
<b>Figura 123:</b>	Ajuste del sistema mecánico .....	110
<b>Figura 124:</b>	Desbastado de eje para el sistema mecánico .....	110

<b>Figura 125:</b> Doblado del tubo del divisor .....	110
<b>Figura 126:</b> Unión de la guía para el soporte de la rueda .....	111
<b>Figura 127:</b> Desbastado de eje para el sistema mecánico .....	111
<b>Figura 128:</b> Doblado de tubo de manubrio .....	112
<b>Figura 129:</b> Guía de ajuste de soporte.....	112
<b>Figura 130 :</b> Ajuste para la guía del soporte .....	112
<b>Figura 131:</b> Pin de la dirección .....	113
<b>Figura 132:</b> Guía de enclavamiento del sistema mecánico .....	113
<b>Figura 133:</b> Montaje del sistema mecánico.....	113
<b>Figura 134:</b> Montaje de los ejes de la tricicleta carriola .....	114
<b>Figura 135:</b> Montaje de la dirección del vehículo.....	114
<b>Figura 136:</b> Montaje de los manubrios controladores de la dirección .....	114
<b>Figura 137:</b> Montaje de los pedales y la catarina delantera .....	115
<b>Figura 138:</b> Montaje de la catarina trasera con su respectivo encarrilador.....	115
<b>Figura 139:</b> Montaje e instalación de los frenos en V delanteros y de disco traseros .....	115
<b>Figura 140:</b> Instalación del asiento del niño y del conductor .....	116
<b>Figura 141:</b> Croquis de la ruta sector La Florida .....	117
<b>Figura 142:</b> Croquis de la ruta sector Capelo – La Salle .....	118
<b>Figura 143:</b> Croquis de la ruta sector García Moreno-Bulevar-River Mall .....	118
<b>Figura 144:</b> Centro comercial River Mall .....	119
<b>Figura 145:</b> Centro comercial San Luis .....	119
<b>Figura 146:</b> Barrio la florida, sector rural .....	120
<b>Figura 147:</b> Monumento Rumiñahui.....	120
<b>Figura 148:</b> Municipio del cantón Rumiñahui .....	121
<b>Figura 149:</b> Ingreso al centro comercial River Mall .....	122
<b>Figura 150:</b> Pruebas del vehículo en el ascensor .....	122
<b>Figura 151:</b> Pruebas en las escaleras eléctricas.....	123
<b>Figura 152:</b> Portada del manual de mantenimiento .....	125
<b>Figura 153:</b> Resumen general de costos.....	126

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b>	Factores de adherencia según el tipo de carretera.....	16
<b>Tabla 2:</b>	Hoja de especificaciones QHD .....	24
<b>Tabla 3:</b>	Dimensiones mínimas y máximas de diseño .....	29
<b>Tabla 4:</b>	Alternativas para la forma estructural .....	30
<b>Tabla 5:</b>	Evaluación de alternativas para la formaestructural .....	30
<b>Tabla 6:</b>	Alternativas para el sistema mecánico .....	31
<b>Tabla 7:</b>	Evalucacion de alternativas del sistema mecánico .....	32
<b>Tabla 8:</b>	Alternativas para el sistema de transmisión flexible.....	33
<b>Tabla 9:</b>	Evaluación para el sistema de tranmisión flexible .....	34
<b>Tabla 10:</b>	Alternativas para el sistema de transmisión .....	35
<b>Tabla 11:</b>	Evaluación para el sistema de tranmisión .....	35
<b>Tabla 12:</b>	Alternativas para rodamientos .....	36
<b>Tabla 13:</b>	Evaluación para alternativas de rodamientos .....	37
<b>Tabla 14:</b>	Alternativas para el sistema de dirección.....	38
<b>Tabla 15:</b>	Evaluación de alternativas para el sistema de dirección .....	39
<b>Tabla 16:</b>	Alternativas para el sistema de frenos.....	40
<b>Tabla 17:</b>	Evaluación para el sistema de frenos .....	41
<b>Tabla 18:</b>	Alternativas para la mordaza.....	42
<b>Tabla 19:</b>	Evaluación para alternativas para la mordaza.....	42
<b>Tabla 20:</b>	Distancia entre ejes .....	44
<b>Tabla 21:</b>	Datos de posiciones de los eslabones .....	44
<b>Tabla 22:</b>	Coeficiente de correlación .....	67
<b>Tabla 23:</b>	Tipos de mallas .....	68
<b>Tabla 24:</b>	Comparación de mallados .....	70
<b>Tabla 25:</b>	Factor de seguridad para los mallados .....	71
<b>Tabla 26:</b>	Máquinas y equipos .....	95
<b>Tabla 27:</b>	Operaciones tecnológicas.....	97
<b>Tabla 28:</b>	Simbología para el cursograma de proceso.....	98
<b>Tabla 29:</b>	Simbología para el Cursograma de montaje .....	103
<b>Tabla 30:</b>	Resumen general de costos .....	126
<b>Tabla 31:</b>	Lista de costos para el sistema de estructura.....	127
<b>Tabla 32:</b>	Lista de costos para el sistema de transmisión.....	127
<b>Tabla 33:</b>	Lista de costos para el de dirección .....	128
<b>Tabla 34:</b>	Lista de costos para el sistema de frenos .....	128
<b>Tabla 35:</b>	Lista de costos para el confort y seguridad.....	129

## **RESUMEN**

El presente proyecto tiene como objetivo el 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, que ayude a mejorar la movilidad dentro de las grandes ciudades siendo tan útil dentro de mercados y centros comerciales como por medio de la urbe. 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 en un solo paso, esto ayudará a los padres de familia que deseen movilizarse y a su vez contribuirá a la conservación del medio ambiente ya que el vehículo es propulsado netamente con fuerza humana. Tomando en consideración la ergonomía y seguridad de los ocupantes ante cualquier adversidad en el momento de trasportarse con la tricicleta carriola para ello se implementará con un arnés de cinco puntos y una cabina que proteja ante caídas. Para comprobar la eficacia del vehículo se procederá a generar un protocolo de pruebas en distintos escenarios tanto urbano, rural, y en los centros comerciales. Finalmente se considerará la viabilidad del proyecto para nuestros medios analizando si el proyecto es accesible para que adquieran las personas, tomando en consideración que este vehículo será carriola y tricicleta a la vez.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **TRICICLETA**
- **CARRIOLA**
- **GEOMETRÍA ESTRUCTURAL**
- **VEHÍCULOS ECOLÓGICOS**



## **ABSTRACT**

This project aims to design and build a vehicle propelled by human power with the ability to change its structural geometry to transport children up to three years, to help improve mobility within large cities being so helpful in markets and shopping centers and through the city. The vehicle shall be provided with a mechanical system which facilitates change of structural geometry, from a stroller to a tricycle and back in one step, this will help parents who want to move and in turn contributing to the conservation the environment and the vehicle is driven purely by human force. Taking into account the ergonomics and safety of the occupants before any adversity at the time of the stroller to transport themselves with this tricycle was implemented a five-point harness and a cabin to protect against falls. To check the efficiency of the vehicle shall be generating a different test protocol in both urban, rural, to the malls scenarios. Finally, it considers the feasibility of the project to our means analyzing whether the project is accessible to acquire the people, considering that this vehicle will stroller and tricycle at once.

### **KEYWORDS:**

- **TRICYCLE**
- **STROLLER**
- **CHANGE STRUCTURAL**
- **ECOLOGICAL VEHICLE**

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Antecedentes

El Ecuador se encuentra en un proceso de innovación y mejoramiento de la educación superior, tanto es así que las exigencias de investigación son fundamentales para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. En concordancia con lo anteriormente expuesto, 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.

Sin duda alguna el desarrollo de este tipo de vehículos siempre resulta como un apoyo al medio ambiente desarrollando una tendencia sana. Tomando en consideración que la tricicleta carriola será una alternativa para el transporte de las personas, disminuyendo la congestión vehicular y evitando que los usuarios tomen vehículos que normalmente necesitan combustibles fósiles los cuales contribuyen a la contaminación ambiental.

#### 1.2 Justificación

Un vehículo con cero emisiones que cambie su geometría estructural es el propósito de esta investigación y el desarrollo del proyecto proporcionará como resultado una tricicleta carriola que pueden ser posteriormente asociados en vehículos denominados verdes para el mercado, creando conciencia con el medio ambiente, y cuidado de la salud de las personas.

En el desarrollo del presente proyecto abarca el conocimiento de diseño mecánico tomando en consideración los esfuerzos que afectan directamente a la

estructura, analizando los materiales y la deformación que estos tendrán, iniciando con un proceso de diseño que involucra la necesidad, para luego plantear el problema concreto, también realizando análisis y síntesis hasta concluir con el diseño final que se enfoca a la contribución para la aplicación de la seguridad, eficiencia y disminución de pérdidas mecánicas en los sistemas del vehículo.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar y construir un vehículo propulsado por fuerza humana con la posibilidad de cambiar su geometría estructural para transportar niños de hasta tres años.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Plantear el diseño concurrente de un sistema mecánico que permita el cambio de su geometría de tricicleta a una carriola para niños.
- Seleccionar los materiales idóneos para el diseño de la tricicleta carriola.
- Analizar los parámetros de ingeniería sobre la estructura y el sistema mecánico para validar el diseño.
- Seleccionar elementos de máquinas requeridos para el sistema de frenos, sistema de transmisión y ergonomía tanto para el conductor como para el acompañante.
- Gestionar y ejecutar el proceso de manufactura de la tricicleta carriola, e implementar cada uno de los componentes de los distintos sistemas en el vehículo.
- Ejecutar el protocolo de pruebas necesario para validar la construcción del sistema mecánico de la tricicleta carriola en distintos escenarios.

### **1.4 Hipótesis**

¿El 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 permitirá desenvolverse con eficiencia y seguridad en distintas zonas urbanas y dentro de centros comerciales?

## 1.5 Variables

### Variables Dependientes

- Diseñar la estructura y el mecanismo para el cambio de su geometría estructural e implementar los sistemas de transmisión y de frenos, en una tricicleta y tracción humana.

### Variables Independientes

- Cumplir con las dimensiones de una bicicleta común y parámetros de seguridad para el acompañante.

## CAPÍTULO II

### 2. ASPECTOS GENERALES

#### 2.1 Generalidades

##### 2.1.1 La tricicleta

###### a) Introducción

La tricicleta es un medio de transporte conformado específicamente por tres ruedas en su estructura general, dos ruedas en la parte delantera y una en la parte trasera que generalmente en la rueda de tracción, principalmente las Tricicletas son propulsadas por fuerza humana pero las tendencias han desarrollado nuevas alternativas de propulsión como son las Tricicletas a combustión interna o Tricicletas eléctricas.



**Figura 1: Tricicleta Solar, Ganadora en el desierto de Atacama**

**Fuente: (U. Andrés Bello, 2012)**

El desarrollo de la tricicleta carriola tiene principalmente dos partes en su estructura. La primera la conforma el sistema mecánico de los neumáticos, los frenos y la tracción mediante pedales unidos por un marco especial (estructura) en acero y por otra parte el mecanismo que será capaz de modificar la geometría de la estructura así cambiando de una tricicleta a una carriola. La tricicleta será impulsada por fuerza humana por medio de su transmisión hacia las ruedas y por otro lado la carriola será empujada por la persona desde la parte posterior. La estructura de la tricicleta está diseñada bajo el concepto básico de una tricicleta donde el usuario va reposado en un asiento que tiene respaldo. Esta forma permite que el usuario ejerza de mejor forma el torque en los pedales para la tracción. Otra ventaja comparativa con los

diseños estándar de las bicicletas y triciclos radica en el espacio para un elemento adicional en la parte delantera ya que existen dos áreas de contacto con el suelo. (Sepúlveda, 2007, p.2-1)

## b) Tipos de tricicletas

### Tricicleta convertible

Miguel (2010) afirma: “La TrioBike v2 puedes usarla de tres maneras diferentes: como bicicleta normal, como carrito manual o como carrito en la bicicleta” (p.1). Es importante que este tipo de bicicletas tenga varias utilidades para desenvolverse en distintos lugares por lo que la TrioBike v2 genera esa tendencia a modificar su estructura con el fin de dar diversas utilidades en diferentes entornos lo que hace más factible para las personas que usualmente usan este medio de transporte.



**Figura 2: TrioBike v2 convertible**

**Fuente: (Miguel, 2010)**

SideCar es una bicicleta normal adaptada en la parte posterior un carro adicional formando una tricicleta con una rueda direccional, una de apoyo y una para la tracción, en donde se puede llevar a una persona en la parte del carro.



**Figura 3: Bicicleta con carro.**

**Fuente: (Miguel, 2010)**

### Tricicleta Eléctrica

“Tricicleta Eléctrica Ciclo TEK Es un triciclo propulsado con un motor eléctrico con características sorprendentes con cualidades muy altas ante competidores, adicional con la capacidad de carga para elementos que se desee trasportar. Con un motor de 120 W” (Biker, 2013)



**Figura 4: Tricicleta Eléctrica Ciclo TEK**

**Fuente: (Biker, 2013)**

Indica que el triciclo eléctrico KLIMAX el ganador del Eurobike Green Awards 2010 en el concurso de bicicletas eléctricas Eurobike 2010. Este tipo de triciclos son totalmente seguros y aptos para funcionar en cualquier lugar. Al igual que las bicicletas eléctricas, los triciclos eléctricos no necesitan ni seguro ni carnet para conducirlos. Tiene una capota plegable que permite resguardar al conductor del agua de lluvia o del frío. Ideal para desplazamientos urbanos. (Trikes, 2012)



**Figura 5: Tricicleta KLIMAX**

**Fuente: (Trikes, 2012)**

“Tricicleta Convertible es un diseño bastante seguro y sencillo el cual adapta un techo para protección de los cambios climáticos la cual es plegable y se cambia a una cesta para colocar elementos en la parte frontal de la tricicleta” (Trikes, 2012)



**Figura 6: Tricicleta convertible**

**Fuente: (Trikes, 2012)**

## **2.1.2 Tricicletas en el ámbito ecuatoriano e internacional**

### **a) Tricicletas en Ecuador**

Jorque & Guano (2014) afirma: “Que las Tricicletas en Ecuador han evolucionado notablemente en transcurso de los años, muchas provincias tienen este tipo de medios de transporte y les dan diferente funcionalidad de acuerdo a las necesidades de los usuarios” (p.7).

Normalmente los usuarios de este tipo de vehículos en el Ecuador lo utilizan para el transporte de cargas pesadas, el lugar de aplicación de las Tricicletas Ecuatorianas es en los mercados y lugares de comercio popular. Se caracterizan por tener el cuadro reforzado con una segunda barra superior para aportar más enderezamiento a la estructura de la bicicleta. (Epar, 2009)





**Figura 7: Tricicleta de Carga**

**Fuente: (Epar, 2009)**

## **b) Tricicletas en el ámbito Internacional**

Jorque & Guano (2009) indica:

Las Tricicletas en el ámbito internacional cada vez van ganando espacio en el mercado, a medida que incrementa su demanda, se caracterizan por diseño aerodinámico y poseer componentes con tecnología de élite. Existen Tricicletas con tracción eléctrica, humana, solar e híbridas. Sus diseños apuntan en su mayoría a reducir al mínimo las pérdidas de eficiencia mecánicas, incluyendo algunas prestaciones que lo acercan a un vehículo convencional. (p.8)



**Figura 8: Tricicleta Solar**

**Fuente: (U. Andrés Bello, 2012)**

Además son importantes los vehículos que no contaminan convirtiéndose en un vehículo preferido por muchos para el transporte de personas.

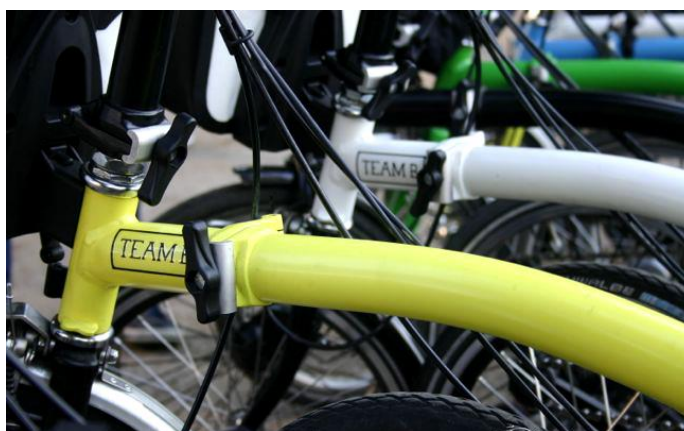
### 2.1.3 Bicicletas convertibles

La bicicleta plegable es una bicicleta que se puede hacer más pequeña doblándola en dos o más partes. Este tipo de bicicleta está diseñada para que cuando no esté en uso, pueda adquirir una forma que ocupe menos espacio, ya sea para fines de almacenamiento o transporte.

El hecho de poder plegarla hace que sea más fácil de transportar y guardar. Gracias a ello se puede guardar en casa o en el trabajo, se puede combinar su uso con el transporte público o se puede llevar en auto caravana, en barco o avión con más facilidad que una bicicleta tradicional.

Actualmente, la mayoría de bicicletas plegables o desmontables tiene ruedas menores que las de una bicicleta convencional, pero casi para cada tipo de bici, desde bici de compras, todo terreno, carreras, se puede encontrar un diseño plegable.

En los años 70 fueron comunes las bicicletas para niño o de paseo plegables, se trataba de bicicletas sencillas, generalmente sin marchas. En tiempos más recientes se ha desarrollado una industria de bicicletas plegables de altas prestaciones, con todo tipo de comodidades: cambios, suspensión, etc. (Epar, 2009)



**Figura 9: Bicicleta convertible**

**Fuente: (Kristy, 2014)**

#### a) **Ventajas y desventajas de las bicicletas convertibles**

##### **Ventajas**

- A diferencia de las bicicletas convencionales, las plegables se pueden combinar mucho más fácilmente con otros medios de transporte. Tomando en

cuenta que pueden cambiar su estructura funcional la cual ayuda al momento transportarse en vehículos públicos.

- Ahorro de espacio, con la capacidad de plegarse y recogerse la bicicleta reduce sus dimensiones lo que ayuda a ahorrar espacio, lo que ayuda directamente al momento de guardarla
- Con el ahorro de espacio antes mencionado es más fácil el transporte de la bicicleta por lo que se puede llevar a casi todos los lugares que se transite por lo que no es necesario dejar en lugares abiertos corriendo el riesgo de que lo roben
- Hoy en día existe la tendencia a viajar con las bicicletas convertibles ya que por su tamaño reducido no existe complicación para llevarla a donde se desee llevar.
- El ingreso a lugares donde normalmente no pueden ingresar las bicicletas como centros comerciales y mercados, pues resulta de gran ayuda cuando al convertirse de una bicicleta a una canasta para colocar las compras u objetos.
- Kristy (2014) refiere que económicamente la mayoría de las bicicletas plegables mantienen un buen precio de reventa a diferencia de las bicicletas normales. Teniendo en cuenta el mantenimiento adecuado para que no exista un deterioro notable.

### **Desventajas**

- Kristy (2014) indica mayor sensibilidad a las imperfecciones del camino, Este inconveniente atañe a las plegables de tamaño pequeño. Generalmente estas bicicletas utilizan ruedas de 16 a 20 pulgadas. La desventaja de los rodados pequeños es que cada imperfección del camino se siente más. Esto se debe a que entre más pequeño sea el diámetro de la rueda más difícil será que ésta “ruede” sobre los obstáculos e imperfecciones del camino.

- Las bicicletas que son plegables o que cambian su estructura normalmente no son tan populares como las bicicletas normales, por lo cual no existe elementos para una modificación de la misma.
- Algunos modelos con la configuración difícil o con dificultad para mantenerla plegada, también a su vez como son modelos específicos no existes repuestos principalmente del mecanismo para cambiar la configuración.
- El precio de adquisición es más elevado que las bicicletas normales, siendo un factor primordial al momento que un usuario busca un medio de transporte como este.
- Generalmente por la configuración de la estructura o por mecanismos que estas contienen llaman la atención a los transeúntes que pasan lo cual muchas veces puede ser incómodo.

#### **2.1.4 Ingeniería de la tricicleta convertible**

El desarrollo de la tricicleta tiene principalmente dos partes en su estructura. La primera la conforma el sistema mecánico de los neumáticos, los frenos y la tracción mediante pedales unidos por un marco especial (estructura) en acero y por otra parte el mecanismo que será capaz de modificar la geometría de la estructura así cambiando de una tricicleta a una carriola. La tricicleta será impulsada por fuerza humana por medio de su transmisión hacia las ruedas y por otro lado la carriola será empujada por la persona desde la parte posterior. La estructura de la tricicleta está diseñada bajo el concepto básico de una tricicleta donde el usuario va recostado en un asiento que tiene respaldo. Esta forma permite que el usuario ejerza de mejor forma el torque en los pedales para la tracción. Otra ventaja comparativa con los diseños estándar de las bicicletas y triciclos radica en el espacio para un elemento adicional en la parte delantera ya que existen dos áreas de contacto con el suelo lo que ayuda a incrementar el peso. (Sepúlveda, 2007, p.1-8)

**a) Análisis de funcionalidad**

Jorque & Guano (2014) indica:

Que el análisis del vehículo para alcanzar velocidades seguras con el mayor desempeño. De esta manera, no se discuten aspectos de estilo o relacionados con la estética sino que se concentra la discusión de analizar el comportamiento y las características de las tricicletas, sus partes y sistemas constitutivos, así como establecer las situaciones que determina el diseño de ingeniería de los mismos. Por lo que se emplea la potencia generada: (p.7)

En una bicicleta la potencia generada por el ser humano se utiliza para vencer la resistencia al movimiento, lo cual se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$W = \frac{V}{N} \left\{ M * g \left[ R + \frac{s}{100} + \frac{a}{g} \left( 1 + \frac{L}{M} \right) \right] + 0.5D Ad (V + B)^2 \right\}$$

**Ecuación 1**

Dónde:

W= Potencia transmitida a los pedales (vatios).

V= Velocidad de la tricicleta (m/seg).

N= Eficiencia mecánica de la transmisión.

M= Masa total del piloto y la tricicleta (kg).

g= Aceleración de la gravedad (9.8 m/seg<sup>2</sup>).

R= Coeficiente de resistencia al rodamiento.

s= Pendiente (porcentaje de inclinación) de la calle (hacia arriba).

a= Aceleración del vehículo (m/seg<sup>2</sup>).

L= Masa efectiva de la llanta (aquella masa que produciría el mismo momento de inercia si estuviera concentrada a una distancia del centro de rotación igual al radio exterior de la rueda) (kg).

D= Coeficiente de arrastre aerodinámico.

A= Área frontal de la tricicleta (m<sup>2</sup>).

d = Densidad del aire (kg/m<sup>3</sup>).

B= Velocidad del aire en la dirección opuesta al movimiento de la tricicleta (m/seg<sup>2</sup>).

“Claro que no hace falta conocer el significado de la ecuación para poder manejar una tricicleta. Sin embargo, es importante conocer el significado de cada uno de los términos

para poder estimar el potencial o las limitaciones de este vehículo” (Jorque & Guano, 2014, p.7).

La ecuación de la potencia transmitida a las ruedas motrices no es más que una formulación de lo siguiente:

$$W * N = V * F$$

### **Ecuación 2**

Dónde:

W= Potencia transmitida a los pedales (vatios).

V= Velocidad de la tricicleta (m/seg).

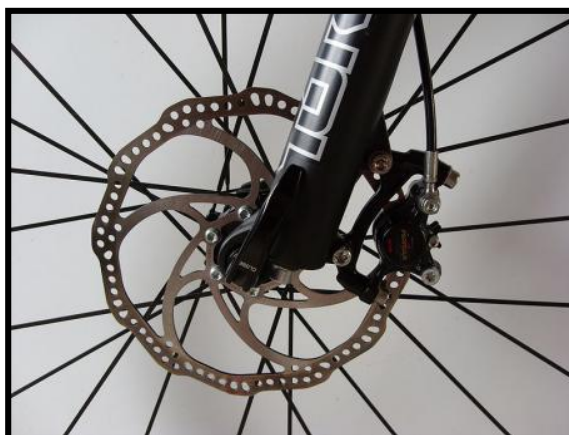
N= Eficiencia mecánica de la transmisión.

F= magnitud de las fuerzas que se oponen al movimiento.

#### **b) Sistema de frenos**

El vehículo debe contar con dos sistemas de frenos hidráulicos equilibrados (principal y secundario), cuyos circuitos de accionamiento sean independientes entre sí, de manera que si un circuito falla, el otro sistema de freno pueda ser accionado para detener el vehículo.

“Los sistemas principal y secundario pueden compartir componentes como pedales, manillas de accionamiento, cilindros hidráulicos, pistones, válvulas, entre otros. No pueden, sin embargo, compartir líneas de conexión ni mangueras hidráulicas” (Marcus, 2008).



**Figura 10: Bicicleta convertible**

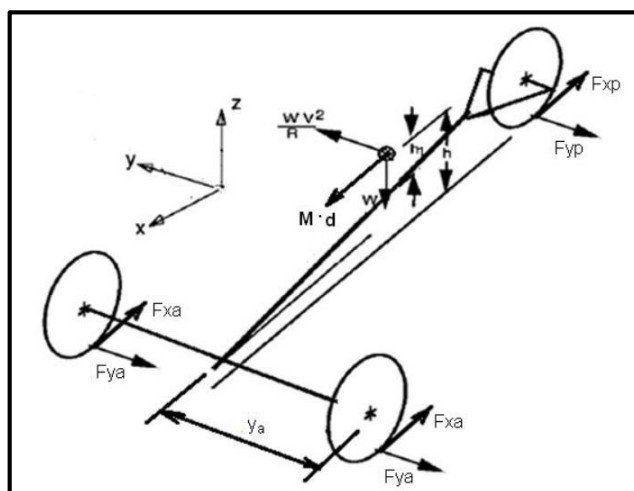
**Fuente: (Biker, 2013)**

Los vehículos deberán estar equipados con un freno de estacionamiento capaz de mantener estático al vehículo con su ocupante en una pendiente de 20%. Para esto, se debe poder emplear uno o ambos sistemas de frenado especificados anteriormente con un mecanismo capaz de inmovilizar los frenos delanteros.

### c) Frenado

Debido a la desaceleración del vehículo que se produce al momento de aplicar los frenos en caso que se requiera una parada normal o de emergencia, esta fuerza generada es opuesta a la dirección del movimiento del vehículo y esta aplicada en los puntos de contacto de las ruedas con la calzada debido a la fricción que existe entre estas dos superficies.

Para considerar en la estructura del chasis del vehículo la fuerza producida por el efecto de la inercia que tiene el mismo al momento del frenado, se considera un valor de desaceleración del vehículo. Esta fuerza la cual esta aplicada en el centro de gravedad del vehículo y transmitida directamente a la estructura del chasis. También existe la presencia de un momento flector en la estructura del chasis donde se acoplan los elementos de unión de la ruedas frontales con el mismo, debido a la fuerzas  $F_{xa}$  en cada rueda delantera mostradas en la figura siguiente debidas a la fricción, en la dirección opuesta a la dirección del movimiento del vehículo, y ubicada en el plano central de cada rueda frontal paralelo al plano central del chasis separados una distancia la cual depende de los elementos de unión entre las ruedas y el chasis, para simplificar el cálculo del momento flector generado, se considera una distancia de 40% de la longitud entre ejes. (Obome, 1978, p.78)



**Figura 11: Fuerzas inerciales en la estructura del vehículo**

**Fuente: (Gillespie, 1989)**

Asumiendo que existe una adecuada tracción (fricción) entre el neumático y la calzada que asegure una correcta frenada, el neumático desarrollará un esfuerzo de oposición al esfuerzo de rotación generado previamente por la rueda. Dicho valor será función de las características del neumático, pero la fuerza de reacción generada como respuesta en la calzada será: (Jorque & Guano, 2014, p.24)

$$Fuerza\ de\ frenado = \frac{N_{frenado}}{R_{neumático}}$$

### **Ecuación 3**

Dónde:

Ff = Fuerza de frenado

Rn = Radio de Neumático

Nf = Eficiencia de frenado

### **La resistencia a la rodadura**

Interviene como fuerzas retardadoras en el proceso de frenado. Su influencia es pequeña frente a la fuerza de frenado, ayudan durante el proceso de deceleración. La resistencia a la rodadura está compuesta por la fricción neumático-suelo y pérdidas mecánicas en el sistema de transmisión. Se puede decir que el valor de la resistencia a la rodadura crece casi proporcionalmente a la velocidad. (Imporbrake, 2010)

### **Adherencia**

La eficacia de la frenada depende del contacto neumático-asfalto principalmente o, lo que es lo mismo, la adherencia. El coeficiente de adherencia (f) es un valor experimental que define la mayor o menor adhesión de los cuerpos en contacto, neumático y calzada.



**Tabla 1:**  
**Factores de adherencia según el tipo de carretera**

Descripción de la superficie		SECA		HUMEDA	
Velocidad		Menos de 50 km/h	Más de 50 km/h	Menos de 50 km/h	Más de 50 km/h
<b>Asfalto</b>	nuevo, liso	0,80-1,20	0,65-1,00	0,50-0,80	0,45-0,75
	usado	0,60-0,80	0,55-0,70	0,45-0,70	0,40-0,65
	Pulimento por el trafico	0,55-0,75	0,45-0,65	0,45-0,65	0,40-0,60
	capa gruesa	0,5-0,60	0,35-0,60	0,30-0,60	0,25-0,55
<b>Cemento</b>	nuevo, liso	0,80-1,20	0,70-1,00	0,50-0,80	0,40-0,75
	usado	0,60-0,80	0,60-0,75	0,45-0,70	0,45-0,65
	Pulimento por el trafico	0,55-0,75	0,40-0,65	0,45-0,65	0,45-0,60

**Fuente: (Jorque, 2014)**

Jorque & Guano (2014) afirma:

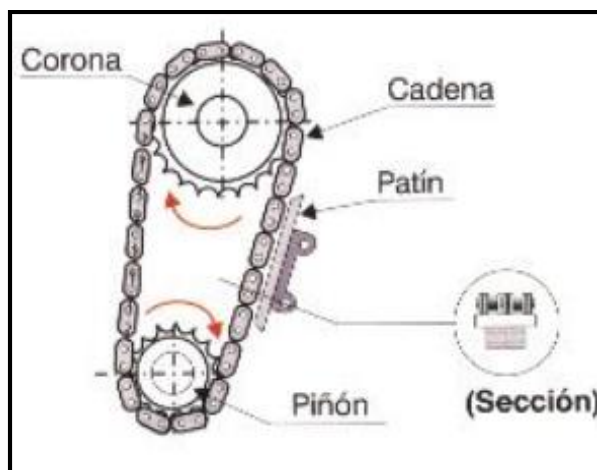
En el proceso de frenado se reduce la velocidad del vehículo por medio de la fricción, convirtiendo la energía cinética o potencial del mismo en calorífica, provocando un aumento de la temperatura global del sistema. Debido a ello, a estos componentes se les requiere unas características específicas, ya que deben soportar altas temperaturas sin desgastarse en exceso pero con un buen coeficiente de rozamiento y ventilación necesaria para poder frenar el vehículo con seguridad y fiabilidad. (p.26).

#### **d) Sistema de transmisión**

Uno de los componentes más vitales de una tricicleta es la transmisión, que produce una cantidad masiva de energía para las ruedas de manera regular. La energía es distribuida por la transmisión a través de los pedales hacia las ruedas traseras. Tener una tricicleta cuya transmisión funcione bien es una forma de asegurar que la misma anda adecuadamente. (Imporbrake, 2010)

#### **Sistema de transmisión por cadena**

El más popular y usado es sin duda la transmisión por cadena, que junto con el piñón y la corona, es el que mejor aprovecha la eficiencia humana, logrando redirigir toda la fuerza de este hacia la rueda. Esa es la razón principal de que en estos vehículos se use exclusivamente este sistema. (Solar, 2011)



**Figura 12: Sistema de transmisión por cadenas.**

**Fuente: (Gillespie, 1989)**

Las desventajas de las cadenas es que deben seguir un mantenimiento periódico para garantizar su óptimo rendimiento que consiste en una limpieza y engrasado. Además, de la verificación de la tensión y cada cierta cantidad de kilómetros dependiendo del fabricante ésta tiene que ser cambiada.



**Figura 13: Sistema de transmisión por cadenas.**

**Fuente: (Correa, 2010)**

### **Piñones y ruedas dentadas**

En la bicicleta la potencia se transmite de la rueda dentada (catarina) al piñón por medio de la cadena, esto significa que estas tres piezas deben estar propiamente dimensionadas entre sí y trabajar en perfecta armonía. En la rueda dentada y los piñones, además de la calidad o algún acabado especial hay que especificar:

- Número de piñones y ruedas dentadas
- Número de dientes

- Paso (distancia entre dientes)
- Espesor.

Navarro (1985) indica:

Con respecto al número de dientes, la variedad es muy amplia, es usual encontrar piñones múltiples con diferentes combinaciones desde 14 hasta 32 dientes y ruedas dentadas desde 24 hasta 56 dientes. Lo importante acá es la relación entre el número de dientes de la rueda dentada y el piñón ya que ésta es inversamente proporcional a la relación de velocidades angulares de ambas piezas y por lo tanto es lo que va a determinar con que velocidad se va a desplazar la tricicleta a partir de una velocidad dada de los pedales. (p.216)



**Figura 14: Piñón múltiple**

**Fuente: (Shimano, 2012)**

#### e) **Sistema de dirección**

El sistema de dirección es el encargado de proporcionar un ángulo de giro determinado a cada uno de las ruedas directrices cuando el vehículo debe describir una curva. El comportamiento ideal se consigue cuando la intersección de las prolongaciones de los ejes perpendiculares a las ruedas por sus centros coincida con el centro de giro del vehículo definido por la rueda virtual (simplificación del modelo de bicicleta) (Figura 2.15). Para conseguir este propósito, se ha implementado en el vehículo mediante un mecanismo conocido como trapecio de Ackermann (Figura 2.16). Este mecanismo tiene que conseguir que se cumpla una relación entre los ángulos de giro de las dos ruedas, que se denomina regla de las cotangentes y tiene como ecuación definitoria: (Cañibano, 2009)

$$\text{Cotg}(\vartheta_{ext}) - \text{Cotg}(\vartheta_{int}) = \frac{j}{L}$$

**Ecuación 4**

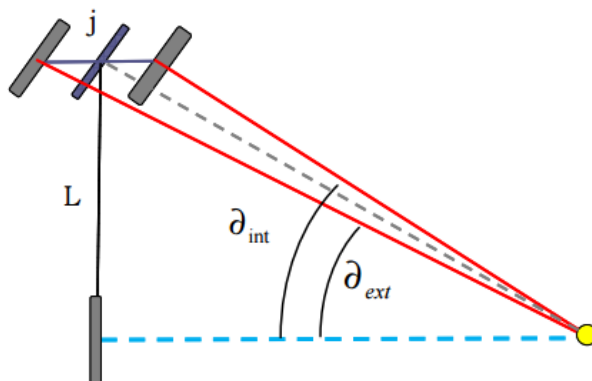
Dónde:

$\vartheta_{ext}$  = Es el ángulo girado por la rueda exterior.

$\vartheta_{int}$  = El ángulo girado por la rueda interior.

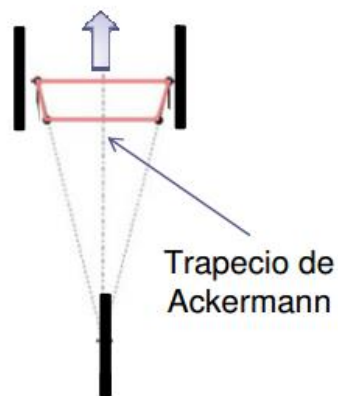
$j$  = Es el ancho de vía

$L$  = Es la batalla del vehículo.



**Figura 15: Centro de Giro del Vehículo**

**Fuente: (Cañibano, 2009)**



**Figura 16: Trapecio de Ackermann**

**Fuente: (Cañibano, 2009)**

La geometría de este mecanismo se ha optimizado mediante la ecuación de Freudstein, con tres puntos de precisión (Figura 2.17). Para ello se ha requerido la realización de varias iteraciones de diseño.

$$K_1 \cdot \cos \psi - K_2 \cdot \cos \varphi + K_3 = \cos(\psi - \varphi)$$

**Ecuación 5**

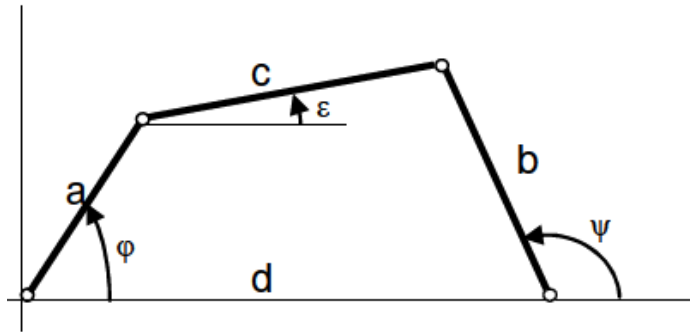
Dónde:

$K_1$  = Eslabón 1

$K_2$  = Eslabón 2

$K_3$  = Eslabón 3

$\psi, \varphi, \varepsilon$  = El ángulo de eslabones



**Figura 17: Parámetros del trapecio para la optimización de la geometría**

**Fuente: (Cañibano, 2009)**

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO, SIMULACIÓN Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

#### 3.1 Determinación de las especificaciones de los sistemas

La tricicleta carriola debe ser capaz de empezar su movimiento únicamente con fuerza humana (Partir del reposo) y de igual manera poder detenerlo en su totalidad. Para ello hay que tomar en consideración el diseño de la transmisión, de los frenos.

El diseño debe contar con un óptimo sistema de dirección para poder girar según como las condiciones de la vía lo exijan. Se tomará en consideración el diseño de la dirección. El vehículo deberá satisfacer la necesidad de transportar tanto a un adulto como a un niño. Para esto la tricicleta carriola debe tener un diseño estructural que soporte un peso de 120 Kg como máximo

##### 3.1.1 Voz del usuario

Determina directamente el criterio que tiene el usuario, en donde se especifica características sobre el diseño, el confort, la seguridad y estética.

- Que sea liviano y compacto
- Que sea resistente y tener alta durabilidad
- Que sea de costo bajo del vehículo
- Que sea seguro y estable en curvas
- Que sea ergonómico
- Que sea agradable de conducir y mantener el control del vehículo
- Que sea agradable a la vista del usuario
- Que sea fácil de cambiar su geometría estructural (Comportamiento)
- Que tenga buena tracción
- Que sea capaz de soportar vibraciones
- Que sea fácil el mantenimiento

##### 3.1.2 Voz del ingeniero

Con la necesidad que tiene el usuario sobre el vehículo, el ingeniero convierte las peticiones en características netamente técnicas.

- Geometría estructural que contribuya a la distribución adecuada de cargas
- Alta resistencia al impacto

- Resistencia a la corrosión que garanticen una larga vida útil
- Resistencia a la Flexión que garantice un buen funcionamiento
- Resistencia a la Fluencia que garantice un buen funcionamiento
- Soporte de cargas dinámicas dependiendo de los parámetros estabilizadores
- Configuración ideal del sistema mecánico para tener fácil cambio de tricicleta hacia carriola
- Materiales apropiados
- Seguridad
- Frenos delanteros y traseros
- Dirección precisa
- Transmisión adecuada

### **3.2 Casa de la calidad**

“Nos indica que es un método de gestión de calidad basado en transformar las demandas del usuario en la calidad del diseño, implementar las funciones que aporten innovación, e implementar métodos para lograr calidad del diseño en subsistemas y componentes” (Riba, 2002, p.14)

Jorque & Guano (2014)

Para elaborar la casa de la calidad se requiere, en primer lugar conocer la voz del cliente, mediante la cual este manifiesta sus requerimientos y deseos del producto o proceso, luego estos son traducidos, por medio del criterio del ingeniero, en requerimientos técnicos. Finalmente estos requerimientos técnicos son evaluados y focalizados, aquellos de mayor importancia o relevancia y cómo éstos se alinean con las necesidades de los clientes. Con los resultados en la QFD podemos identificar y analizar directrices que macarán el diseño de los sistemas de transmisión, dirección, frenado y la estructura. (p.33)

### **3.3 Resultados y conclusiones de la casa de la calidad**

#### **3.3.1 Resultados de la casa de la calidad**

En la casa de la calidad mostrada en el procedimiento para desarrollo de diseños por Carles Ribas nos ayuda a resolver y solucionar inquietudes e ideas plasmadas sobre un proyecto. En donde dará a denotar las modificaciones, mejoras conceptuales con el

propósito de adecuar de mejor manera al presente proyecto. En este proceso que conlleva la casa de la calidad se realiza un análisis, estudio de diseño, construcción y montaje de los elementos, lo cual podrá satisfacer las necesidades del usuario y también plasmar las ideas del ingeniero.

Se muestra en el diseño de la casa de la calidad en la columna los requerimientos del usuario (Vos del Usuario) en el cual se identifica y se toma en consideración las necesidades sobre el proyecto que tienen los clientes. Y en la fila se toma en consideración las referencias profesionales que tiene sobre el proyecto el ingeniero tratando de cumplir todos los puntos indispensables de diseño. Es importante la selección de componentes que tendrá el diseño para implementar los sistemas constituyentes de la tricicleta carriola. Con esto se logrará llegar a un diseño que cumpla las necesidades de los clientes respetando las normativas profesionales de diseño y construcción implantadas por el profesional.

### **3.3.2 Conclusiones de la casa de la calidad**

El análisis de la casa de la calidad ha aportado con información valiosa para proceder al diseño y selección de componentes para la tripleta.

- Estructura: En la casa de la calidad la estructura es el factor más importante ya que presenta mayor ponderación, por lo que representa mayor relevancia al momento de realizar el diseño, se considera el diseño con un peso no mayor de 40 kg de estructura, para ello se analizara la mejor opción en cuanto a los materiales y al análisis estructural que tenga las mejores características.
- Geometría estructural: Depende directamente entre la relación peso - dimensiones, tomando en consideración la forma que tendrá al finalizar el diseño así también como la geometría de los tubos estructurales que formarán parte del esqueleto, la cantidad de material será obtenido en el diseño.
- 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.
- **Precio del vehículo:** Se minimizará los costos de construcción, los materiales los cuales ayudarán a disminuir en lo máximo el costo total de la estructura, sacrificando el peso.
- **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 templetes, 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.

a) **Hoja de especificaciones técnica QFD**

**Tabla 2:**

**Hoja de especificaciones técnica QFD**

TRICICLETA CARRIOLA			
CONCEPTO	PROPONE	R/D	DESCRIPCION
FUNCION	C	R	Vehículo con cambio en su forma estructural para transporte de niños hasta 3 años
FUERZA	C	R	Fuerza o presión del conductor que aplica sobre los pedales transfiriendo por medio de transmisión flexible por cadenas hacia la rueda trasera.

CONTINÚA →

FRENADO	C	R	Frenado preciso y seguro en el cual no exista vibración y desperfectos en caso emergente.
ENERGIA	C	R	Energía Manual, con fuerza netamente humana
MANTENIMIENTO	D	R	Fácil mantenimiento y transporte, como también de fácil cambio de geometría estructural para que no sea incomodo al momento de transformarlo.
COMODIDAD	D	D	De fácil manejo y ergonómico, que no afecte en gran manera en la conducción disminuyendo así los puntos de fatiga y estrés en el cuerpo humano.
RENDIMIENTO	D	R	Buena capacidad de transporte, en donde se llevará un adulto de hasta 100 kg y un niño de hasta 30 kg

**Propone: M=Márquetin, C=Diseño, P=Producción, F=Fabricación**

**R/D: R=Requerimiento, D=Diseño, MR=Mod. De requerimiento**

**Fuente: (Riba, 2002)**

### 3.4 Análisis funcional

#### 3.4.1 Introducción

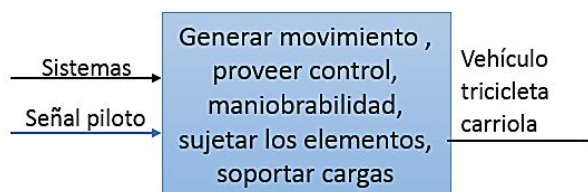
El análisis funcional es una técnica propuesta por el ingeniero estadounidense Lawrence D. Miles, cuyo propósito es de separar la acción que se efectúa el componente o mecanismo, para de este modo buscar nuevas soluciones a un mismo problema. El análisis funcional logra tener mejores productos a un menor costo. (Lawrence, 1989) Es importante establecer las funciones primarias y secundarias para la tricicleta carriola, como son los sistemas que conforman el vehículo. Las funciones primarias son aquellas por las que el cliente utiliza la tricicleta, debido a sus características de eficiencia, seguridad y ergonomía. Las funciones secundarias son aquellas que permiten que la función primaria se ejecute satisfactoriamente y son las que, mediante este análisis, se determinan. (Jorque, 2014)

Una vez que las funciones se encuentren establecidas se elegirá las mejores alternativas, se procede a desarrollar las soluciones para lo que necesitaría en el

vehículo, normalmente las funciones se las agrupa en módulos lo cuales ayudan a ordenar las funciones secundarias para mejorar el cometido de los módulos.

### 3.5 Desarrollo de los diagramas funcionales

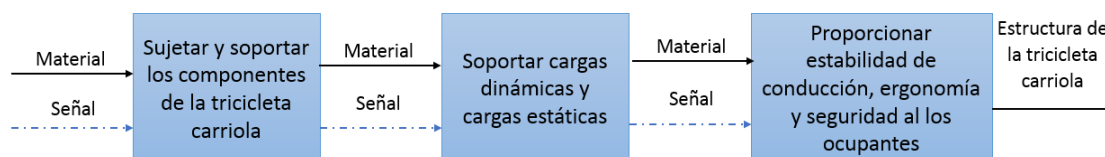
#### 3.5.1 Módulo principal



**Figura 18: Función principal**

#### 3.5.2 Diagrama 1: Estructura

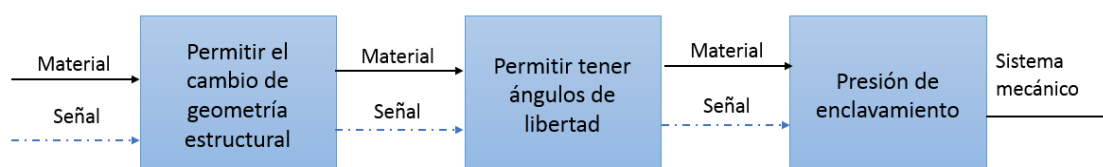
La función de la estructura se basa en sujetar los componentes que conforman la tricicleta carriola, así también las cargas que son generadas por los ocupantes del vehículo.



**Figura 19: Función de la estructura de la tricicleta carriola**

#### 3.5.3 Diagrama 2: Sistema mecánico

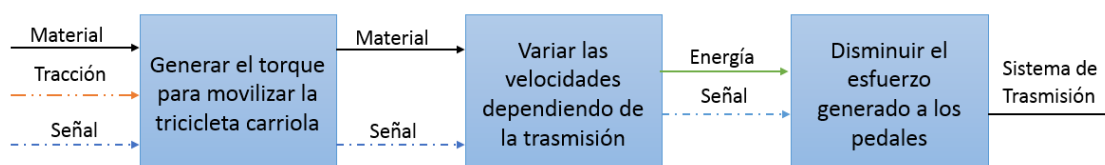
La función del sistema mecánico se basa esencialmente en cambiar la geometría estructural de una tricicleta a una carriola, mediante un mando mecánico que controle la libertad de giro que debe poseer el sistema.



**Figura 20: Función del sistema mecánico**

### 3.5.4 Diagrama 3: Sistema de transmisión

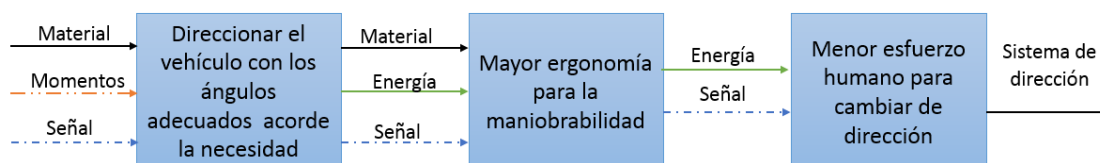
Al analizar la función del sistema observamos que el primer conjunto tiene como función generar el torque necesario para mover el vehículo, esta dependería de la variación de velocidades con una disminución de esfuerzo humano sobre los pedales.



**Figura 21: Función del sistema de transmisión**

### 3.5.5 Diagrama 4: Sistema de dirección

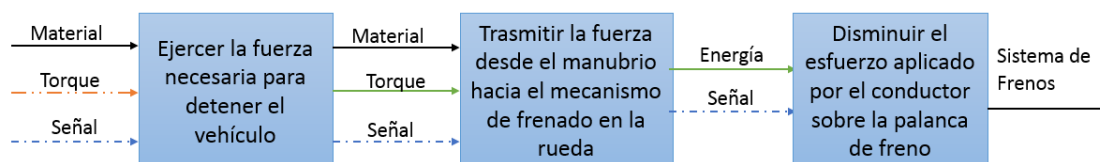
Es importante la consideración que se debe tener para el diseño de ángulos de libertad para el funcionamiento adecuado de la dirección, a su vez tener en cuenta la ergonomía de manejo en curvas y la reducción de esfuerzos humanos.



**Figura 22: Función del sistema de dirección**

### 3.5.6 Diagrama 5: Sistema de frenos

El sistema de frenos es un punto indispensable para el diseño y construcción de un vehículo ya que deben ser capaces de detener en su totalidad la masa del vehículo más la de sus ocupantes, disminuyendo en gran medida el esfuerzo que aplicaría el conductor sobre el mecanismo de frenado

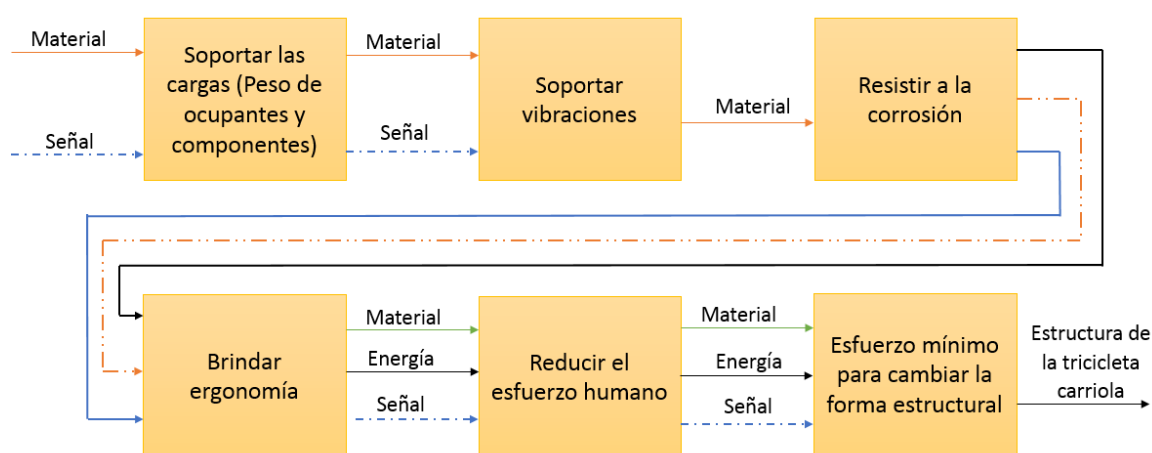


**Figura 23: Función del sistema de frenos**

### 3.6 División modular

#### 3.6.1 Estructura

Se ha considerado determinar las aplicaciones más eficientes para la estructura como son disminución de costos estructurales, simplicidad en el diseño, mayor facilidad de montaje de los componentes, disponibilidad del material, tomando en cuenta que depende del diseño para tener el peso mínimo esto quiere decir que muchas veces la disminución de peso incrementará los costos de fabricación o a su vez aumentará el costo de los componentes, pues hay que encontrar el equilibrio entre costo y peso para no tener inconvenientes con cualquier punto nombrado.



**Figura 24: División modular estructura**

- Consideraciones de diseño estructural

Se considera las especificaciones de diseño más adecuadas para el vehículo, tomando en consideración los tipos de elementos que van a formar parte de la estructura.

- Disponibilidad de los materiales
- Costo relativo bajo
- Diseño simple
- Fácil montaje de los componentes
- Cumplimiento de las funciones estructurales

Es importante tener las consideraciones para el diseño ya que se optimizaría en la mayoría el proyecto, como es un peso mínimo cumpliendo las funciones estructurales así como también mejorar el diseño del mecanismo para que sea de fácil manejo y disminuya el esfuerzo para cambiar la geometría estructural, la disminución de peso

viene de la mano con el aumento en costos por lo cual hay que encontrar un equilibrio entre el costo y el peso para que no se perjudique ninguno de estos puntos, de igual forma hay que disminuir la complejidad de los puntos donde van los componentes para que no exista problema o dificultad en el montaje.

- Acero inoxidable para el diseño

El material presenta sus características las cuales tienen que ser aprovechados en su totalidad, para lo cual se procede a la selección del material exacto para el diseño así como también el perfil que tendrá para cada sección. Para lo cual se ha optado el acero inoxidable AISI 304 por sus características que se mencionarán posteriormente.

#### **Especificaciones:**

- Tipo de cargas que soportará la estructura.
- Tipo de diseño estructural.
- Características del material (resistencia, ductilidad, tenacidad, etc.).
- Ciencia del material.
- Dimensiones estructurales.
- Soldadura y uniones.
- Técnicas de procesos de manufactura.
- Características de construcción.
- Experiencia de construcción en el taller y en el campo.
- Procesos de supervisión y control de calidad para el producto final.
- Dimensiones de diseño

#### **Tabla 3:**

##### **Dimensiones mínimas y máximas de diseño**

<b>Ancho mínimo del vehículo</b>	<b>750 mm</b>
<b>Ancho máximo del vehículo</b>	800 mm
<b>Distancia mínima entre ejes</b>	1200 mm
<b>Distancia máxima entre ejes</b>	1300 mm
<b>Alto mínimo del vehículo</b>	900 mm
<b>Alto máximo del vehículo</b>	1000 mm
<b>Velocidad máxima del vehículo</b>	25 Km/h

## a) Alternativas para la estructura

Tabla 4:

## Alternativas para la forma estructural




Cuadro triangular	Cuadro delgado	Cuadro simple
		
Presenta gran capacidad de carga	Ayuda con la maniobrabilidad	Es un diseño sencillo pero abarca poco espacio
Excelente rigidez	Mejor rigidez	Alta rigidez, bajo peso
Soporta cargas de impacto	Soporta cargas elevadas de impacto	Soporta cargas medias de impacto
Liviano	Liviano y compacto	Peso considerable
Costo medio	Costo medio	Costo bajo
Buena ergonomía	Buena ergonomía	Buena ergonomía
Seguro y fiable	Buena característica ante accidentes	Fiable en cualquier circunstancia

Tabla 5:

## Evaluación de Alternativas para la forma estructural

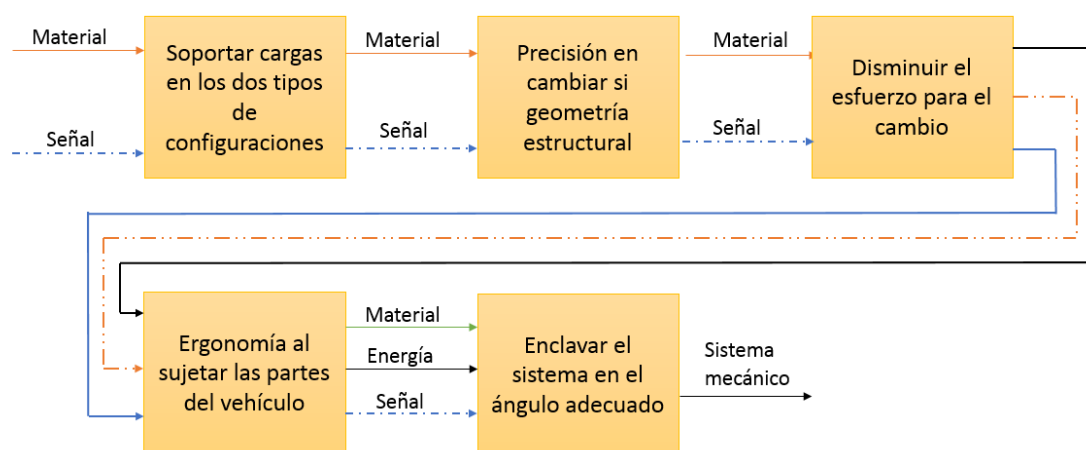
Ponderación /100	Características	Cuadro triangular	Cuadro delgado	Cuadro simple
20	Costo	16	14	18
10	Ergonomía	9	8	8
15	Peso	14	14	13
10	Tamaño	7	8	10
15	Rigidez	14	14	12
15	Soporta impactos	14	14	13
15	Eficacia cambio de geometría	9	10	15
100	<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>82</b>	<b>89</b>

- Alternativa ideal para la forma estructural

Analizando las respectivas alternativas y observando las características que éstas preceden se ha optado el cuadro simple, por su menor tamaño lo que nos beneficia al momento de realizar el cambio de geometría estructural así sustentado con la tabla 3-4 se ha elegido como la alternativa ideal para el diseño con un puntaje de 89/100, sobre las demás alternativas.

### 3.6.2 Sistema de mecánico

El desarrollo del módulo nos ayudará a la selección del tipo de sistema mecánico que intervendrá para el posible cambio de geometría estructural de la tricicleta carriola, tomando en consideración los grados de libertad que esta tiene que tener para que no pierda la configuración ya sea como tricicleta o como carriola. Y a su vez que sea ergonómico y de fácil manipulación para las personas.



**Figura 25: División modular de sistema mecánico**

#### a) Alternativas para el sistema mecánico

**Tabla 6:**

#### Alternativas para el sistema mecánico

Doble placa con ajuste	Eje pivotado	Eje con enclavamiento
Media eficacia para el cambio de geometría	Media eficiencia para el cambio de geometría	Alta eficiencia
Alta precisión de enclavamiento	Precisión media de enclavamiento	Alta precisión de enclavamiento

CONTINÚA →



Bajo ruido y vibración	Baja vibración en el cambio	Soporta vibraciones
Fácil desmontaje del sistema	Liviano	Construcción más sólida y compleja
Bajo mantenimiento de lubricación	Bajo mantenimiento	Alto índice de mantenimiento
Económica	Económica	Costo elevado
Soporta altas cargas	Soporta cargas medias	Soporta cargas medias

**Tabla 7:**

**Evaluación de Alternativas para el sistema mecánico**

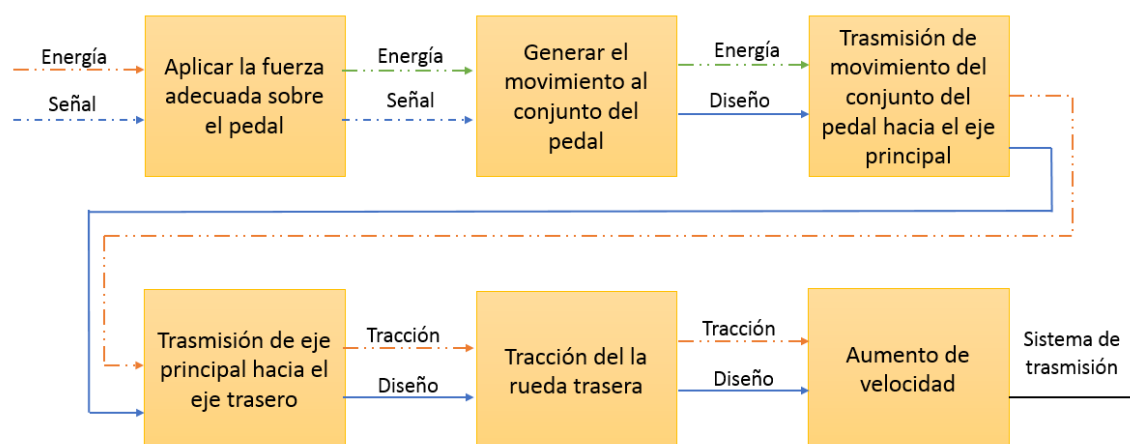
<b>Ponderación /100</b>	<b>Características</b>	<b>Doble placa con ajuste</b>	<b>Eje pivotado</b>	<b>Eje con enclavamiento</b>
<b>20</b>	Costo	18	16	12
<b>10</b>	Mantenimiento	9	8	8
<b>15</b>	Peso	14	15	13
<b>10</b>	Tamaño	9	9	8
<b>15</b>	Eficacia de cambio	14	14	14
<b>15</b>	Soporta vibraciones	14	13	13
<b>15</b>	Propiedades mecánicas	15	14	14
<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>93</b>	<b>89</b>	<b>82</b>

- Alternativa ideal para el sistema mecánico

Tomando en cuenta los datos encontrados en la tabla 3-5, se ha determinado que la mejor opción para la tricicleta carriola es el sistema mecánico de doble placa ya que presenta mejores características y ventajas ante las otras dos opciones. Para su elección se ha considerado su costo bajo, el bajo mantenimiento que requiere, no necesitan de mucho espacio y presenta buenas características mecánicas como la precisión en el cambio de geometría estructural. De igual forma en la tabla 3-6 se puede observar que las mejores características presenta la transmisión flexible por cadenas con una ponderación de 93/100 sobre las demás opciones.

### 3.6.3 Sistema de transmisión

El desarrollo de este módulo nos ayudará para la selección del tipo de transmisión que se empleará en el vehículo, tomando las características más adecuadas para su aplicación.






**Figura 26: División modular de sistema de transmisión**

#### a) Alternativas para la transmisión flexible

**Tabla 8:**

**Alternativas para el sistema de transmisión flexible**

Cadenas	Correas planas	Correas sincronizadas
		
Alta eficacia de transmisión	Alta resistencia anti choque	No requiere tensión inicial
Buena sincronización	Bajo ruido y vibraciones	Alta precisión
Bajo ruido y vibración	Debilidad ante al calor, aceite, agua, polvo	Soporta vibraciones
Ahorro de espacio	Liviano	Construcción más sólida
Bajo mantenimiento de lubricación	Bajo mantenimiento	Medio mantenimiento
Soportan altas tensiones	Medio soporte de tensiones	Soporta altas tensiones
Económica	Económica	Costo elevado

**Tabla 9:****Evaluación de Alternativas para la transmisión flexible**

<b>Ponderación /100</b>	<b>Características</b>	<b>Cadenas</b>	<b>Correa plana</b>	<b>Correa sincronizada</b>
<b>20</b>	Costo	14	16	16
<b>10</b>	Mantenimiento	7	7	7
<b>15</b>	Peso	12	14	14
<b>10</b>	Tamaño	10	7	6
<b>15</b>	Propiedades mecánicas	14	10	12
<b>15</b>	Soporta vibraciones	14	12	12
<b>15</b>	Eficacia de transmisión	15	10	14
<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>76</b>	<b>67</b>

- Alternativa ideal para la transmisión flexible

El análisis realizado con las alternativas para la transmisión expuestas en la tabla 3-7, se ha determinado que la mejor opción para la tricicleta carriola es la transmisión flexible por cadenas ya que presenta mejores características y ventajas ante las otras dos opciones. Para su elección se ha considerado su costo bajo, mantenimiento que requiere, no necesitan de mucho espacio y presenta buenas características mecánicas para transmitir el movimiento. De igual forma en la tabla 3-8 se puede observar que las mejores características presenta la transmisión flexible por cadenas con una ponderación de 86/100 sobre las demás opciones.

**b) Alternativas para ejes**

Dentro del sistema de transmisión los ejes son elementos indispensables para cumplir la función del sistema los cuales son encargados de transmitir el esfuerzo a la rueda posterior que llega hasta la cadena desde los pedales, los ejes se encuentran adosados al cuerpo del aro los ejes son los que soportan todo el esfuerzo y trabajo realizado en el momento del pedaleo para lo cual hay que tomar en consideración las características para su elección.

**Tabla 10:**  
**Alternativas para ejes del sistema de transmisión**

Cuadradillo	Isis y Octalink	BB30
	 	
Diámetro de 17mm, ancho 70 mm, longitud total 110mm	38mm de diámetro, 80 mm de ancho y 115mm de longitud	30mm de diámetro,
Extremos cuadrados para el pedal (bielas)	Mejor rigidez	Alta rigidez, bajo peso
Bajo ruido y vibración	Bajo ruido y vibraciones	Soporta vibraciones
Funcionamiento fiable	Liviano y compacto	Rodamientos colocados en los cuadros
Bajo mantenimiento de lubricación	Bajo mantenimiento	Bajo mantenimiento, fácil instalación
Alta resistencia	Dificultad de montaje media (tiene lado derecho y revés)	Necesita de SST para su instalación
Económica	Costo medio	Costo elevado

**Tabla 11:**  
**Evaluación de Alternativas para ejes de transmisión**

Ponderación /100	Características	Cuadradillo	Isis y Octalink	BB30
20	Costo	18	18	12
10	Mantenimiento	8	8	8
15	Peso	12	14	15

CONTINÚA →

<b>10</b>	Tamaño	8	9	9
<b>15</b>	Rigidez	13	14	15
<b>15</b>	Soporta vibraciones	13	14	14
<b>15</b>	Eficacia de transmisión	15	15	15
<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>87</b>	<b>92</b>	<b>88</b>

- Alternativa ideal para los ejes de transmisión

Analizando las alternativas con sus respectivas características expuestas en la tabla 3-9 se ha tomado como mejor opción el eje Shimano ISIS OCTALINK para el vehículo. Para su elección se ha considerado su costo bajo, no requiere mantenimiento, presenta buenas características mecánicas para transmitir el movimiento, así como también como su rigidez de diseño. De igual forma en la tabla 3-10 se puede observar que las mejores características presenta el eje ISIS OCTALINK con una ponderación de 92/100 sobre las demás opciones

### c) Alternativas para rodamientos

Dentro del sistema de transmisión existen los elementos que disminuyen la fricción entre los componentes, generalmente los que se encuentran en contacto continuo y en rotación, para lo cual es importante implementar con rodamientos o cojinetes los que disminuirán dicho rozamiento, así también para reducir la energía perdida por calor, etc.

**Tabla 12:**

Alternativas para rodamientos

Rígidos de bolas	Rodillos	Agujas
		
Soportan grandes cargas axiales y radiales	Solo soportan cargas axiales	Soportan cargas axiales

CONTINÚA →

Operan a altas velocidades y altas temperaturas	Operan a altas velocidades y altas temperaturas	Operan a altas velocidades y altas temperaturas
Alta precisión	Alta precisión	Alta precisión
No necesita de mantenimiento	No necesita de mantenimiento	No necesita de mantenimiento
Alta resistencia	Dificultad de montaje media	Necesita de SST para su instalación
Costo medio	Costo medio	Costo elevado

**Tabla 13:**

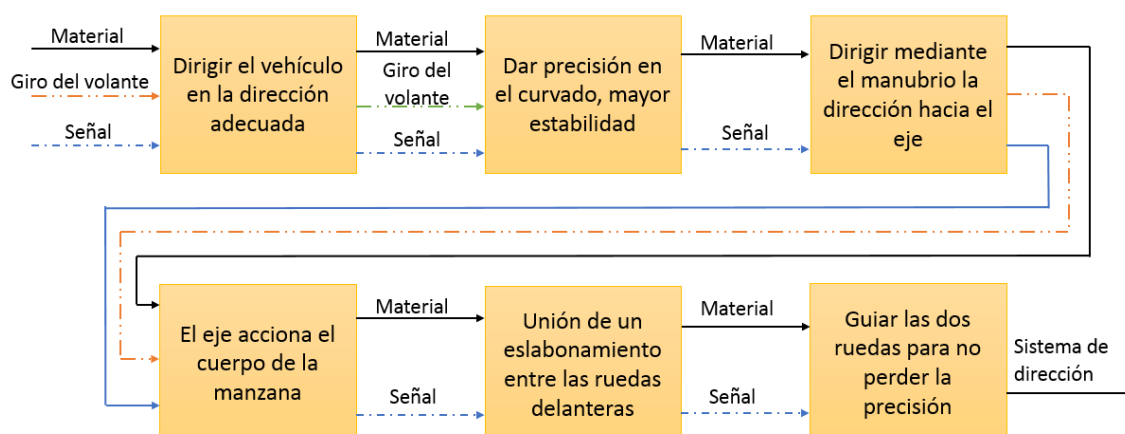
**Evaluación de Alternativas para rodamientos**

<b>Ponderación /100</b>	<b>Características</b>	<b>Rígidos de bolas</b>	<b>Rodillos</b>	<b>Agujas</b>
<b>20</b>	Costo	16	14	14
<b>10</b>	Mantenimiento	9	9	9
<b>15</b>	Peso	12	14	13
<b>10</b>	Tamaño	8	9	9
<b>15</b>	Resistencia	14	10	11
<b>15</b>	Soporta vibraciones	13	14	14
<b>15</b>	Eficacia	15	15	15
<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>87</b>	<b>85</b>	<b>85</b>

- Alternativa ideal para los ejes de transmisión

En la tabla 3-11 podemos observar que las características son similares en los rodamientos mostrados como opciones para el vehículo tricicleta carriola, por lo que en el análisis de la tabla 3-12 se pudo observar que el rodamiento rígido de bolas es el seleccionado con una calificación de 87/100 en comparación con las demás opciones

### 3.6.4 Sistema de dirección

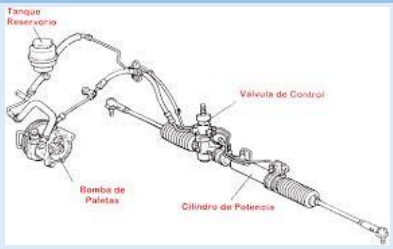

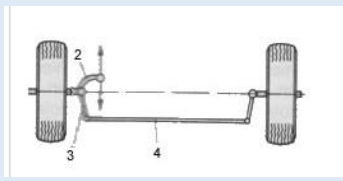


**Figura 27: División modular de sistema de dirección**

#### a) Alternativas para la el sistema de dirección

**Tabla 14:**

**Alternativas para el sistema de dirección**

Hidráulica con cremallera	Mecánica con cremallera	Mecanismo de eslabones
		
Alta precisión	Alta precisión de dirección	Buena precisión de dirección
Soporta vibraciones y variaciones bruscas	Soporta vibraciones y variaciones bruscas	Soporta vibraciones
Alta complejidad	Necesidad de espacio	Mecanismo sencillo
Necesidad alta de espacio	Complejidad media	Construcción más sólida
Alto mantenimiento	Medio mantenimiento	Ahorro de espacio
Soportan altas tensiones	Medio soporte de tensiones	Mantenimiento bajo
Costo elevado	Costo elevado	Económico

**Tabla 15:**  
**Evaluación de Alternativas para sistema de dirección**

<b>Ponderación /100</b>	<b>Características</b>	<b>Hidráulica</b>	<b>Mecánica</b>	<b>Mecanismo de eslabones</b>
<b>20</b>	Costo	10	12	17
<b>10</b>	Mantenimiento	5	6	10
<b>15</b>	Peso	9	10	14
<b>10</b>	Tamaño	5	6	9
<b>15</b>	Complejidad de instalación	10	10	14
<b>15</b>	Soporta vibraciones	14	14	13
<b>15</b>	Eficacia en curvas	15	14	14
<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>68</b>	<b>72</b>	<b>91</b>

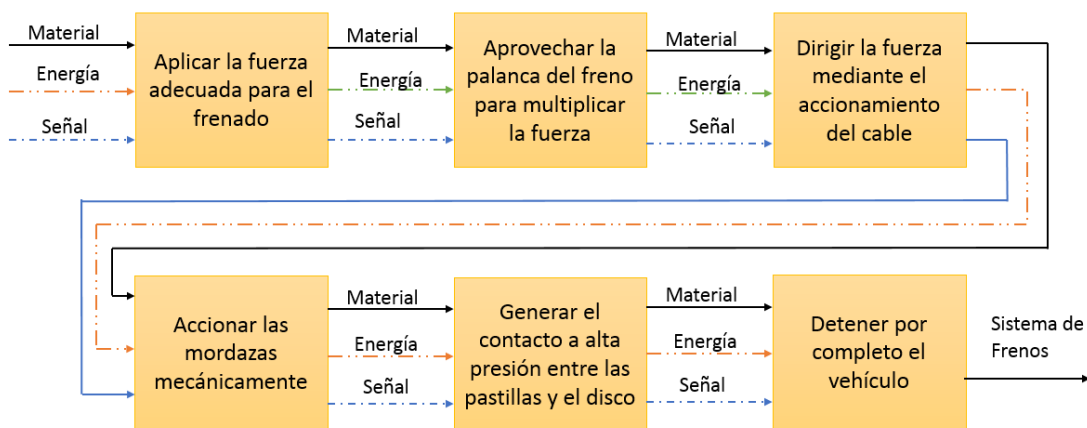
- Alternativa ideal para la dirección.

En la tabla 3-13 se plantean las características de las distintas alternativas para seleccionar el tipo de dirección que se implementara en la tricicleta carriola y a su vez reforzamos con la tabla 3-14 de evaluación de alternativas para dar con la selección adecuada para la dirección, se ha determinado que la mejor opción para la tricicleta carriola es la dirección de cuatro eslabones por sus diferentes características ideales para el vehículo, como su reducido peso, complejidad del mecanismo así también como el precio entre otras características.

### **3.6.5 Sistema de frenos**

El desarrollo de este módulo nos ayudará con la selección de la mejor alternativa para el frenado del vehículo, tomando en cuenta las funciones que este debe cumplir como la principal que es el detener en su totalidad al vehículo en cualquier circunstancia.








**Figura 28: División modular de sistema de frenos**

**a) Alternativas para disco de freno**

Es importante el sistema de frenos ya que es el encargado de detener el vehículo sobre cualquier circunstancia, para lo cual es indispensable tomar en consideración las mejores características de cada uno de los componentes que conforman el sistema de frenado, para los discos se tomará el diseño óptimo para la aplicación. Para ello hay que tomar en cuenta el material del cual se compone ya que va a estar soportando cargas altas y elevadas temperaturas.

**Tabla 16:**  
**Alternativas para los frenos**

<b>Freno de Tambor</b>	<b>Freno de pinzas</b>	<b>Freno de Discos perforados</b>
		
No cuenta con ventilación	Ventilación media	Alto grado de ventilación
Acumulan calor	Evacuación de calor	Excelente evacuación e calor
Superficie lisa y de material resistente	Las aletas intermedias ayudan con el direccionamiento del aire	Mejor circulación del aire por el disco

CONTINÚA →

Pesados y con dimensiones elevadas	Dimensiones mínimas	Liviano y compacto
Mantenimiento mínimo	Bajo mantenimiento	Bajo mantenimiento, fácil instalación
Alta resistencia	Resistente ante vibración e impacto	Resistente a vibraciones
Costo medio	Costo medio	Costo elevado

**Tabla 17:**

**Evaluación de Alternativas para discos de freno**

Ponderación /100	Características	Freno de Tambor	Freno de pinzas	Freno de discos perforados
20	Costo	16	15	14
10	Soporta vibraciones	8	9	9
15	Peso	10	14	14
10	Tamaño	7	8	9
15	Rigidez	14	14	12
15	Evacua el calor	10	12	14
15	Eficacia de frenado	15	15	15
100	<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>87</b>	<b>87</b>

- Alternativa ideal para los discos de frenos

Analizando las alternativas con sus respectivas características expuestas en la tabla 3-15 se ha tomado como mejor opción los cuales son los frenos discos perforados ya que presentan mejores características para el desempeño de frenado, para ello se presentó en la tabla 3-16 la mejor alternativa con un puntaje de 87/100 los discos perforados siendo los seleccionados para la tricicleta carriola en la rueda trasera y para las ruedas delanteras se ha seleccionado los frenos de pinzas especialmente por el tamaño que tiene y el espacio mínimo que requiere.

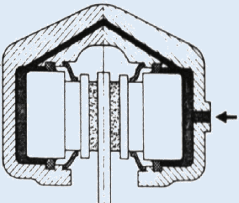
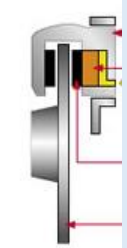
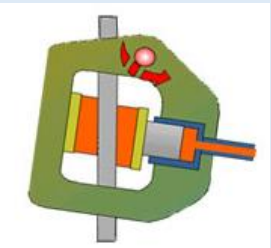
**b) Alternativas para mordazas de frenos**

La mordaza es uno de los elementos más importantes dentro del sistema de freno ya que es el cuerpo de los pistones que a su vez son los encargados de presionar a las

pastillas contra el disco de freno para detener la velocidad de giro que normalmente tiene una rueda, para ello se realizará un análisis de las alternativas que existen para seleccionar la mejor para el diseño

**Tabla 18:**

Alternativas para mordaza

Mordaza fija	Mordaza deslizante	Mordaza oscilante
		
No existe movimiento	Se mueve en dirección a los discos	Usa un solo cilindro
Contienen uno o dos pistones para su funcionamiento	Los pistones los tiene a un solo lado de la mordaza	Tiene un pin de eje para su oscilación
Peso reducido	Trabaja a alta presión	Buena presión de frenado
Alta disipación de calor	No requiere de elevada cantidad de fluido de freno	Tiene libertad de movimiento para modificar según lo requiera
Soportan la corrosión	Mantenimiento medio	Son de dimensiones reducidas
Económicos	Costo medio	Costo elevado

**Tabla 19:**

Evaluación de Alternativas para mordaza

Ponderación /100	Características	Mordaza fija	Mordaza flotante	Mordaza oscilante
20	Costo	18	15	14
10	Mantenimiento	8	7	7
15	Peso	14	12	13
10	Dimensiones	7	7	8
15	Resistencia	14	13	13

CONTINÚA →

<b>15</b>	Soporta corrosión y temperaturas elevadas	14	12	13
<b>15</b>	Eficacia	15	15	15
<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>90</b>	<b>81</b>	<b>83</b>

- Alternativa ideal para las mordazas de frenos

En la tabla 3-17 se observa las distintas características que presentan las diversas mordazas para lo cual en la tabla 3-18 se ha analizado mediante una evaluación cual es el tipo de mordaza más adecuado para implementar en la tricicleta carriola. El resultado obtenido es de las mordaza fija ya que presenta mejores características ante las demás opciones con una puntuación de 90/100.

### 3.7 Consideraciones generales

Hay que tomar consideraciones las cuales beneficien al diseño para lo cual se realizará un análisis del vehículo para tomar en consideraciones los puntos clave para realizar un estudio más minucioso. De tal modo el análisis a realizar será estático y dinámico para lo cual se determinará las cargas con las cuales trabajará el vehículo en forma dinámica como estática. Es importante retribuir con el análisis estructural para que no existan fallas en el diseño al momento de realizarlo.

#### 3.7.1 Análisis cinemático y dinámico.

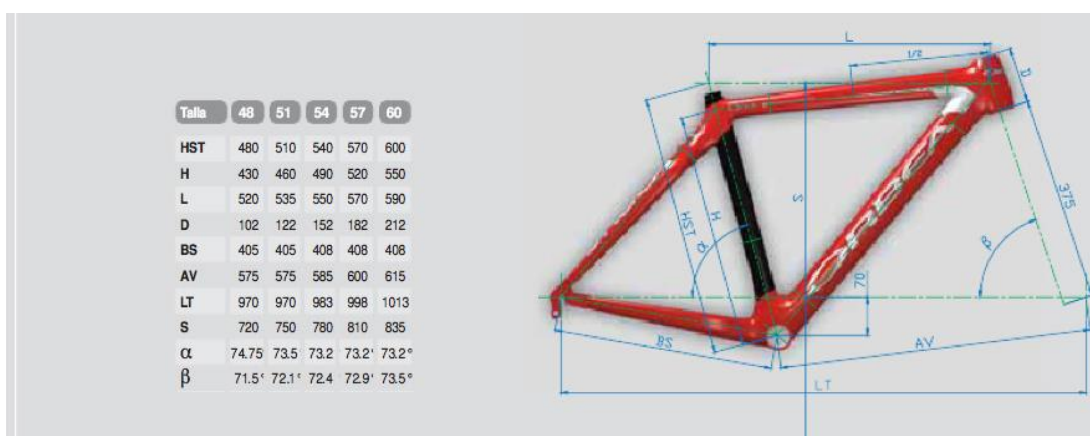
El análisis cinemático estudia directamente los movimientos que puede tener el vehículo en circunstancias normales de funcionamiento como ejemplo la aceleración, frenado, al igual las vibraciones que tiene el vehículo con respecto a las imperfecciones que normalmente tiene el camino. El análisis dinámico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

#### 3.7.2 Distancia entre ejes y ancho de vías

La distancia medida entre los ejes se toma con una vista lateral del vehículo en donde se toma como referencia a medir el centro de los ejes de las ruedas, este valor está directamente relacionado con la estabilidad del vehículo así también como la altura que

tiene el mismo. La distancia de ancho de vías se obtiene colocando al vehículo en una vista frontal tomando como referencia el centro de los neumáticos para realizar la medición.

Para el diseño se ha tomado como referencia el tamaño promedio de una persona que es de 170 en nuestro país. Para lo cual se ha seleccionado un diseño específico de 54 cm desde el eje vertical delantero hasta la cadera media del conductor. (Foros Ecuador, 2013)



**Figura 29: Mallas de marcos**

Fuentes: (Bolitar, 2011)

**Tabla 20:**

**Distancias de ejes**

<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

**3.7.3 Distribución de pesos**

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

**Ecuación 6**

Donde:

$l$  = 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

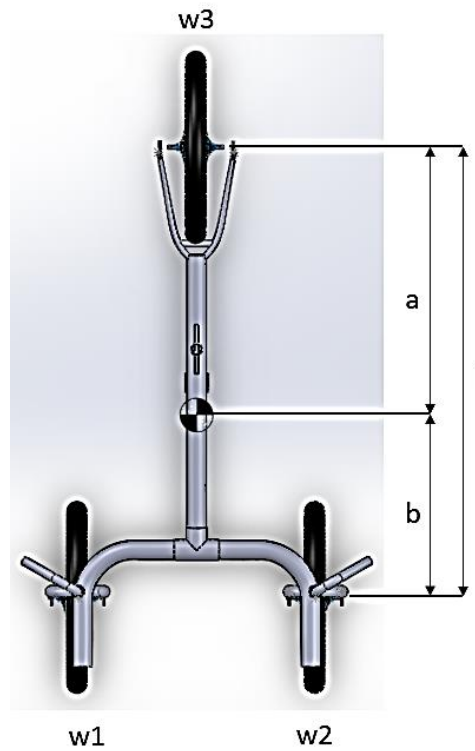
$$a = \frac{73,5 \text{ Kg} * 1245 \text{ mm}}{140 \text{ Kg}}$$

$$a = 653.625 \text{ mm}$$

$$b = l - a$$

$$b = 1245 \text{ mm} - 653.625 \text{ mm}$$

$$b = 591.375 \text{ mm}$$



**Figura 30: Distribución de pesos**

### **Cargas sobre cada rueda**

$$\text{Peso total} = 140 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso eje delantero } 56.6\% = 79.24 \text{ kg}$$

$$W1 = 39.62 \text{ Kg}$$

$$W2 = 39.62 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso eje Trasero } 43.3\% = 60.76 \text{ Kg}$$

$$W3 = 60.76 \text{ Kg}$$

### 3.7.4 Análisis de ángulos de la dirección

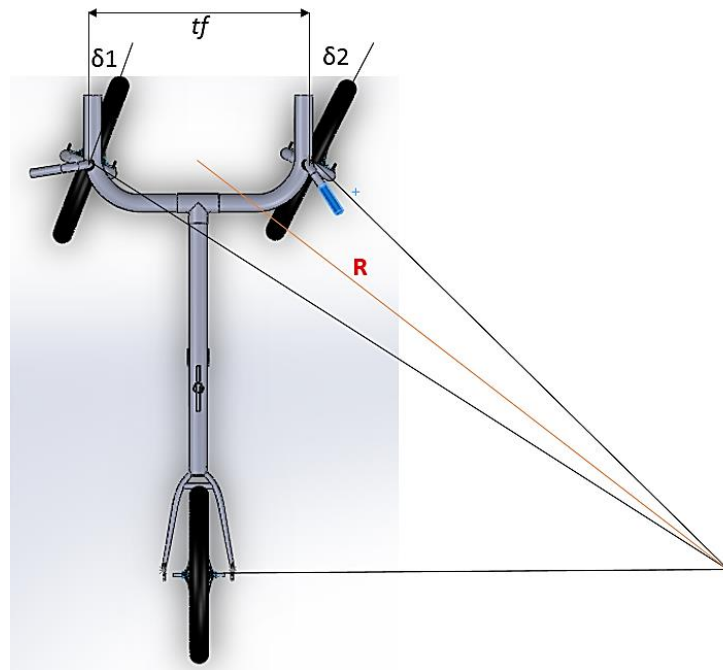


Figura 31: Centro de giro del vehículo

$$\delta_1 = \frac{l}{R + \frac{tf}{2}}$$

**Ecuación 7**

Donde:

$\delta_1$  = Ángulo exterior

$l$  = Distancia entre ejes

$R$  = Radio de giro

$tf$  = Distancia vía delantero

$$\delta_1 = \frac{1245 \text{ mm}}{2000 \text{ mm} + \frac{634 \text{ mm}}{2}}$$

$$\delta_1 = 0.53 \text{ rad} \left( \frac{180}{\pi} \right) = 30.8^\circ$$

$$\delta_2 = \frac{l}{R - \frac{tf}{2}}$$

**Ecuación 8**

Donde:

$\delta_2 = \text{Ángulo interior}$

$l = \text{Distancia entre ejes}$

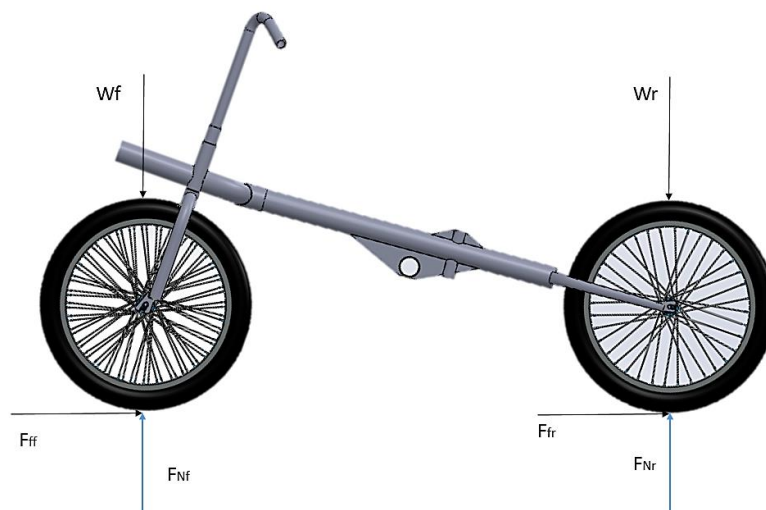
$R = \text{Radio de giro}$

$tf = \text{Distancia vía delantero}$

$$\delta_2 = \frac{1245 \text{ mm}}{2000 \text{ mm} - \frac{634 \text{ mm}}{2}}$$

$$\delta_2 = 0.739 \text{ rad} \left( \frac{180}{\pi} \right) = 42.4^\circ$$

### 3.7.5 Análisis de frenado en cada rueda



**Figura 32: Fuerzas de frenado**

Donde:

$W_f = \text{Carga sobre el eje delantero}$

$W_r = \text{Carga sobre el eje Trasero}$

$F_{Nf} : F_{Nr} = \text{Reacción de los ejes}$

$F_{ff} : F_{fr} = \text{Fuerza de fricción de los neumáticos}$

$T_f : T_r = \text{Torque en las ruedas}$

Datos:

Carga rueda delantera

$$W_f = 73.5 \text{ Kg}$$



*Carga rueda trasera*

$$Wr = 56.3 \text{ Kg}$$

*Coef de fricción de neumático*

$$\mu_n = 1.5$$

*Diámetro de neumático*

$$\theta_n = 16 \text{ in} = 406.4 \text{ mm}$$

*Gravedad*

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

**a) Rueda delantera**

$$FNf = Wf \cdot g$$

**Ecuación 9**

$$FNf = 73.5 \text{ Kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$FNf = 721.035 \text{ N}$$

$$Fff = FNf \cdot \mu_n$$

**Ecuación 10**

$$Tf = 1081.55 \text{ N} \cdot \frac{0.406}{2}$$

$$Tf = 219.55 \text{ Nm}$$

$$Fff = 721.035 \text{ N} \cdot 1.5$$

$$Fff = 1081.55 \text{ N}$$

$$Tf = Fff \cdot \frac{\theta_n}{2}$$

**Ecuación 11**

**b) Rueda trasera**

$$FNr = Wr \cdot g$$

**Ecuación 12**

$$FNr = 56.3 \text{ Kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$FNr = 552.303 \text{ N}$$

$$Ffr = FNr \cdot \mu_n$$

**Ecuación 13**

$$Ffr = 552.303 N \cdot 1.5$$

$$Ffr = 828.45 N$$

$$Tr = Ffr \cdot \frac{\theta_n}{2}$$

**Ecuación 14**

$$Tf = 828.45 N \cdot \frac{0.406}{2}$$

$$Tf = 168.176 Nm$$

### 3.7.6 Relación de transmisión

Para encontrar la relación de transmisión se usará el programa Renold Chain Drive Selector el cual nos ayudará hallar la relación entre las ruedas dentadas las cuales conforman el sistema de transmisión del vehículo. Y en la relación de transmisión trabajaremos con una rueda dentada delantera con  $n=44$  y un conjunto de ruedas dentadas trasero progresivo con 7 ruedas dentadas entre  $n=28$  y  $n=12$ . Además tomando a los dos piñones del templados con  $n=10$  cada uno.

Renold Seleccionador para transmisiones por cadena. © 2003-2008

Datos    Cálculo    Ayuda    Info

Datos de rendimiento

Potencia de entrada     Velocidad de entrada (Conductora) 20 rpm

Carga de trabajo 883 N     Velocidad lineal de la cadena

Torque (rueda conductora)

Número de dientes

Rueda conductora (Z1) 44

Rueda conducida (Z2) 28

Relación (Z2/Z1) 0.6363

Selección de cadena

Selección automática British (ISO 606)

Selección manual

Tipo de producto

Renold Synergy

Distancia entre centros/Número de eslabones

Será redondeado a un número par de eslabones 650 mm

Será redondeado a un número impar de eslabones

Valor fijo (tensor de cadena requerido)

Número de eslabones

Clasificación de carga

Características de la máquina conductora

Funcionamiento suave

Ligéramente impulsiva

Medianamente impulsiva

Características de la máquina conducida

Funcionamiento suave

Medianamente impulsiva

Áltamente impulsiva

Lubricación

Funcionamiento en seco (sin lubricación)

Lubricación inadecuada (en relación a la lubricación)

Lubricación segun lo recomendado

Mejor que la recomendada

Condiciones ambientales

Ambiente normal

Ambiente abrasivo

Aplicación interior

Aplicación exterior

Unidades

Sistema métrico

Sistema anglosajón

**RENOLD Synergy**

---

Renold Seleccionador para transmisiones por cadena. © 2003-2008

Datos    Cálculo    Ayuda    Info

Program Version: 3.20r built: 3.2.14.5  
Copyright: RENOLD © 2003-2008

**Dirección:**

**United Kingdom:**  
Renold Chain  
UK Sales, Horninglow Road  
Burton upon Trent DE14 2PS  
Tel: +44 (0) 1283 512 940  
Fax: +44 (0) 1283 512 628  
Email: [ukchain@renold.com](mailto:ukchain@renold.com)  
[www.renold.com](http://www.renold.com)

**Germany:**  
Arnold & Stolzenberg GmbH  
Postfach 16 35 und 16 45  
37574 Einbeck Juliusmühle  
Tel: +49 (0) 5562 810  
Fax: +49 (0) 5562 81130  
Email: [info@renold.de](mailto:info@renold.de)  
[www.renold.de](http://www.renold.de)

**France:**  
Brampton Renold  
ZI A - rue de la pointe  
BP 359 - 59473 Seclin  
Tel: +33 (0) 3 20 16 29 29  
Fax: +33 (0) 3 20 16 29 00  
Email: [contact@brampton-renold.com](mailto:contact@brampton-renold.com)  
[www.brampton-renold.com](http://www.brampton-renold.com)

**USA:**  
Renold Jeffrey  
2305 Global Way  
Hebron, Kentucky 41048  
Tel: 001 800 251-9012  
Fax: 001 (859) 334-8550  
Email: [sales@renoldjeffrey.com](mailto:sales@renoldjeffrey.com)  
[www.renoldjeffrey.com](http://www.renoldjeffrey.com)

**AUSTRALIA:**  
Renold Australasia  
508-520 Wellington Road  
Mulgrave, Vic. 3170  
Tel: +61 (0) 3 9262 3323  
Fax: +61 (0) 3 9262 3366  
Email: [melsmq@renold.com.au](mailto:melsmq@renold.com.au)  
[www.renold.com.au](http://www.renold.com.au)

**TECHNICAL SUPPORT:**  
Para soporte técnico con respecto al programa, por favor enviar email a : [technical.support@renold.com](mailto:technical.support@renold.com)

Seleccionar aquí para más oficinas de venta

Seleccionar aquí para ver la Licencia de Aceptación y seleccionar otro país.

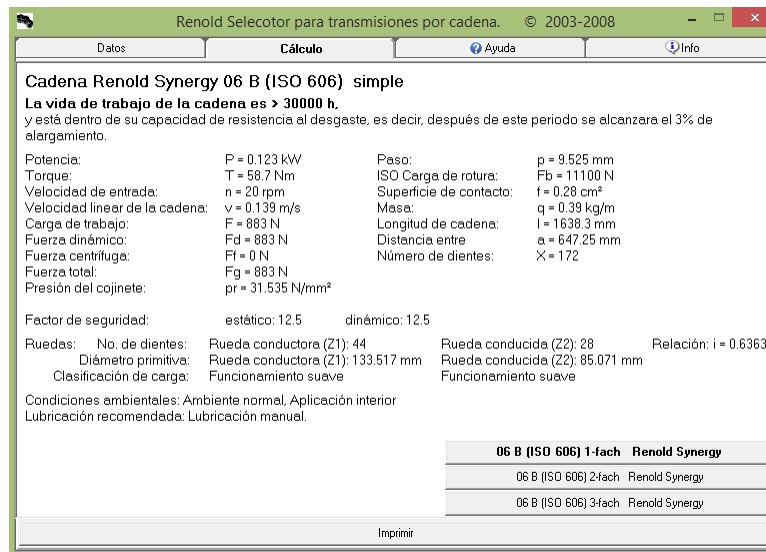
Español

Figura 33: Interfaz de programa e ingreso de datos

Fuente: Renold chain

## a) Relación de transmisión 1

Tomamos en cuenta la rueda dentada delantera  $n=44$  y la rueda dentada trasera  $n=28$ , entregándonos una relación de transmisión de 0.6363

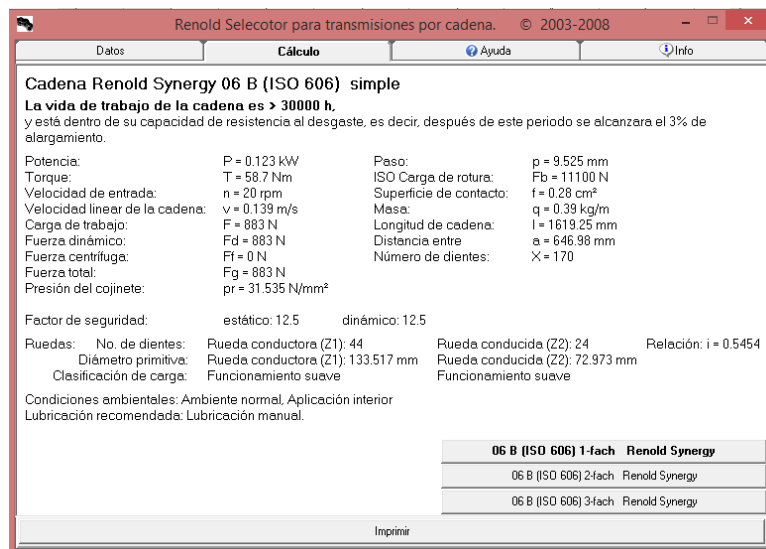


**Figura 34: Relación de transmisión 1**

**Fuente: Renold chain**

## b) Relación de transmisión 2

Aquí usamos la rueda dentada delantera  $n=44$  y la rueda dentada trasera  $n=24$ , entregándonos una relación de transmisión de 0.5454.

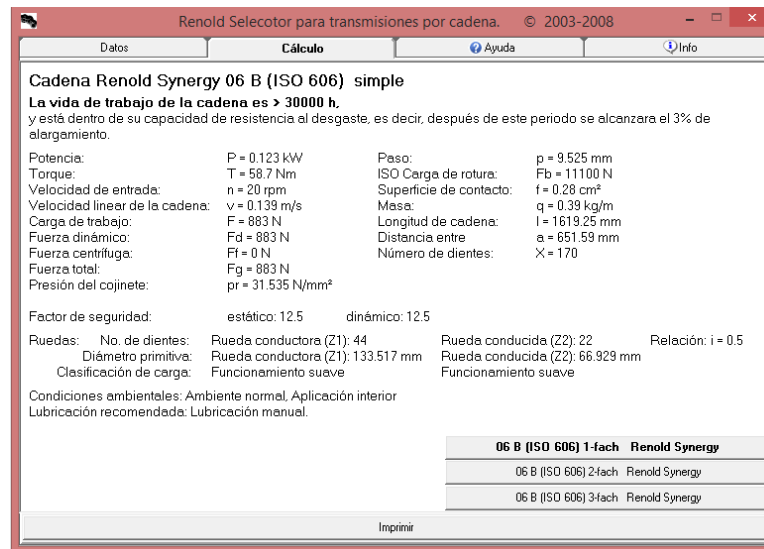


**Figura 35: Relación de transmisión 2**

**Fuente: Renold chain**

## c) Relación de transmisión 3

La rueda dentada delantera  $n=44$  y la rueda dentada trasera  $n=22$ , entregándonos una relación de transmisión de 0.5.

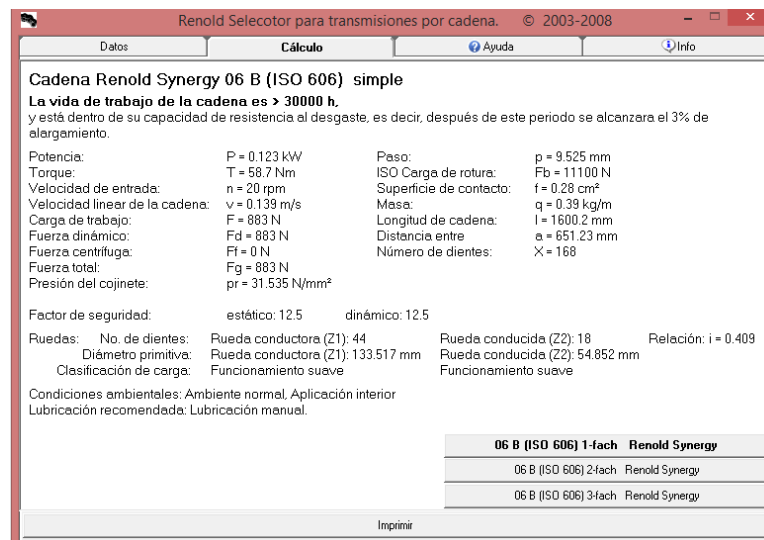


**Figura 36: Relación de transmisión 3**

**Fuente: Renold chain**

## d) Relación de transmisión 4

Tomamos la rueda dentada delantera  $n=44$  y la rueda dentada trasera  $n=18$ , entregándonos una relación de transmisión de 0.409.

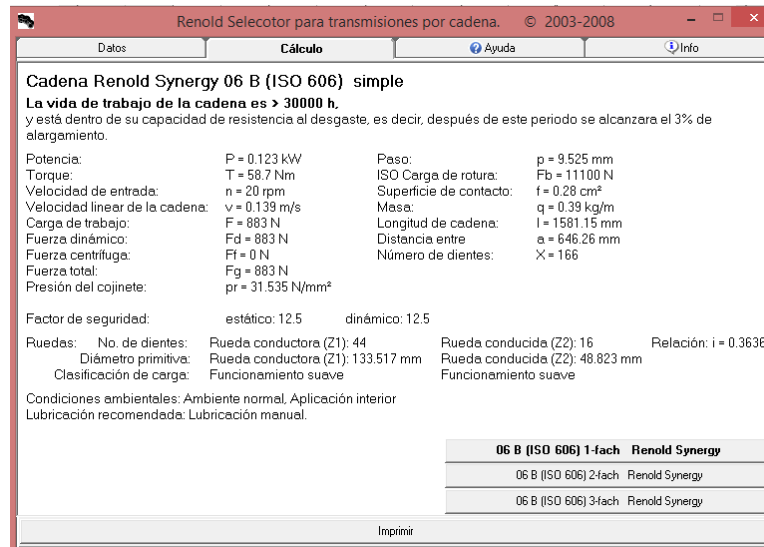


**Figura 37: Relación de transmisión 4**

**Fuente: Renold chain**

## e) Relación de transmisión 5

Aquí usamos la rueda dentada delantera  $n=44$  y la rueda dentada trasera  $n=16$ , entregándonos una relación de transmisión de 0.3636.

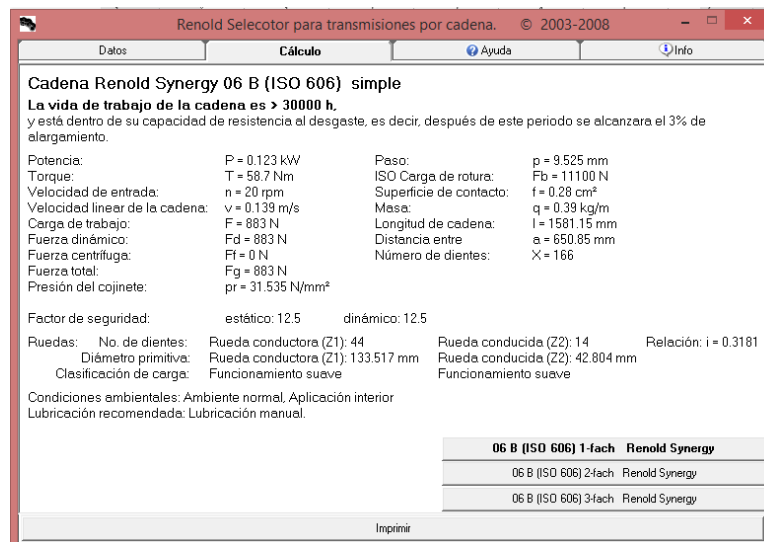


**Figura 38: Relación de transmisión 5**

**Fuente: Renold chain**

## f) Relación de transmisión 6

Tomamos la rueda dentada delantera  $n=44$  y la rueda dentada trasera  $n=14$ , entregándonos una relación de transmisión de 0.3181.

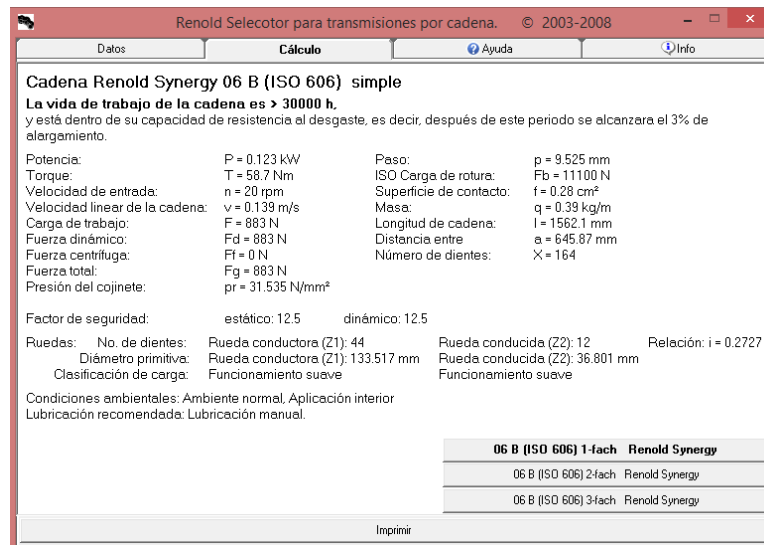


**Figura 39: Relación de transmisión 6**

**Fuente: Renold chain**

## g) Relación de transmisión 7

La rueda dentada delantera contiene  $n=44$  y la rueda dentada trasera  $n=12$ , entregándonos una relación de transmisión de 0.2727.



**Figura 40: Relación de transmisión 7**

**Fuente: Renold chain**

### 3.8 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.

#### 3.8.1 Análisis en la estructura de la tricicleta carriola

Para el análisis se ha tomado en consideración los valores reales de los pesos que soportara la estructura, los cuales están considerados en un adulto con 90 kg y un niño de 3 años de edad con una masa de 30 kg.

*Datos:*

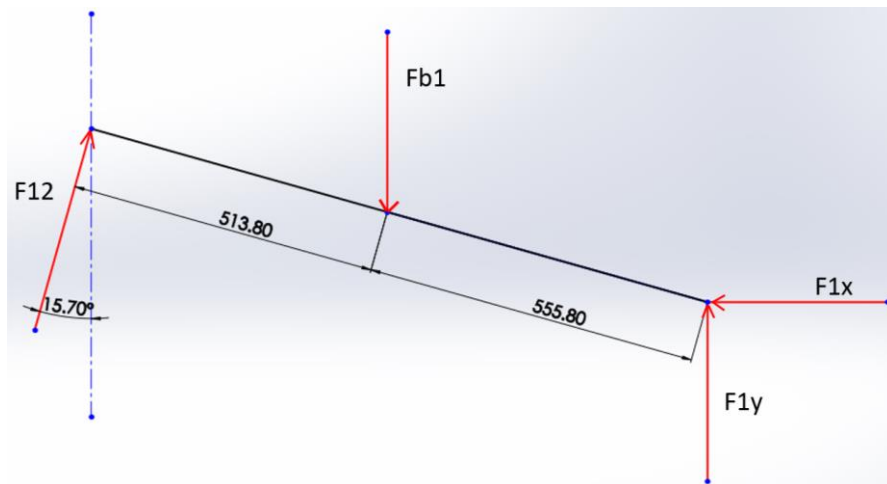
$$m_1 = 90Kg$$

$$m_2 = 30Kg$$

$$Fb1 = 882.9N$$

$$Fb2 = 196.2N$$

## a) DCL 1



**Figura 41: Diagrama de cuerpo libre de la estructura (Elemento 1)**

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_{12x} - F_{1x} = 0$$

**Ecuación 15**

$$F_{12x} = 476,56 \text{ Sen } 15,7^\circ$$

$$F_{1x} = 128,68 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_{12y} - F_{b1y} + F_{1y} = 0$$

**Ecuación 16**

$$F_{12y} + F_{1y} = 882,9 \text{ N}$$

$$F_{1y} = 882,9 \text{ N} - F_{12} \text{ Cos } 15,7^\circ$$

$$F_{1y} = 882,9 \text{ N} - (476,56) \text{ Cos } 15,7^\circ$$

$$F_{1y} = 424,12 \text{ N}$$

$$\Sigma MA = 0$$

**Ecuación 17**

$$\text{Sen}15,7^\circ(555,8)(F_{b1}) + \text{Sen}15,7^\circ(1069,6)(F_{12}\text{Cos}15,7^\circ) = 0$$

$$132787,92 + 278,636 F_{12} = 0$$

$$F_{12} = 476,56 \text{ N}$$



## b) DCL 2

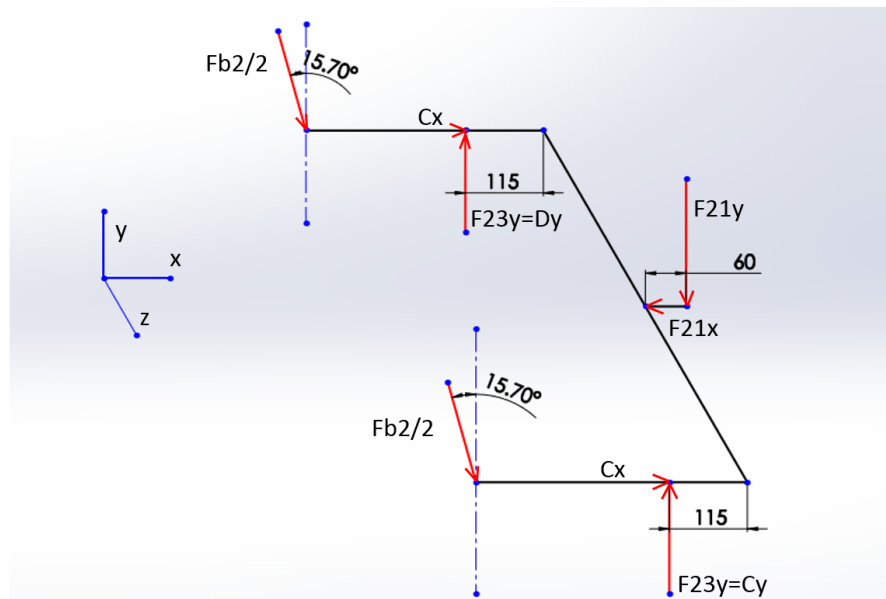


Figura 42: Diagrama de cuerpo libre del divisor (Elemento 2)

## Plano xy

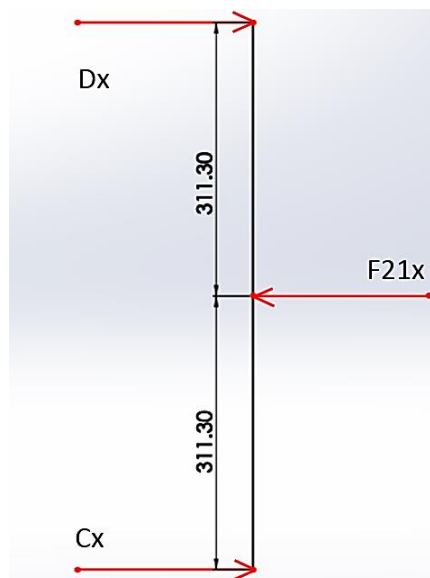


Figura 43: Diagrama de cuerpo libre del divisor (Elemento 2), en el plano xy

$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= 0 \\ Cx + Dx &= F_{21x} \\ \text{Ecuación 18}\end{aligned}$$

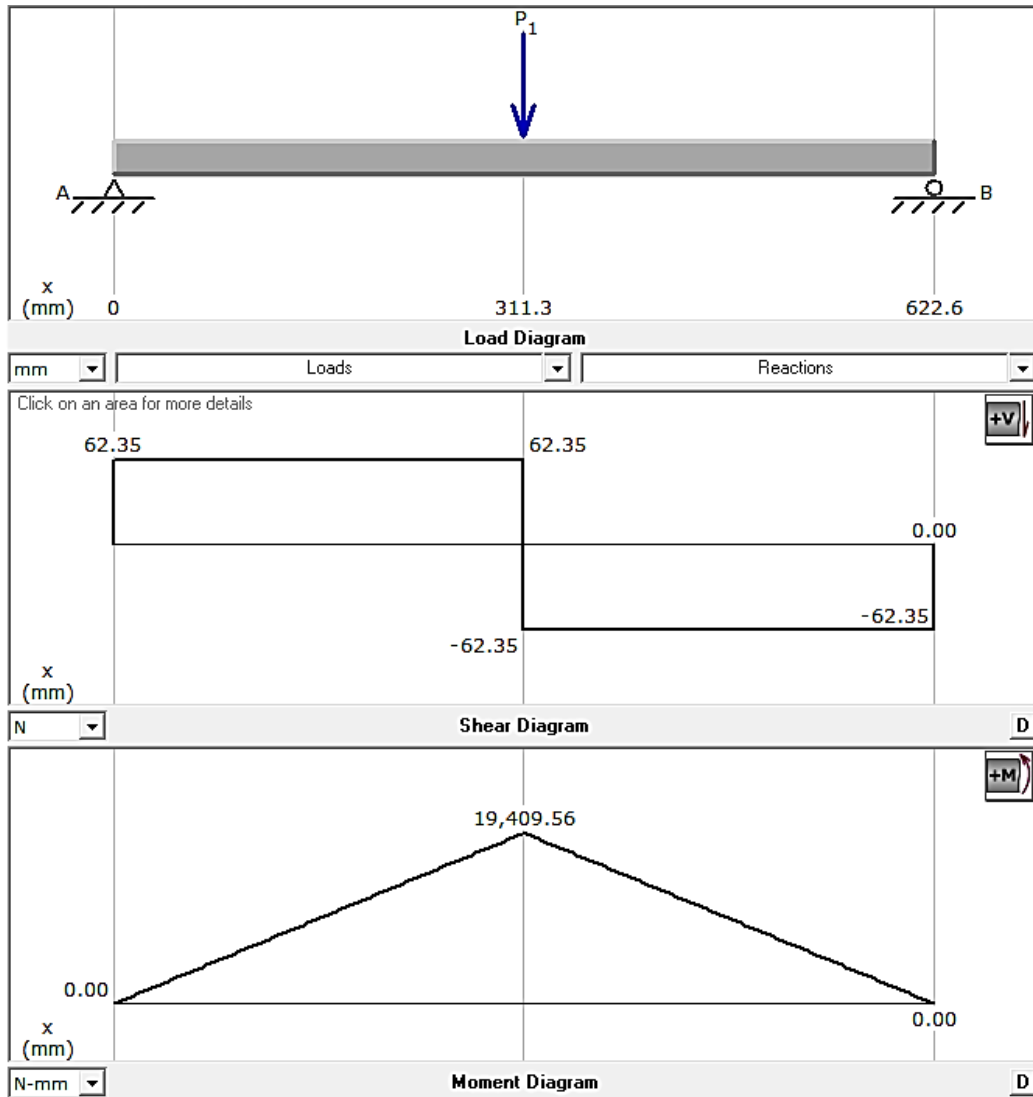
$$\begin{aligned}Cx + Dx &= 476,56N \text{ Sen}15,17^\circ \\ Cx + Dx &= 124,70 N \\ Dx &= 62,35 N\end{aligned}$$

$$\Sigma MD = 0$$

$$(622,6)Cx - (124,70)(311,3) = 0$$

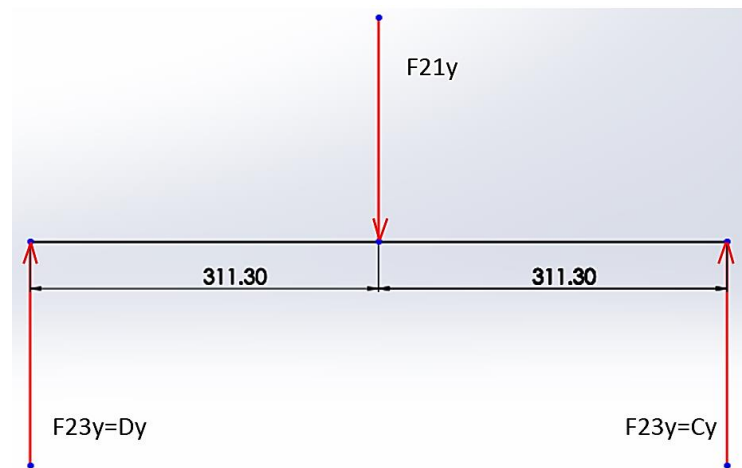
**Ecuación 19**

$$Cx = 62,35 \text{ N}$$



**Figura 44: Diagrama de fuerzas y momentos en el plano xy**

**Plano yz**



**Figura 45: Diagrama de cuerpo libre del divisor (Elemento 2), en el plano yz**

$$\Sigma Fy = 0$$

$$Dy + Cy - Fb2 - F21y = 0$$

**Ecuación 20**

$$Dy + Cy = Fb2 + F21y$$

$$Dy + Cy = 196,2 \text{ N} + 476,56 \text{ N}$$

$$Dy + Cy = 672,76 \text{ N}$$

$$Dy = 336,38 \text{ N}$$

$$\Sigma MD = 0$$

**Ecuación 21**

$$(622,6)Cy - F21y(311,3) - Fb2(311,3) = 0$$

$$Cy = 336,38 \text{ N}$$

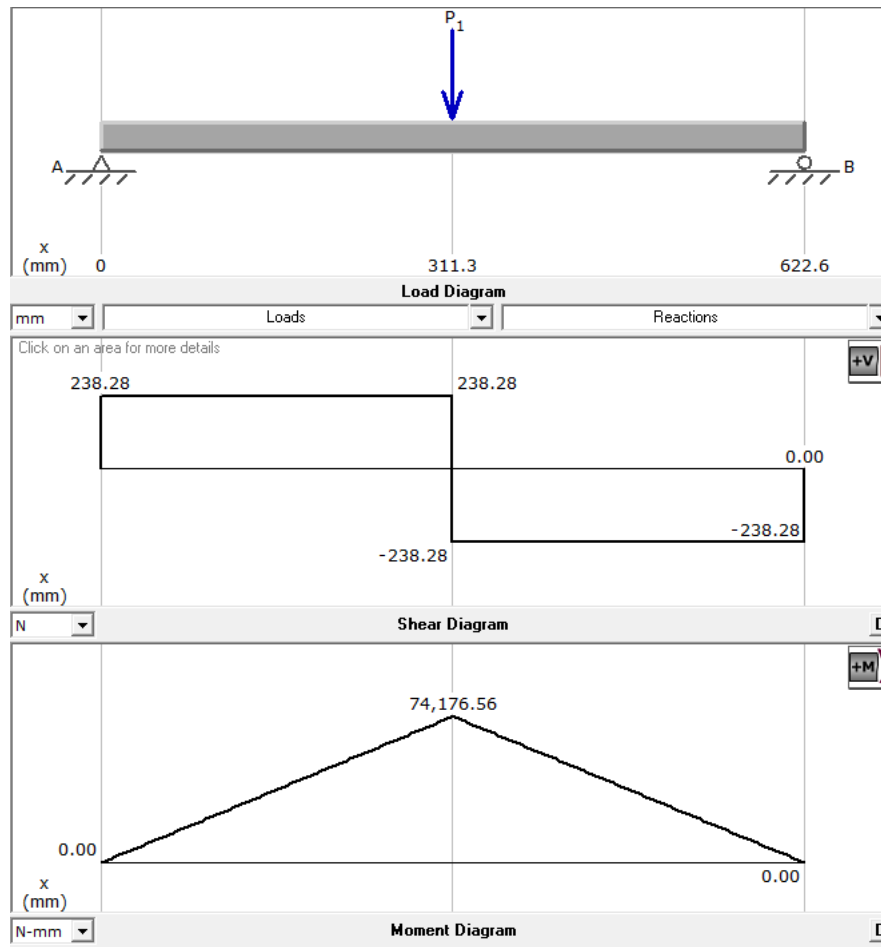


Figura 46: Diagrama de fuerzas y momentos en el plano yz

c) **Diseño del elemento 2**

Esfuerzo principal  $M$  máx. 
$$\sigma_{m\grave{a}x} = \frac{Mm\grave{a}x}{5} - \frac{Mc}{I} = \frac{32M}{\pi d^3}$$

Esfuerzo cortante  $\tau$  máx 
$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

Bidireccional

( $\sigma_x$ )

$$\sigma_x = \frac{32M}{\pi d^3}$$

**Ecuación 22**

$$\sigma_x = \frac{32(19409.5,04)}{\pi(d^3 - d_1^3)}$$

$$\sigma_x = \frac{32(19409,5)}{\pi(38^3 - 34^3)}$$

$$\sigma_x = 12,69 \text{ MPa}$$

( $\sigma_y$ )

$$\sigma_y = \frac{32M}{\pi d^3}$$

**Ecuación 23**

$$\sigma_y = \frac{32(148353,13)}{\pi(38^3 - 34^3)}$$

$$\sigma_y = 48,53 \text{ MPa}$$

*Torque*  $\tau_{xy} = \tau_{yx} = 16 \frac{T}{\pi d^3}$  **Ecuación 24**

$$T = F21y \text{ (60)}$$

$$T = 457,81 \text{ (60)}$$

$$T = 27468,6 \text{ Nmm}$$

$$\tau_{yx} = \tau_{xy} = \frac{16(27468,6)}{\pi(38^3 - 34^3)}$$

$$\tau_{yx} = \tau_{xy} = 8,98 \text{ MPa}$$

$$\sigma_A; \sigma_B = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

**Ecuación 25**

$$\sigma_A; \sigma_B = \frac{12,69 + 48,53}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{12,69 + 48,53}{2}\right)^2 + 8,98^2}$$

$$\sigma_1 = 62,51 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = -1,29 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_3 + \sigma_3^2}$$

**Ecuación 26**

$$\sigma' = 63,16 \text{ MPa}$$

Stainless steel, austenitic, AISI 304, wrought, annealed			
Stainless steel, austenitic, AISI 304, wrought, annealed			
Layout: All attributes		Show/Hide	
<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>
Price	3.99	- 4.39	USD/kg
<b>Tradenames</b>			
RDN 260, Roldan S.A. (SPAIN); RDN 240, Roldan S.A. (SPAIN); RDN 210, Roldan S.A. (SPAIN); RDN 340, Roldan S.A. (SPAIN); YOONSTEEL S2, Yoonsteel (Malaysia) Sdn. Bhd (MALAYSIA); ARGESTE 4306 LA/LF/SB/VC, Stahlwerk Ergste Westig GmbH (GERMANY); STAINWELD 308-15, Lincoln Electric Co. (USA); STAINWELD 308-16, Lincoln Electric Co. (USA); EASTERN STAINLESS TYPE 347, Eastern Stainless Corp. (USA); PROJECT 70 STAINLESS TYPE 347, Carpenter Technology Corp. (USA); EASTERN STAINLESS TYPE 304L, Eastern Stainless Corp. (USA); PROJECT 7000 STAINLESS TYPE 304L, Carpenter Technology Corp. (USA); PROJECT 70 STAINLESS TYPE 304L, Carpenter Technology Corp. (USA); SPARTAN REDHEUGH 347S31, Spartan Redheugh Ltd (UK);			
<b>Composition overview</b>			
<b>Composition (summary)</b>			
Fe/<.08C/17.5-20Cr/8-11Ni/<2Mn/<1Si/<.045P/<.03S			
Base	Fe (Iron)		
<b>Composition detail</b>			
C (carbon)	0	- 0.08	%
Cr (chromium)	17.5	- 20	%
Fe (iron)	65.8	- 74.5	%
Mn (manganese)	0	- 2	%
Ni (nickel)	8	- 11	%
P (phosphorus)	0	- 0.045	%
S (sulfur)	0	- 0.03	%
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
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	229	- 253	MPa
Fatigue strength model (stress range)	* 142	- 196	MPa
<small>Parameters: Stress Ratio = 0, Number of Cycles = 1e7</small>			
Fracture toughness	55	- 71	MPa.m <sup>1/2</sup>
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 9.5e-4	- 0.0013	
<b>Thermal properties</b>			
Melting point	1.4e3	- 1.45e3	°C
Maximum service temperature	750	- 925	°C
Minimum service temperature	-273		°C
Thermal conductivity	14	- 17	W/m.K

**Figura 47: Acero inoxidable AISI 304**

**Fuente: CES selector program**

- $S_y = 203 \text{ GPa}$  Acero inoxidable AISI 304

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{203 \text{ MPa}}{63,16}$$

**Ecuación 27**

$$n = 3,214$$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$$

**Ecuación 28**

$$= \frac{62,51 \text{ MPa} + 1,29 \text{ MPa}}{2} = 31,9$$

**Deformación Total**

$$\delta = \frac{PL}{AE}$$

**Ecuación 29**

$$\delta = \frac{(476,56 \text{ N})(0,6 \text{ m})}{\left(\frac{\pi(0,04 \text{ m})^2}{4} - \frac{\pi(0,038 \text{ m})^2}{4}\right) 205 \times 10^9 \text{ Pa}}$$

$$\delta = \frac{285,93 \text{ N} \cdot \text{m}}{(1,225 \times 10^{-4} \text{ m}^2)(205 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2})}$$

$$\delta = 1,81 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$\delta = 0,018 \text{ mm}$$

### 3.8.2 Análisis de posiciones en el cambio de geometría estructural

Datos

$$r_2 = 365 \text{ mm}$$

$$r_3 = 1030 \text{ mm}$$

$$\theta_1 = 17.25^\circ - 160.25^\circ$$

$$\theta_2 = 56^\circ - 67.5^\circ$$

$$\theta_3 = 17.25^\circ - 199.25^\circ$$

$$r_1 = r_2 + r_3$$

$$r_1 \cdot e^{\theta_1 \cdot i} = r_2 \cdot e^{\theta_2 \cdot i} + r_3 \cdot e^{\theta_3 \cdot i}$$

$$r_1 \cdot (\cos \theta_1 + i \cdot \text{sen} \theta_1) = r_2 \cdot (\cos \theta_2 + i \cdot \text{sen} \theta_2) + r_3 \cdot (\cos \theta_3 + i \cdot \text{sen} \theta_3)$$

$$\text{a) } r_1 \cdot (\cos \theta_1) = r_2 \cdot (\cos \theta_2) + r_3 \cdot (\cos \theta_3)$$

$$\text{b) } r_1 \cdot (\text{sen} \theta_1) = r_2 \cdot (\text{sen} \theta_2) + r_3 \cdot (\text{sen} \theta_3)$$

a) y b) se eleva al cuadrado y se suma

$$r_1^2 = (r_2 \cdot \cos \theta_2 + r_3 \cdot \cos \theta_3)^2 + (r_2 \cdot \text{sen} \theta_2 + r_3 \cdot \text{sen} \theta_3)^2$$

$$r_1^2 = r_2^2 \cdot \cos^2 \theta_2 + (2 \cdot r_2 \cdot \cos \theta_2 \cdot r_3 \cdot \cos \theta_3) + r_3^2 \cdot \cos^2 \theta_3 + r_2^2 \cdot \text{sen}^2 \theta_2 + (2 \cdot r_2 \cdot \text{sen} \theta_2 \cdot r_3 \cdot \text{sen} \theta_3) + r_3^2 \cdot \text{sen}^2 \theta_3$$

$$r_1^2 = r_2^2 + r_3^2 + 2r_2r_3(\cos \theta_2 \cdot \cos \theta_3 + \text{sen} \theta_2 \cdot \text{sen} \theta_3)$$

$$r_1^2 = r_2^2 + r_3^2 + 2r_2r_3 \cdot \cos(\theta_2 - \theta_3)$$

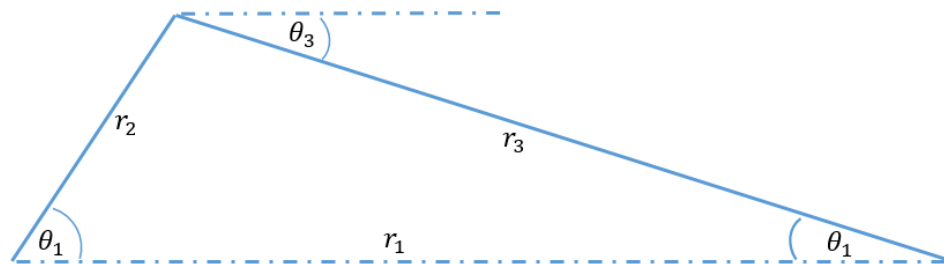
$$\text{c) } r_1 = \sqrt{r_2^2 + r_3^2 + 2r_2r_3 \cdot \cos(\theta_2 - \theta_3)}$$

Se reemplaza c) en b)

$$\text{sen} \theta_1 = \frac{r_2 \cdot (\text{sen} \theta_2) + r_3 \cdot (\text{sen} \theta_3)}{\sqrt{r_2^2 + r_3^2 + 2r_2r_3 \cdot \cos(\theta_2 - \theta_3)}}$$

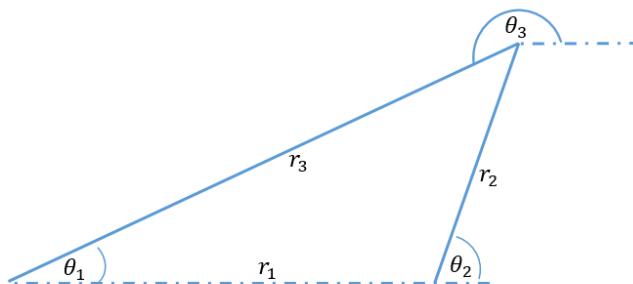
$$\theta_1 = \text{sen}^{-1} \left( \frac{r_2 \cdot (\text{sen} \theta_2) + r_3 \cdot (\text{sen} \theta_3)}{\sqrt{r_2^2 + r_3^2 + 2r_2r_3 \cdot \cos(\theta_2 - \theta_3)}} \right)$$

Análisis de posición de los elementos



**Figura 48: Diagrama de posición inicial**



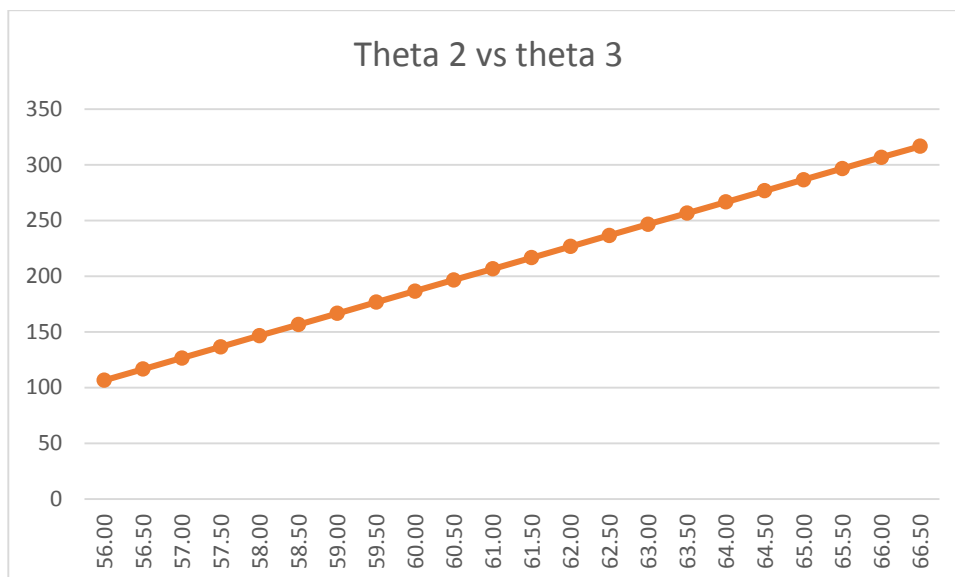


**Figura 49: Diagrama de posición final**

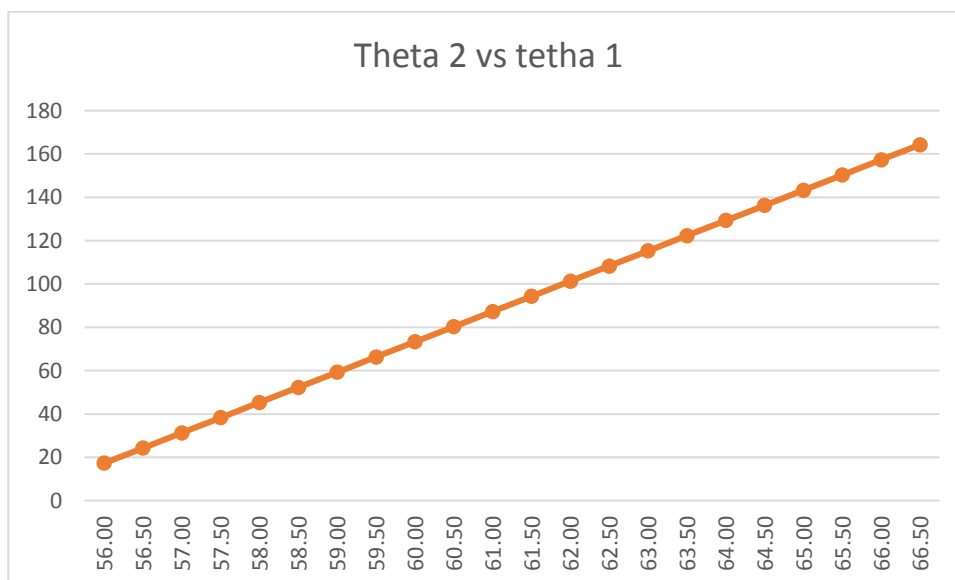
**Tabla 3.1:**

**Datos de posiciones de los eslabones del vehículo**

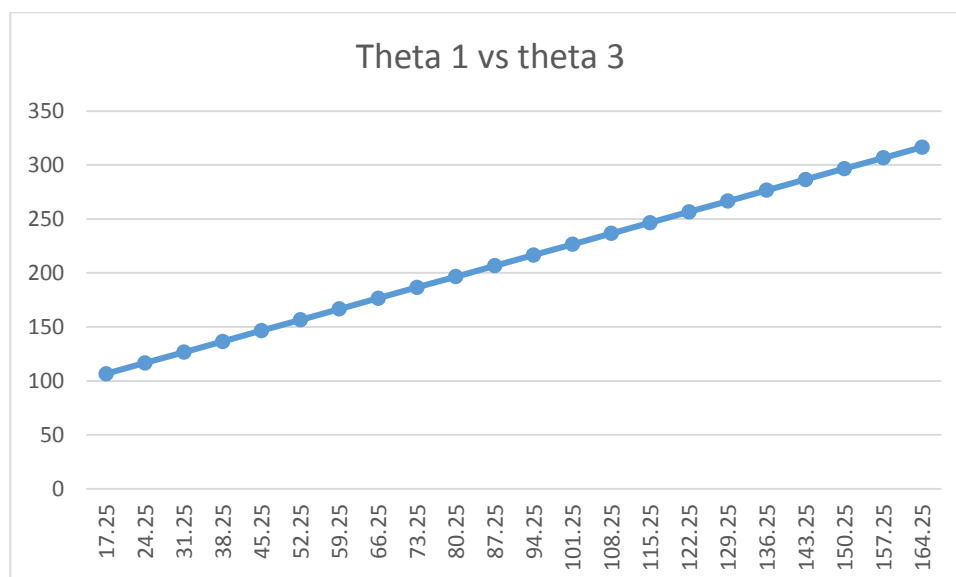
theta 2	theta3	theta 1	r1
56.00	106.5	17.25	1190
56.50	116.5	24.25	1254
57.00	126.5	31.25	1296
57.50	136.5	38.25	1360
58.00	146.5	45.25	1422
58.50	156.5	52.25	1395
59.00	166.5	59.25	1360
59.50	176.5	66.25	1325
60.00	186.5	73.25	1290
60.50	196.5	80.25	1255
61.00	206.5	87.25	1220
61.50	216.5	94.25	1185
62.00	226.5	101.25	1150
62.50	236.5	108.25	1115
63.00	246.5	115.25	1080
63.50	256.5	122.25	1045
64.00	266.5	129.25	1010
64.50	276.5	136.25	975
65.00	286.5	143.25	940
65.50	296.5	150.25	905
66.00	306.5	157.25	870
66.50	316.5	164.25	835



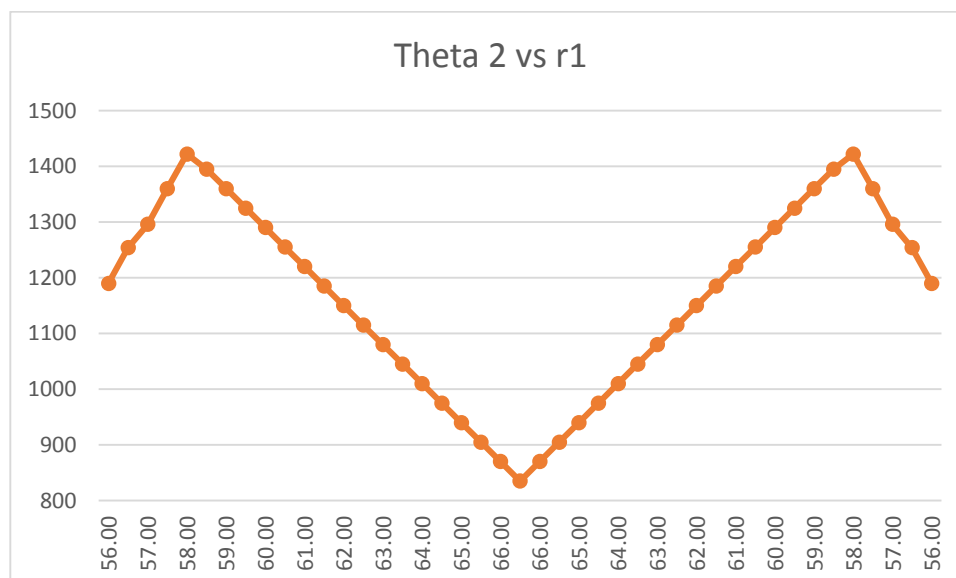
**Figura 50: Diagrama de relación entre theta 2 vs theta 3**



**Figura 51: Diagrama de relación entre theta 2 vs theta 1**



**Figura 52: Diagrama de relación entre theta 1 vs theta 3**

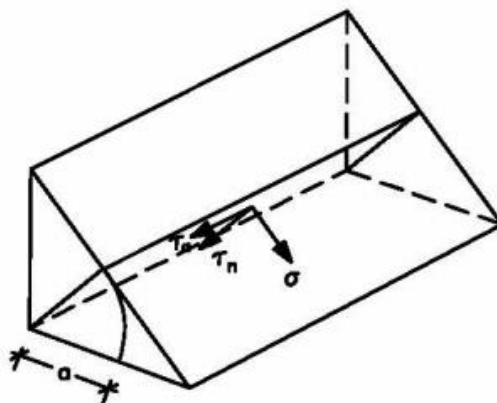


**Figura 53: Diagrama de relación entre theta 2 vs r1**

### 3.8.3 Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo

Hay que tomar en consideración que las cargas actúan también sobre la unión en este caso la soldadura, para lo cual es importante analizar la resistencia que deben presentar las soldaduras ideales para cualquier unión.

Hay que tomar en cuenta a su vez que metodología se tomará para realizar el estudio. Aratec (2011) indica: “que el mejor método para el análisis de soldadura en ángulo es el direccional, el cual se pasa a descomponer los esfuerzos transmitidos por unidad de longitud en sus componentes tensionales.”



**Figura 54: Diagrama de soldadura**

**Fuente: (Aratec, 2011)**

**Tabla 22:**

**Coefficiente de correlación**

Coeficiente de correlación $\beta_w$		
Acero	$f_u$ , N/mm <sup>2</sup>	$\beta_w$
S 235	360	0,80
S 275	430	0,85
S 355	510	0,90

**Fuente: (Aratec, 2011)**

$f_u$ , resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión;

$\sigma$ , la tensión normal perpendicular al plano de la garganta;

$\tau_n$ , es la tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón;

$\tau_a$ , la tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón;

$\gamma_{M2}$ , es un factor parcial de seguridad, de valor 1.25

$\beta_w$ , es el coeficiente de correlación, según la tabla 3-18

$$\sigma = 0.9 * \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

**Ecuación 30**

$$\sigma = 0.9 * \frac{430}{1.25}$$

$$\sigma = 309.6 \text{ GPa}$$

$$\sqrt{\sigma^2 + 3(\tau n^2 + \tau a^2)} = \frac{fu}{B_W * \gamma_{m2}}$$

### Ecuación 31

$$\sqrt{\sigma^2 + 3(\tau n^2 + \tau a^2)} = \frac{430}{0,85 * 1.25}$$

$$\sqrt{309.6^2 + 3(\tau n^2 + \tau a^2)} = 404.70$$

$$\tau n^2 + \tau a^2 = 22768.61$$

## 3.9 Consideraciones previas al análisis estructural




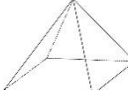


Para las consideraciones hay que tomar en cuenta que en la vía real los elementos suelen tener un grado de complejidad bastante elevado en este punto se ve obligado a obtener soluciones eficaces mediante el uso del computador como medio de resolución de elementos. En el análisis computacional se ve agrupado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

### 3.9.1 Tipos de mallas

La calidad de la malla es importante ya que de esta dependerá la precisión de los resultados, para lo cual se tomará como factor principal el tamaño de malla y el tipo de la misma, teniendo en consideración que la calidad del mallado tiene que ir de la mano del coste computacional.

**Tabla 23:**

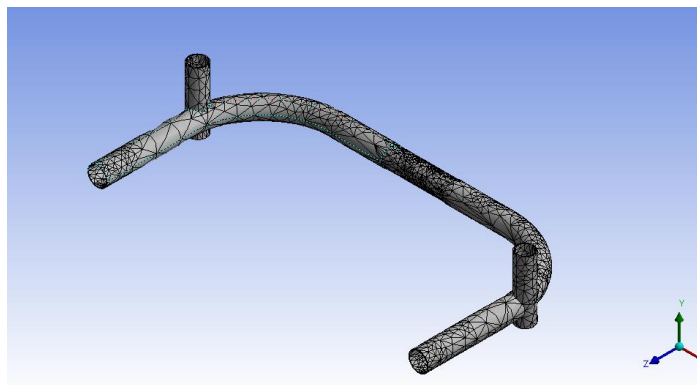
#### Tipos de mallas

Tipo de análisis	bidimensional		tridimensional			
Nombre	Triangular	cuadrilateral	Tetraedro	Pirámide	Prisma	Hexaedro
forma						
Nodos	3	4	4	5	6	8

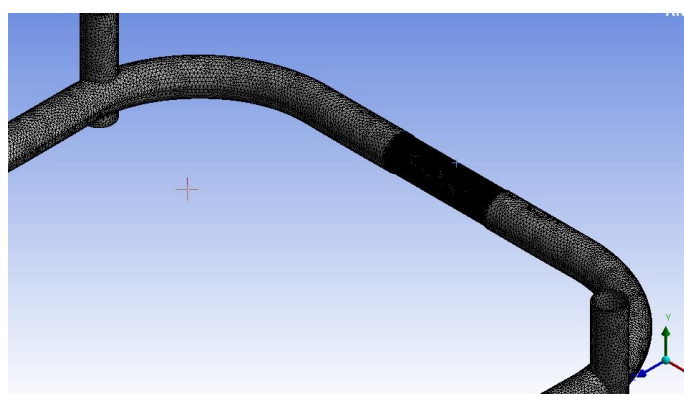
### 3.9.2 Generación de mallado

En el software se genera una malla por defecto o una malla automática la cual según el ordenador es la más básica con respecto a su calidad, adicional podemos monitorear

y modificar la malla de acuerdo a las condiciones que el diseñador requiera. Además el programa entrega la opción de refinamiento el cual directamente ayuda con un análisis más minucioso en las zonas más críticas dependiendo del criterio del diseñador.



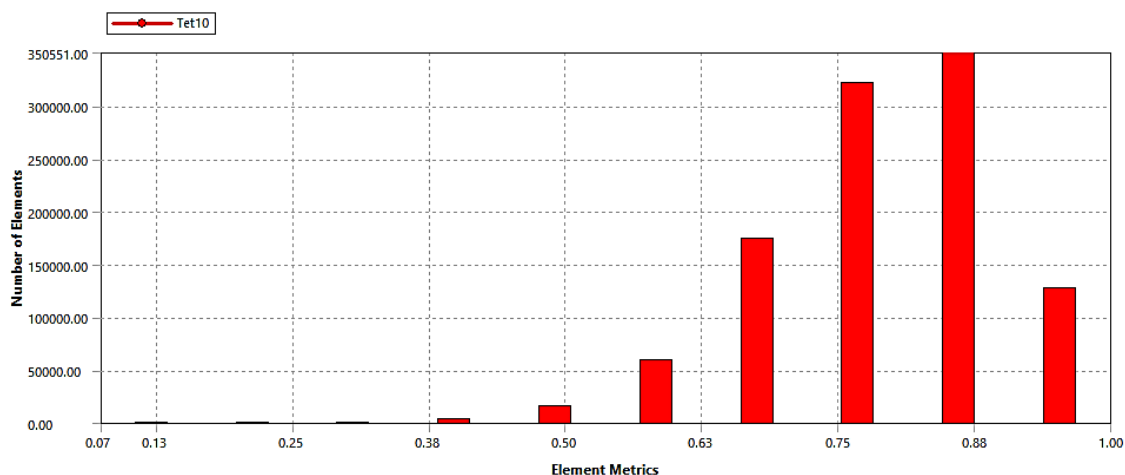
**Figura 55: Mallado preestablecido por el software**



**Figura 56: Refinamiento**

### **3.9.3 Calidad de mallado**

Para generar un mallado ideal para el análisis se debe modificar las características que se encuentran preestablecidas en el programa, el programa nos permite visualizar la calidad del mallado que se está generando. Este dato que entrega el software tiene que aproximarse a 1, entre más se acerque a 1 la malla presenta una mejor calidad. En la gráfica nos indica una relación adecuada entre volumen y longitud indicando su proximidad a 1, los que nos indica que la mayoría de elementos se encuentran con esta relación.



**Figura 57: Calidad de mallado**

### 3.10 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 24:**

**Comparación de mallados**

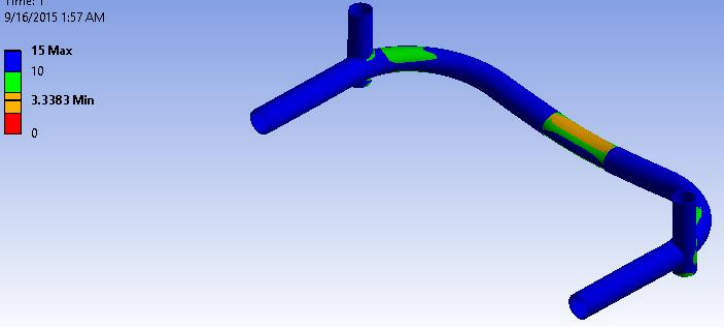
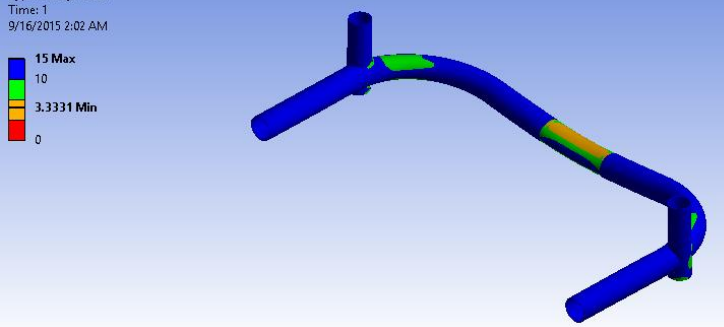
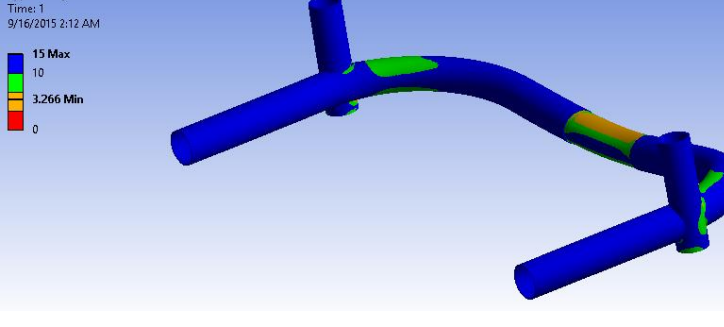
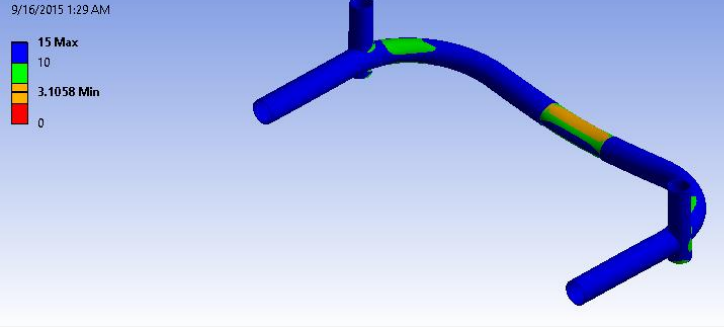
	$\sigma_{max}$ MPa	$\delta$ mm	$\epsilon$ mm/mm	$F_s$	Tamaño
<b>REAL</b>	<b>63,16</b>	<b>0,018</b>		<b>3,22</b>	
<b>Malla 1</b>	62,68	0,022	0,00029	3.338	2.00 mm
<b>Malla 2</b>	64.63	0,022	0,00027	3.333	2.25 mm
<b>Malla 3</b>	<b>66.36</b>	<b>0.022</b>	<b>0.00028</b>	<b>3.26</b>	<b>1.80 mm</b>
<b>Malla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

#### 3.10.1 Factor de seguridad para los distintos mallados

Es importante asegurar el tipo de mallado para acercarnos más al valor real como nos indicó la tabla 3-22, del cual partiremos para realizar el análisis de todos los elementos.

**Tabla 25:**

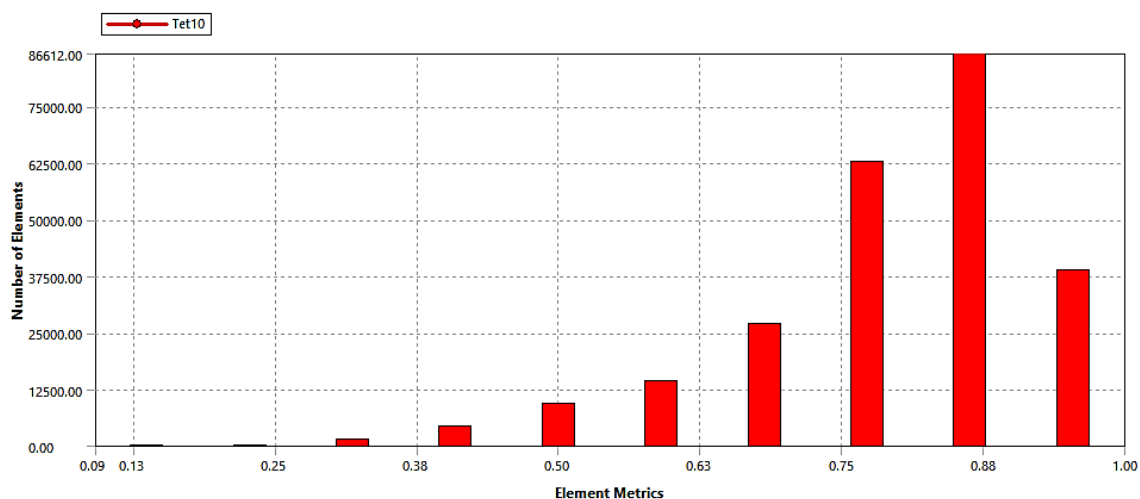
Factor de seguridad para los mallados

<b>Malla 1</b>	<p>A: Static Structural Safety Factor Type: Safety Factor Time: 1 9/16/2015 1:57 AM</p>  <p>15 Max 10 3.3383 Min 0</p> <p>The image shows a 3D model of a curved pipe assembly with a safety factor plot. The plot uses a color scale from blue (15 Max) to red (0). The minimum safety factor is 3.3383, indicated by a yellow/orange region on the lower right section of the pipe.</p>
<b>Malla 2</b>	<p>A: Static Structural Safety Factor Type: Safety Factor Time: 1 9/16/2015 2:02 AM</p>  <p>15 Max 10 3.3331 Min 0</p> <p>The image shows a 3D model of a curved pipe assembly with a safety factor plot. The plot uses a color scale from blue (15 Max) to red (0). The minimum safety factor is 3.3331, indicated by a yellow/orange region on the lower right section of the pipe.</p>
<b>Malla 3</b>	<p>A: Static Structural Safety Factor Type: Safety Factor Time: 1 9/16/2015 2:12 AM</p>  <p>15 Max 10 3.266 Min 0</p> <p>The image shows a 3D model of a curved pipe assembly with a safety factor plot. The plot uses a color scale from blue (15 Max) to red (0). The minimum safety factor is 3.266, indicated by a yellow/orange region on the lower right section of the pipe.</p>
<b>Malla 4</b>	<p>A: Static Structural Safety Factor Type: Safety Factor Time: 1 9/16/2015 1:29 AM</p>  <p>15 Max 10 3.1058 Min 0</p> <p>The image shows a 3D model of a curved pipe assembly with a safety factor plot. The plot uses a color scale from blue (15 Max) to red (0). The minimum safety factor is 3.1058, indicated by a yellow/orange region on the lower right section of the pipe.</p>



### 3.10.2 Calidad del mallado ideal para la tricicleta carriola

El mallado elegido cuenta con una forma tetraédrica, con una relevancia de 90 para el mallado, con un suavizado alto para que nos de elementos más ideales, y una transición lenta la cual nos ayuda a cambiar el tamaño progresivamente desde las curvas de los elementos.

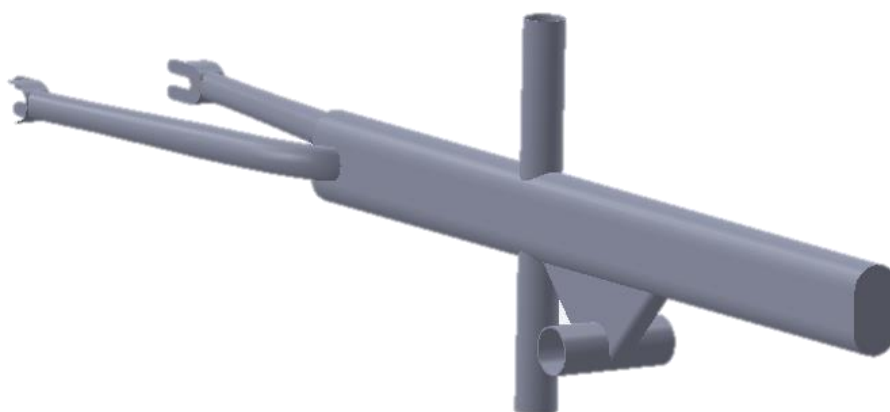


**Figura 58: Calidad de mallado ideal de la tricicleta carriola**

## 3.11 Simulación estática

### 3.11.1 Análisis de esfuerzos en el cuerpo principal de la estructura

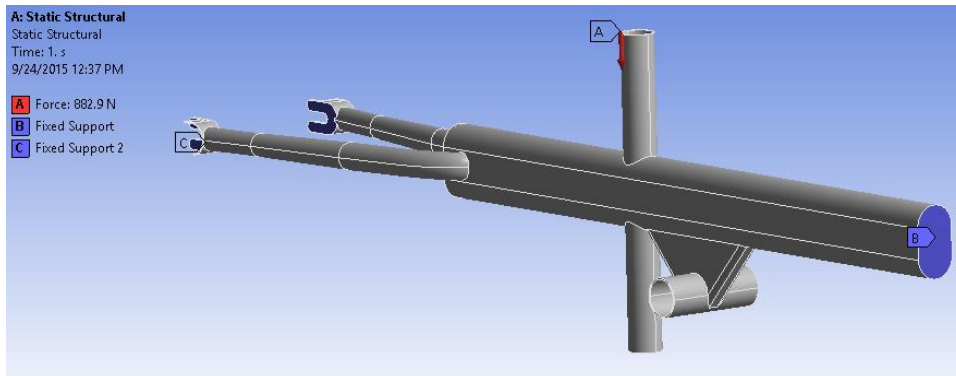
En el cuerpo de la estructura actúa el peso de la persona adulta, por lo que se considera el elemento principal de la tricicleta carriola, se tomará los datos representados en los cálculos del elemento divisor de la tricicleta carriola.



**Figura 59: Estructura principal**

**a) Parámetros de simulación**

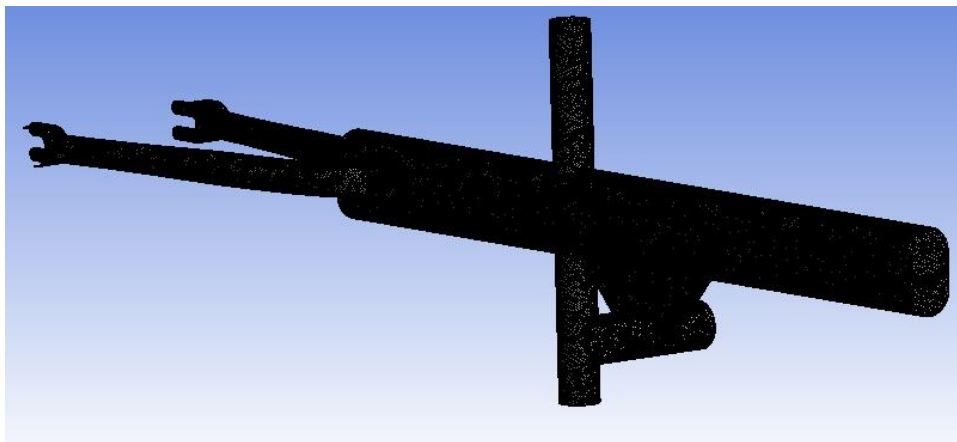
Los parámetros establecidos para la simulación es una doble fijación en la parte del eje posterior del vehículo puntos C y una fijación en la parte frontal punto B, se generó una carga de 882.90 N sobre el punto A.



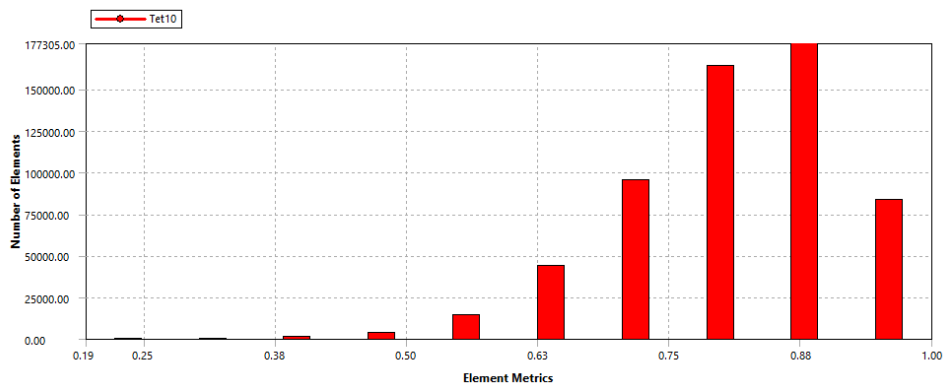
**Figura 60: Aplicación de cargas y sujeciones**

**b) Mallado de la estructura principal**

Las estadísticas del software Ansys nos ayuda con los datos del mallado y la calidad de la misma con 3581614 Nodos y 2446647 elementos indicado en la figura 3.38 y una calidad de 0.89 representada en la figura 3.39.



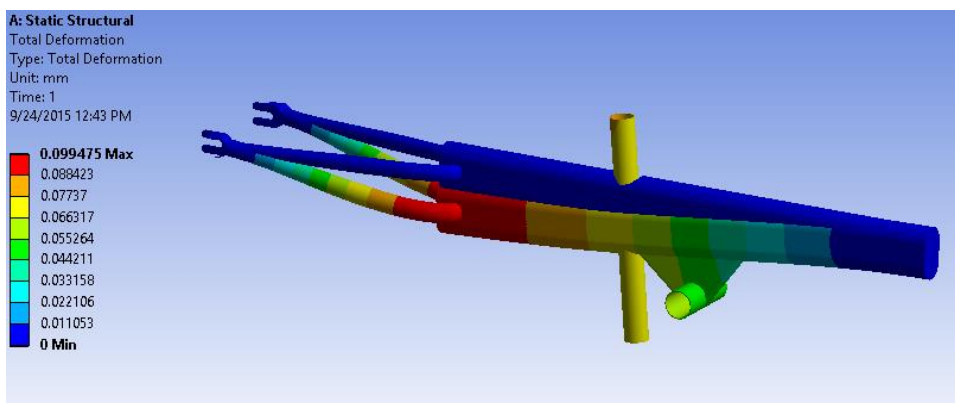
**Figura 61: Mallado de la estructura**



**Figura 62: Calidad del elemento de la estructura**

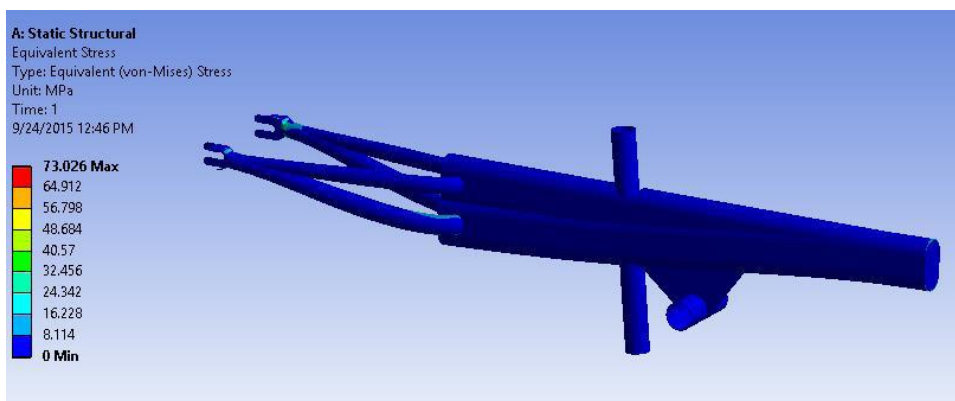
**c) Simulación de la estructura**

En la figura 3.40 se muestra la deformación total producida en la estructura con un valor de 0.099mm localizada en el punto trasero de la mayor carga. En comparación de su posición original.



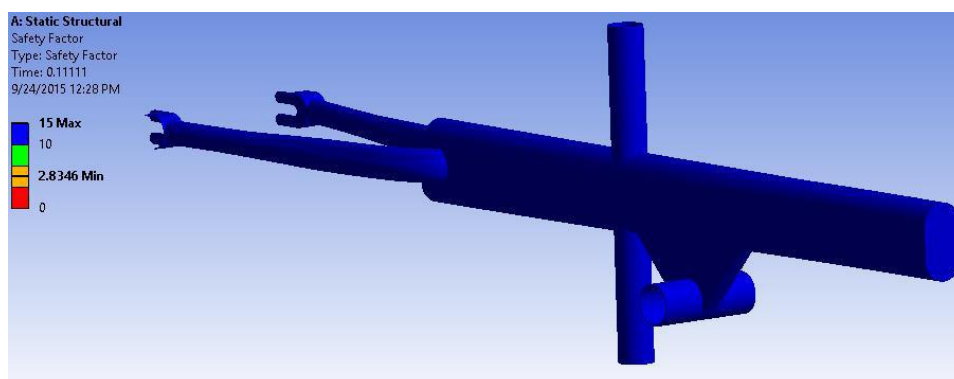
**Figura 63: Deformación total de la estructura**

En la figura 3.41 con un valor de 73.026 MPa nos indica el esfuerzo máximo (Von mises), encontrándose el valor bajo el valor del límite de fluencia del material.



**Figura 64: Esfuerzo máximo (Von-mises) de la estructura**

Finalmente en la figura 3.42 entrega el valor del factor de seguridad cuyo valor mínimo es de 2.83 asegurando que el diseño de la estructura sea factible.



**Figura 65: Factor de seguridad de la estructura**

### 3.11.2 Análisis de esfuerzos en el divisor

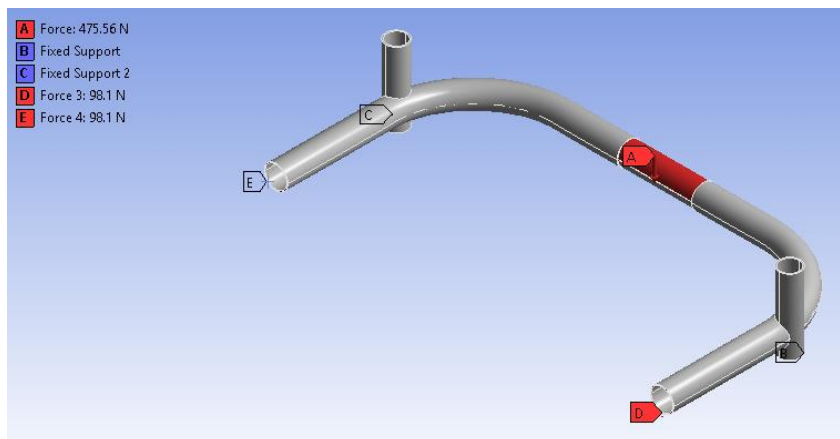
El divisor se localiza en la parte delantera del vehículo en el cual se encuentra unido al sistema mecánico para realizar el cambio de geometría estructural y por otro lado el peso del niño que se transporta.



**Figura 66: Divisor delantero**

#### a) Parámetros de simulación

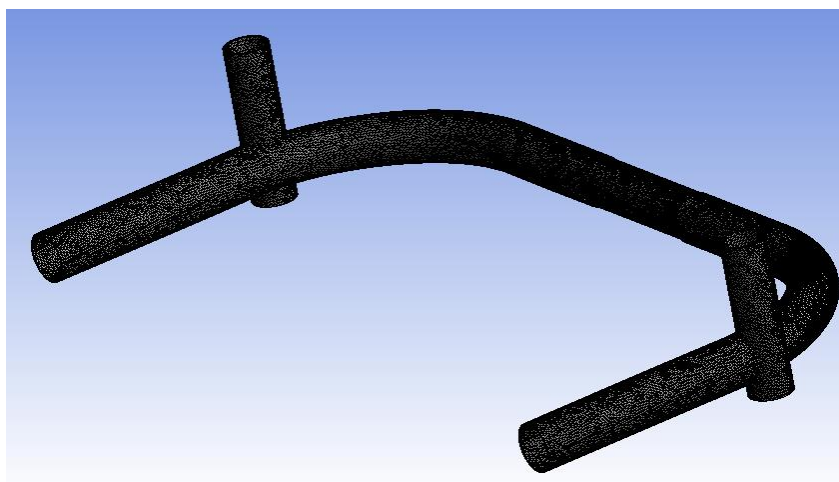
Para la simulación se estableció fijaciones en los puntos B y C, y la carga A indicada con 476.56N, y en los puntos D y E posan el peso del niño y del asiento con 196 N.



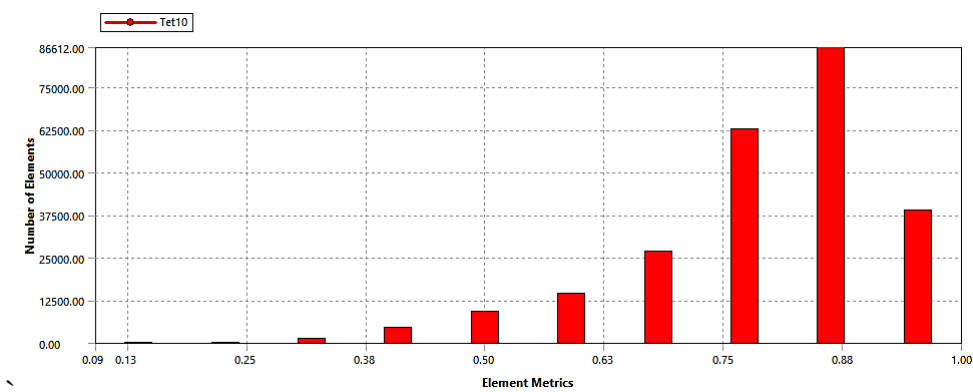
**Figura 67: Aplicación de cargas y sujeciones**

**b) Mallado del divisor delantero**

Los datos del mallado y la calidad del divisor delantero son 484361 Nodos y 243902 elementos indicado en la figura 3.45 y una calidad de 0.87 representada en la figura 3.46.



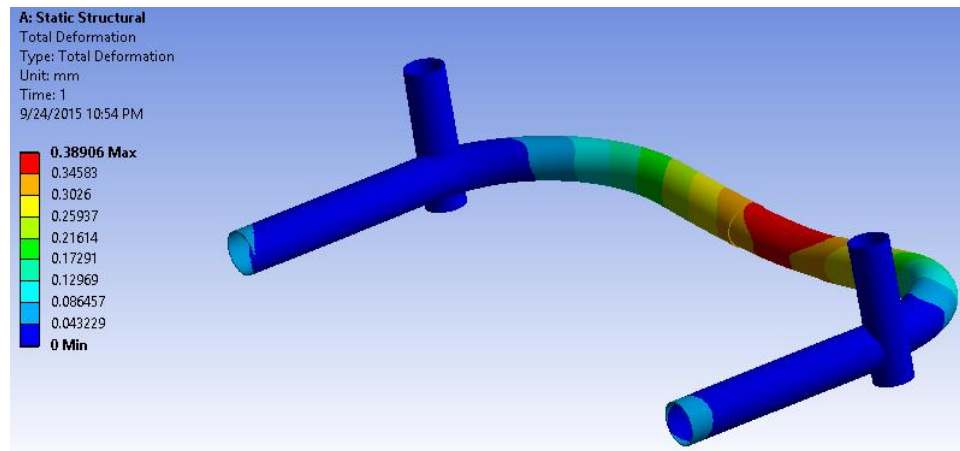
**Figura 68: Mallado del divisor delantero**



**Figura 69: Calidad del elemento del divisor delantero**

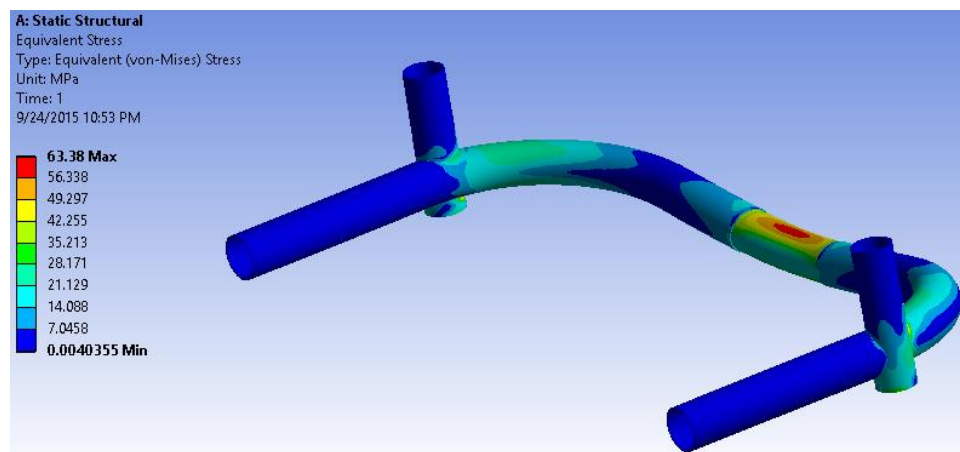
### c) Simulación de la estructura

En la figura 3.47 se muestra la deformación total producida en la estructura con un valor de 0.38906 mm localizada en la mitad del elemento.



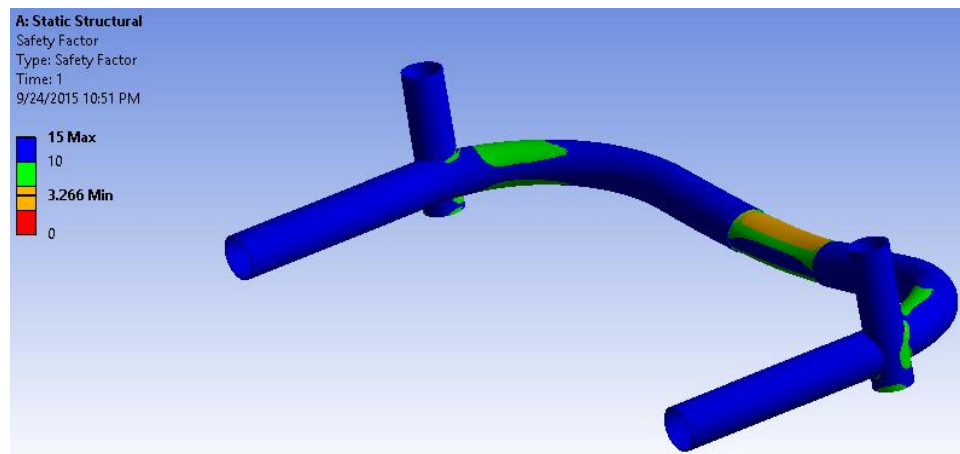
**Figura 70: Deformación total del divisor delantero**

En la figura 3.48 con un valor de 63.38 MPa nos indica el esfuerzo máximo (von mises), encontrándose el valor bajo el valor del límite de fluencia del material.



**Figura 71: Esfuerzo máximo (Von-Mises) del divisor**

Finalmente en la figura 3.49 entrega el valor del factor de seguridad cuyo valor mínimo es de 3.26 asegurando que el diseño del divisor el cual sea factible.



**Figura 72: Factor de seguridad del divisor**

### 3.11.3 Análisis de esfuerzos en el soporte delantero

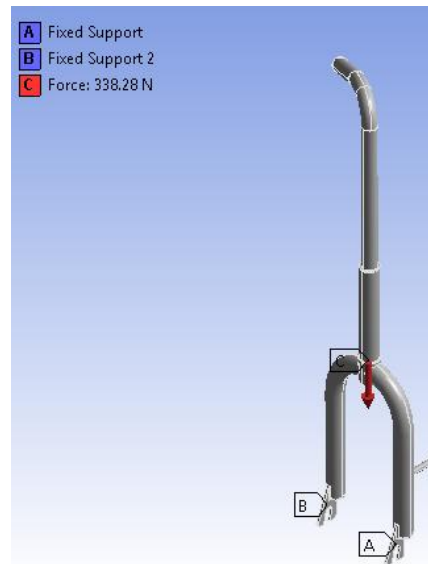
Los soportes delanteros son los encargados de soportar el peso del niño más del divisor, en este elemento van montadas las ruedas delanteras además del sistema de frenos y dirección.



**Figura 73: Soportes delanteros**

#### a) Parámetros de simulación

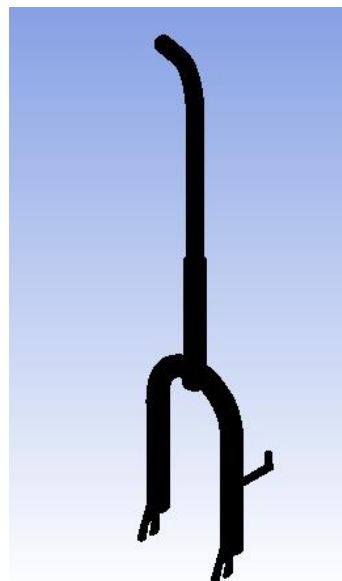
Para el soporte delantero del vehículo se ha colocado dos sujeciones A y B en el lugar donde se encuentra el eje de la rueda delantera, y una fuerza vertical de 338.28N sobre el eje central del soporte.



**Figura 74: Aplicación de cargas y sujeciones**

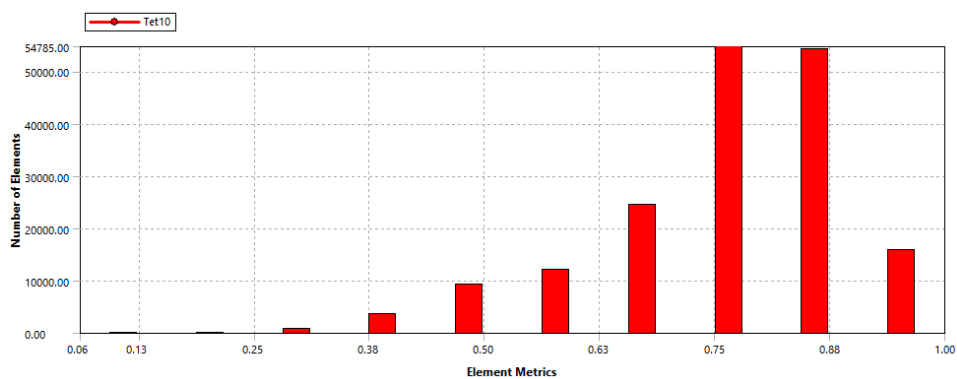
**b) Mallado del soporte delantero**

El soporte delantero consta con 374717 nodos y 192583 elementos representada en la figura 3.52 y con un promedio de 0.85 en la calidad del mallado indicada en la figura 3.53.



**Figura 75: Mallado de la estructura**

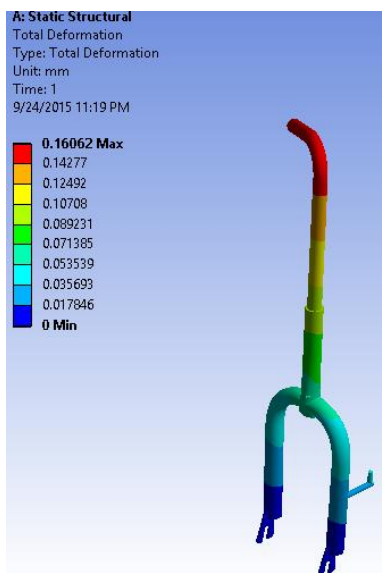




**Figura 76: Calidad del elemento del soporte delantero**

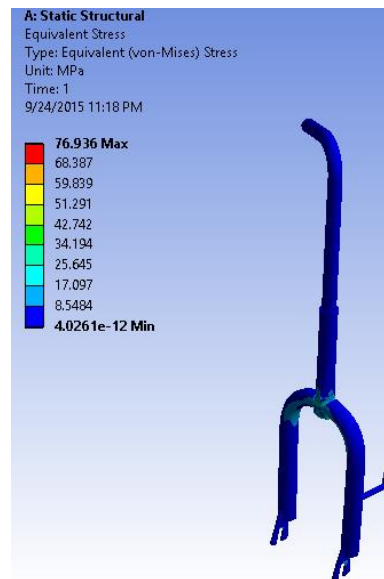
**c) Simulación del soporte delantero**

En la figura 3.54 se muestra la deformación total producida en la estructura con un valor de 0.1606 mm localizada en el punto del eje con mayor carga.



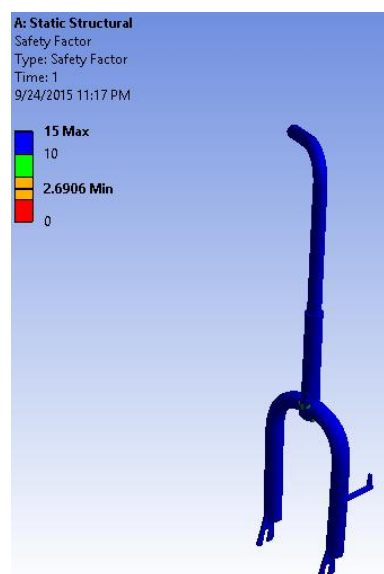
**Figura 77: Deformación total del soporte delantero**

En la figura 3.55 con un valor de 76.93 MPa nos indica el esfuerzo principal máximo, encontrándose el valor bajo el valor del límite de fluencia del material.



**Figura 78: Esfuerzo máximo (Von-mises) del soporte delantero**

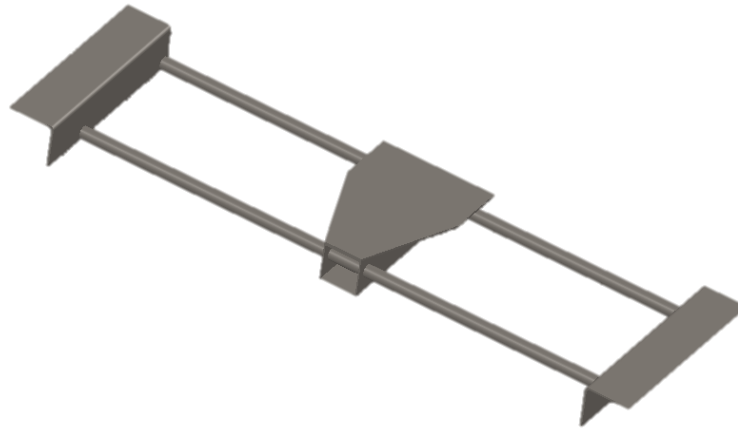
Finalmente en la figura 3.56 entrega el valor del factor de seguridad cuyo valor mínimo es de 2.69 asegurando que el diseño del soporte sea factible.



**Figura 79: Factor de seguridad del soporte delantero**

#### 3.11.4 Análisis de esfuerzos en la base de asiento del niño

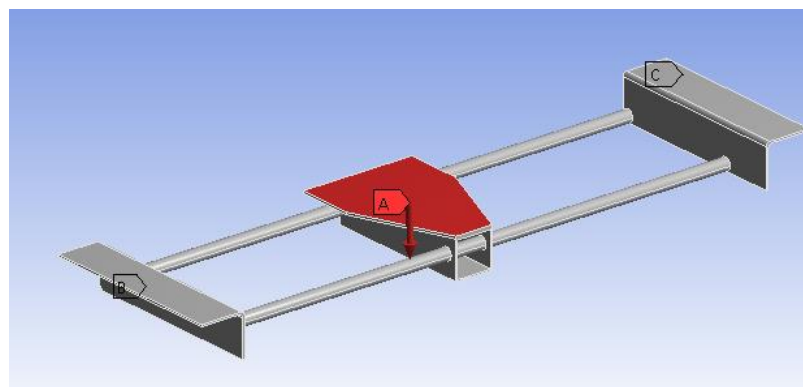
La base delantera es importante ya que es la encargada de mantener la posición del asiento del niño.



**Figura 80: Soporte delantero**

**a) Parámetros de simulación**

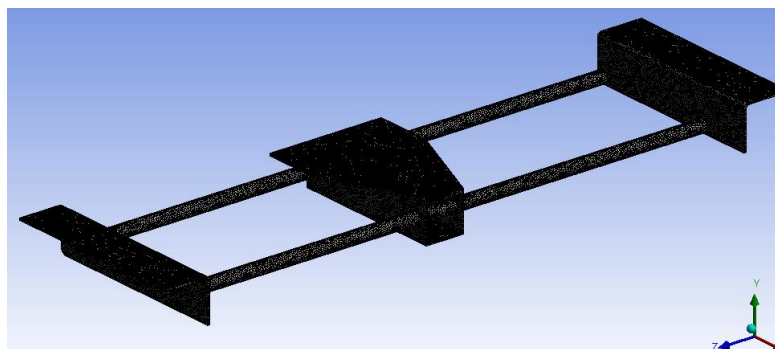
Para el soporte delantero del vehículo se ha colocado dos sujeciones B y C en el lugar donde se encuentra el eje de la rueda delantera, y una fuerza vertical de 180 N sobre el centro del soporte siendo este el peso del niño.



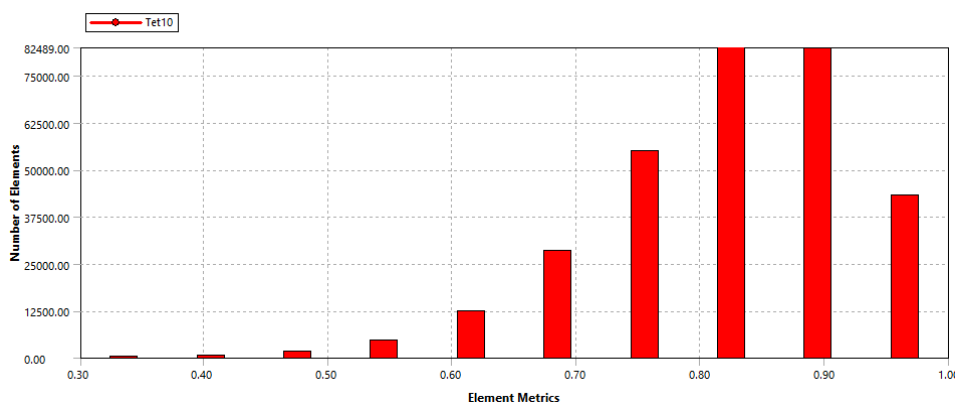
**Figura 81: Aplicación de cargas y sujeciones**

**b) Mallado de la base de asiento**

La base del asiento consta con 309930 nodos y 519240 elementos representada en la figura 3.59 y con un promedio de 0.89 en la calidad del mallado indicada en la figura 3.60.



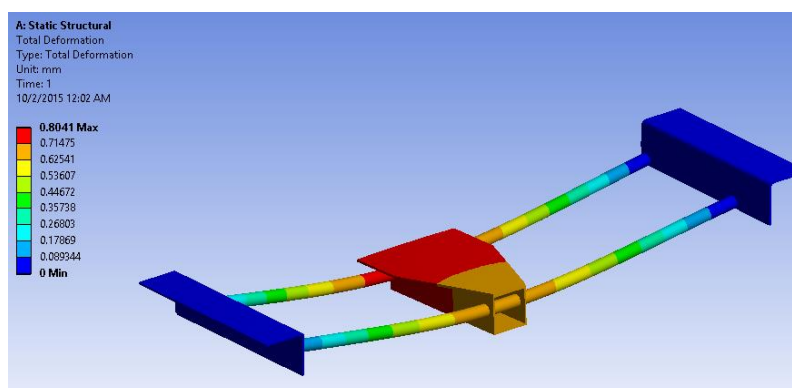
**Figura 82: Mallado del soporte delantero**



**Figura 83: Calidad del elemento la base de asiento**

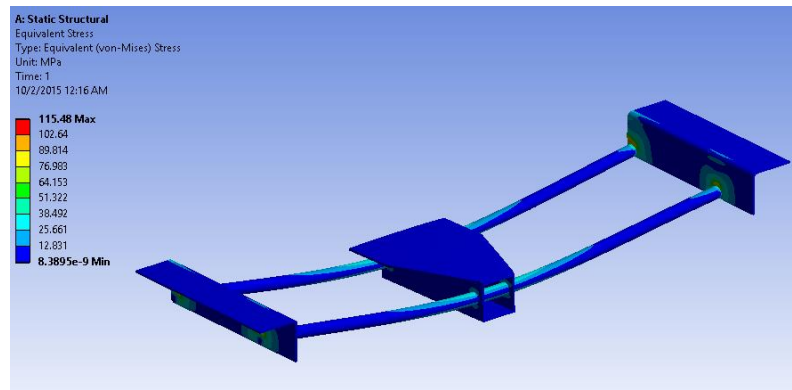
### c) Simulación de la base de asiento

En la figura 3.61 se muestra la deformación total producida en la estructura con un valor de 0.804 mm localizado en el centro del elemento.



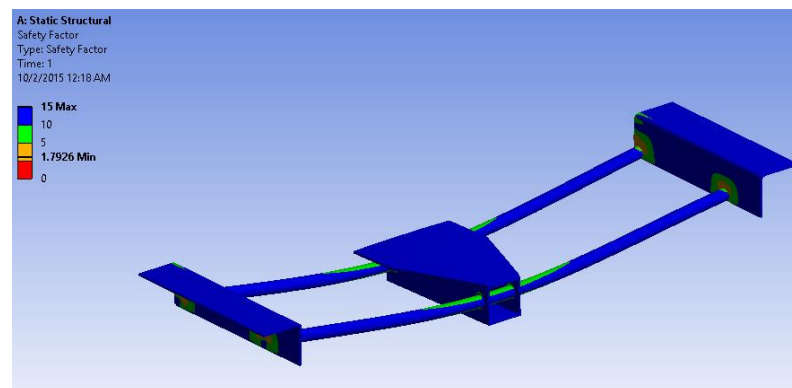
**Figura 84: Deformación total de la base de asiento**

En la figura 3.62 con un valor de 115.48 MPa nos indica el esfuerzo principal máximo, encontrándose el valor bajo el valor del límite de fluencia del material.



**Figura 85: Esfuerzo máximo (Von-mises) de la base de asiento**

Finalmente en la figura 3.63 entrega el valor del factor de seguridad cuyo valor mínimo es de 1.7926 asegurando que el diseño del elemento.



**Figura 86: Factor de seguridad de la base de asiento**

Stainless steel, austenitic, AISI 304, wrought, annealed ×

**Stainless steel, austenitic, AISI 304, wrought, annealed**

Layout: All attributes Show/Hide

**General properties**

**Designation**  
S-Steel: AISI 304, annealed

UNS number	S30400
Density	7.85e3 - 8.06e3 kg/m <sup>3</sup>
Price	3.99 - 4.39 USD/kg

**Tradenames**  
RDN 260, Roldan S.A. (SPAIN); RDN 240, Roldan S.A. (SPAIN); RDN 210, Roldan S.A. (SPAIN); RDN 340, Roldan S.A. (SPAIN); YOONSTEEL S2, Yoonsteel (Malaysia) Sdn. Bhd (MALAYSIA); ARGESTE 4306 LA/LF/SB/VC, Stahlwerk Ergste Westig GmbH (GERMANY); STAINWELD 308-15, Lincoln Electric Co. (USA); STAINWELD 308-16, Lincoln Electric Co. (USA); EASTERN STAINLESS TYPE 347, Eastern Stainless Corp. (USA); PROJECT 70 STAINLESS TYPE 347, Carpenter Technology Corp. (USA); EASTERN STAINLESS TYPE 304L, Eastern Stainless Corp. (USA); PROJECT 7000 STAINLESS TYPE 304L, Carpenter Technology Corp. (USA); PROJECT 70 STAINLESS TYPE 304L, Carpenter Technology Corp. (USA); SPARTAN REDHEUGH 347S31, Spartan Redheugh Ltd (UK);

**Composition overview**

**Composition (summary)**  
Fe/<.08C/17.5-20Cr/8-11Ni/<2Mn/<1Si/<.045P/<.03S

Base	Fe (Iron)
------	-----------

**Composition detail**

C (carbon)	0	-	0.08	%
Cr (chromium)	17.5	-	20	%
Fe (iron)	65.8	-	74.5	%
Mn (manganese)	0	-	2	%
Ni (nickel)	8	-	11	%
P (phosphorus)	0	-	0.045	%
S (sulfur)	0	-	0.03	%
Si (silicon)	0	-	1	%

**Mechanical properties**

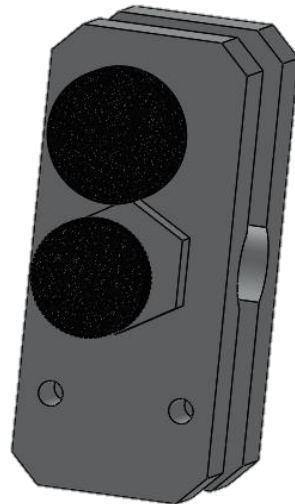
Young's modulus	190	-	203	GPa
Shear modulus	74	-	81	GPa
Bulk modulus	134	-	151	GPa
Poisson's ratio	0.265	-	0.275	
Shape factor	62			
Yield strength (elastic limit)	205	-	310	MPa
Tensile strength	510	-	620	MPa
Compressive strength	205	-	310	MPa
Flexural strength (modulus of rupture)	205	-	310	MPa
Elongation	45	-	60	%
Hardness - Vickers	170	-	210	HV
Hardness - Rockwell B	75	-	85	
Hardness - Rockwell C	* 0	-	13.4	
Hardness - Brinell	149	-	201	MPa

**Figura 87: Características de acero Inoxidable**

**Fuente: CES selector program**

### 3.11.5 Análisis de esfuerzos en el sistema mecánico

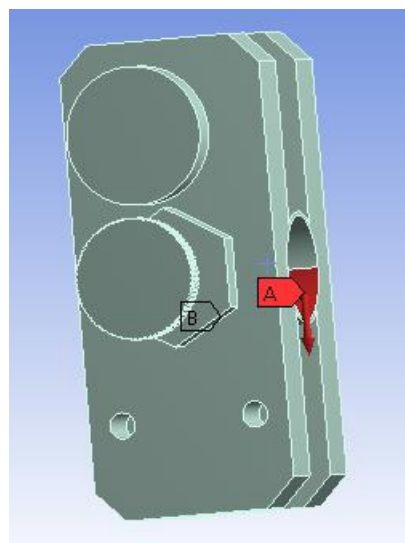
El sistema mecánico es el que permite que el cambio de geometría estructural se lleve a cabo, para ello consta de un pin de traba el cual permite que se quede el vehículo en la posición deseada tanto en tricicleta como en carriola.



**Figura 88: Sistema mecánico**

**a) Parámetros de simulación**

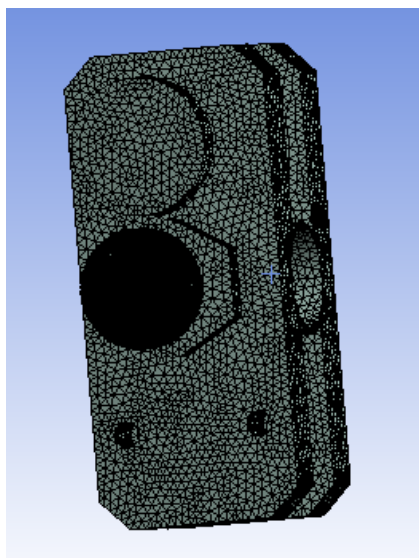
Para el sistema mecánico del vehículo se ha colocado una sujeción B en el lugar donde se une con el cuerpo de la estructura, y una fuerza vertical A de 476.56 N sobre la guía de unión con el divisor delantero.



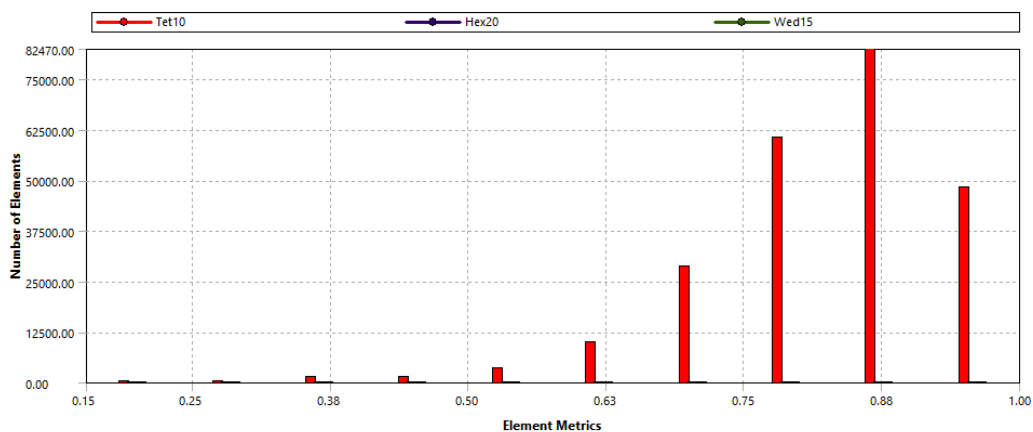
**Figura 89: Aplicación de cargas y sujeciones**

**b) Mallado del sistema mecánico**

El soporte delantero consta con 236401 nodos y 351054 elementos representada en la figura 3.67 y con un promedio de 0.87 en la calidad del mallado indicada en la figura 3.68.



**Figura 90: Mallado de la estructura**

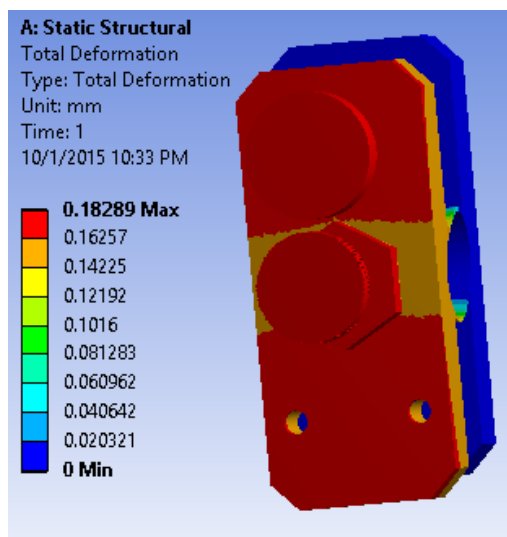


**Figura 91: Calidad del elemento del soporte delantero**

**c) Simulación de la estructura**

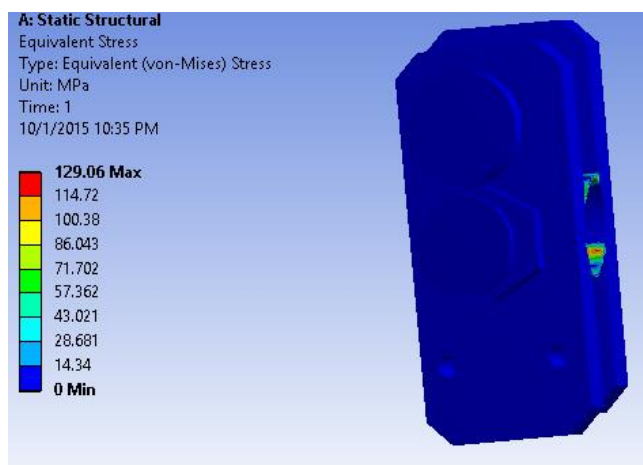
En la figura 3.69 se muestra la deformación total producida en la estructura con un valor de 0.1828 mm localizada en el punto del eje con mayor carga.





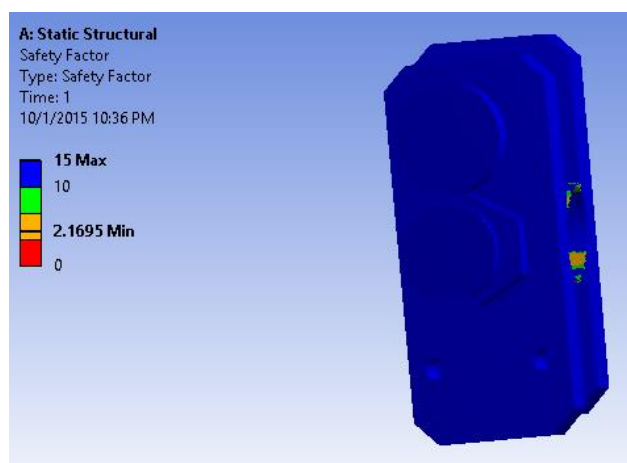
**Figura 92: Deformación total del sistema mecánico**

En la figura 3.70 con un valor de 129.06 MPa nos indica el esfuerzo principal máximo, encontrándose el valor bajo el valor del límite de fluencia del material.



**Figura 93: Esfuerzo máximo (Von-mises) del sistema mecánico**

Finalmente en la figura 3.71 entrega el valor del factor de seguridad cuyo valor mínimo es de 2.1695 asegurando el diseño del elemento.



**Figura 94: Factor de seguridad del sistema mecánico**

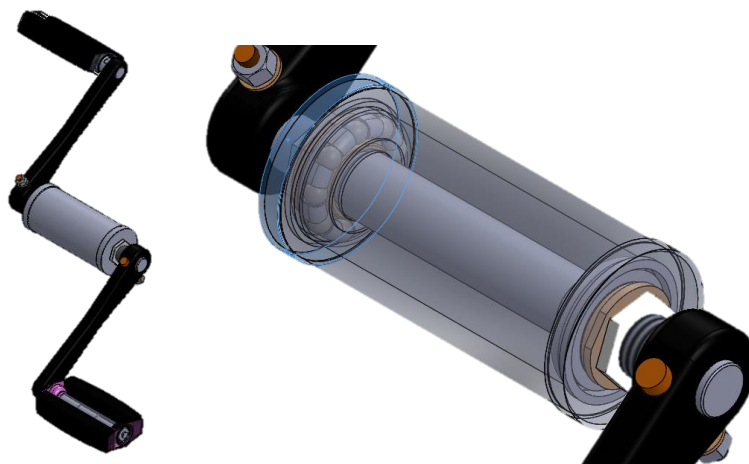
Aluminum, 6061, wrought, T6			
Layout: All attributes			
<b>General properties</b>			
<b>Designation</b>			
Al alloy: 6061-T6 (wrought)			
UNS number	A96061		
Density	2.67e3	- 2.73e3	kg/m <sup>3</sup>
Price	* 1.57	- 1.73	USD/kg
<b>Composition overview</b>			
<b>Composition (summary)</b>			
Al/1Mg/.6SiCuCr			
Base	Al (Aluminum)		
<b>Composition detail</b>			
Al (aluminum)	97	- 99	%
Cr (chromium)	0	- 0.6	%
Cu (copper)	0	- 0.6	%
Mg (magnesium)	1		%
Si (silicon)	0	- 0.6	%
<b>Mechanical properties</b>			
Young's modulus	68	- 74	GPa
Shear modulus	25	- 27	GPa
Bulk modulus	65	- 72	GPa
Poisson's ratio	0.325	- 0.335	
Shape factor	27		
Yield strength (elastic limit)	193	- 290	MPa
Tensile strength	241	- 320	MPa
Compressive strength	207	- 290	MPa
Flexural strength (modulus of rupture)	193	- 290	MPa

**Figura 95: Características de Aluminio 6061 T6**

**Fuente: CES selector program**

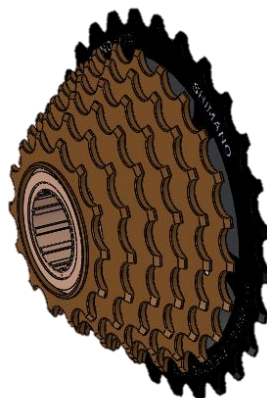
### 3.12 Detalle de los accesorios

#### 3.12.1 Sistema de Transmisión



**Figura 96: Pedales y conjunto rodamiento**

**Elaborado por: (GrabCad, 2015)**

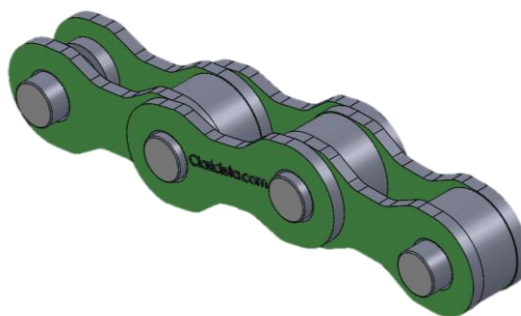


**Figura 97: Conjunto piñonera trasera**

**Elaborado por: (GrabCad, 2015)**

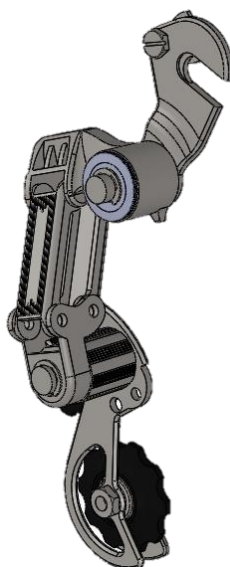


**Figura 98: Piñonera delantera**



**Figura 99: Cadena de transmisión**

**Elaborado por: (GrabCad, 2015)**



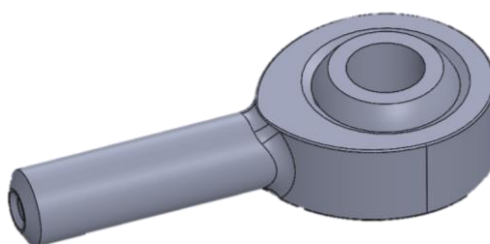
**Figura 100: Encarrilador de cambios**

**Elaborado por: (GrabCad, 2015)**

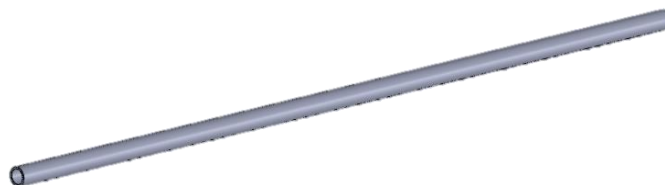


**Figura 101: Controlador de cambios**

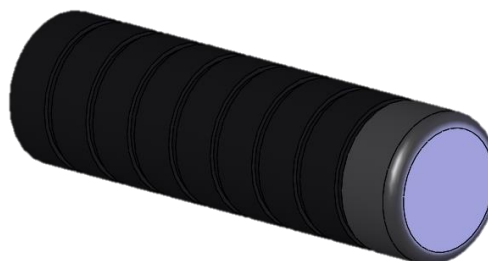
### 3.12.2 Sistema de dirección



**Figura 102: Rotula de dirección**



**Figura 103: Barra de dirección**



**Figura 104: Manillar**

### 3.12.3 Sistema de frenos



**Figura 105: Disco de freno**

Elaborado por: (GrabCad, 2015)



**Figura 106: Frenos delanteros**

Elaborado por: (GrabCad, 2015)



**Figura 107: Palanca de freno**

### 3.12.4 Ergonomía



**Figura 108: Asiento del conductor**



**Figura 109: Seguro para el asiento**

## CAPÍTULO IV

### 4. PROTOCOLO DE PROCESO DE MANUFACTURA, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

#### 4.1 Introducción

En los anteriores capítulos se desarrolló el diseño, análisis de los componentes del vehículo comprobado con el software para mejor eficacia de diseño, en este capítulo se procederá a generar el proceso de construcción y montaje de los componentes que constituyen la tricicleta carriola.

##### 4.1.1 Característica del proceso


El proceso debe cumplir con los requerimientos de construcción para tener una mayor eficacia en tiempos y en desarrollo del montaje del vehículo, para lo cual es indispensable cumplir un procedimiento que ayude a orientar el desarrollo del proyecto.

#### 4.2 Tecnología de la construcción

La construcción de los elementos que constituyen la tricicleta carriola se realizó en un taller mecánico en toda su totalidad, la tabla 4.1 indica las máquinas y equipos utilizados para el desarrollo de la construcción.

**Tabla 26:**

#### Máquinas y equipos

Designación	Maquina / Equipo	Característica
ME 1	Soldadora MIG Century 200s-40-180 <sup>a</sup> 	MIG 200S-40-180A. Alambre 0.8mm Rango 40-180 Amp Medidas: 59 x 33 x 39
ME 2	Taladro DE 1/2" DeWalt.	MODELO: DW508S-B3. Características: Mango ergonómico.

CONTINÚA →



		Velocidad en plena carga: 2.600 RPM. Acción Reversible. Potencia: Motor 700W
<b>ME 3</b>	AMOLADORA DW28490 	Potencia absorbida 2000 W Velocidad sin carga 6500 rpm Máx. Diámetro de disco 230 mm Vibración Mano/Brazo – Amolado 7.5 m/s <sup>2</sup>
<b>ME 4</b>	TORNO G0509G 	Dimensiones: 90 X 40 pulgadas Mandril trimandíbular de 8" Mandril cuatrimandíbular de 12" Placa frontal de 14" Motor 4 HP, 220V Numero de velocidades 16 Rango de velocidades 45-1800 RPM
<b>ME 5</b>	Soldadora TIG 	200 Amperios de potencia Peso 12 kg Dimensiones: 15 x 25 Pulgadas TIG: 5-200A MMA (Electrodo)
<b>ME 6</b>	Taladradora de columna SNC 23 VM 	Dimensiones: 610x910x2100 mm Peso: 250 kg Base: 410x410 mm Potencia: 1500 Watt

#### 4.2.1 Operaciones tecnológicas

En las operaciones tecnológicas se designan un carácter a cada una de las actividades para posteriormente adjuntar en el proceso de construcción.

**Tabla 27:**

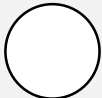
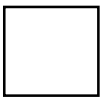
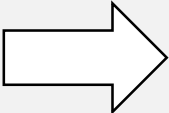
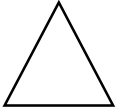
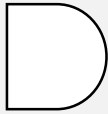
#### Operaciones tecnológicas

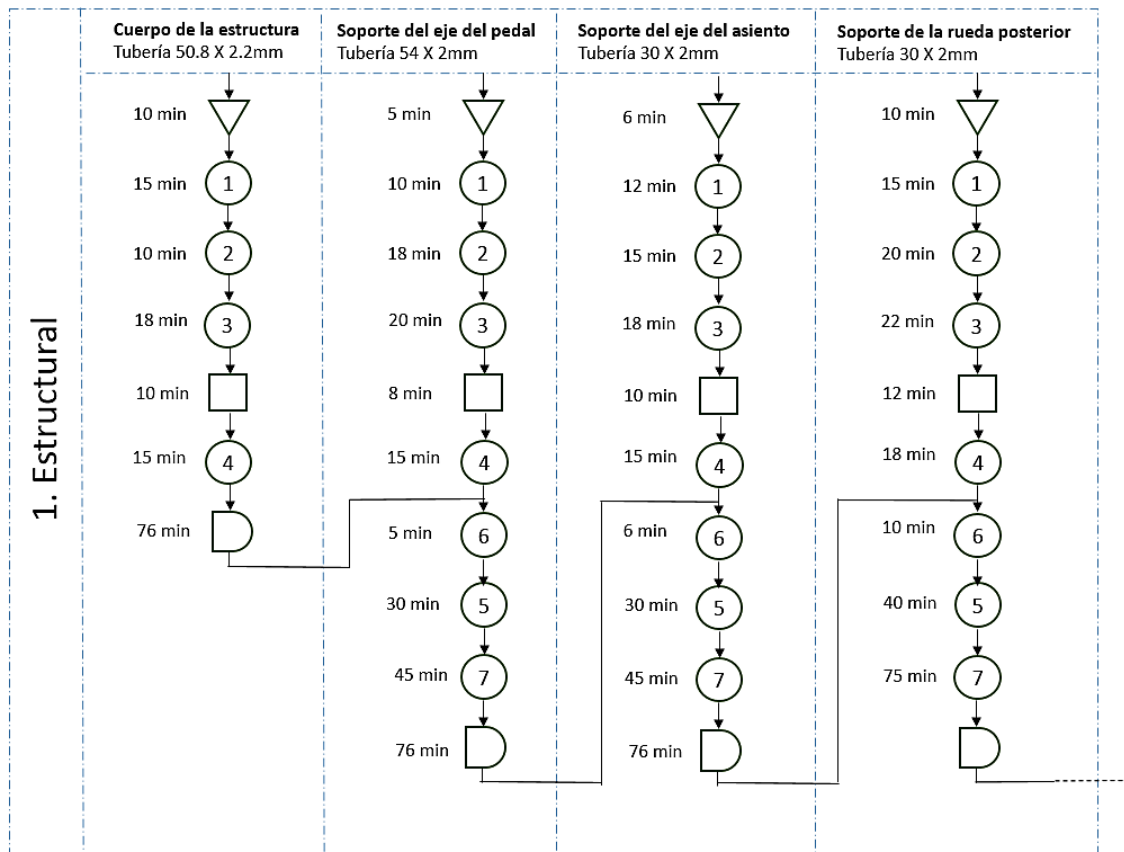
Identificación	Operación
1	Limpieza del área de trabajo
2	Medición
3	Corte del material
4	Limpieza del material cortado
5	Nivelación con la matriz
6	Unión
7	Soldadura
8	Esmerilado
9	Montaje
10	Doblado

#### 4.2.2 Cursograma sinóptico de la construcción

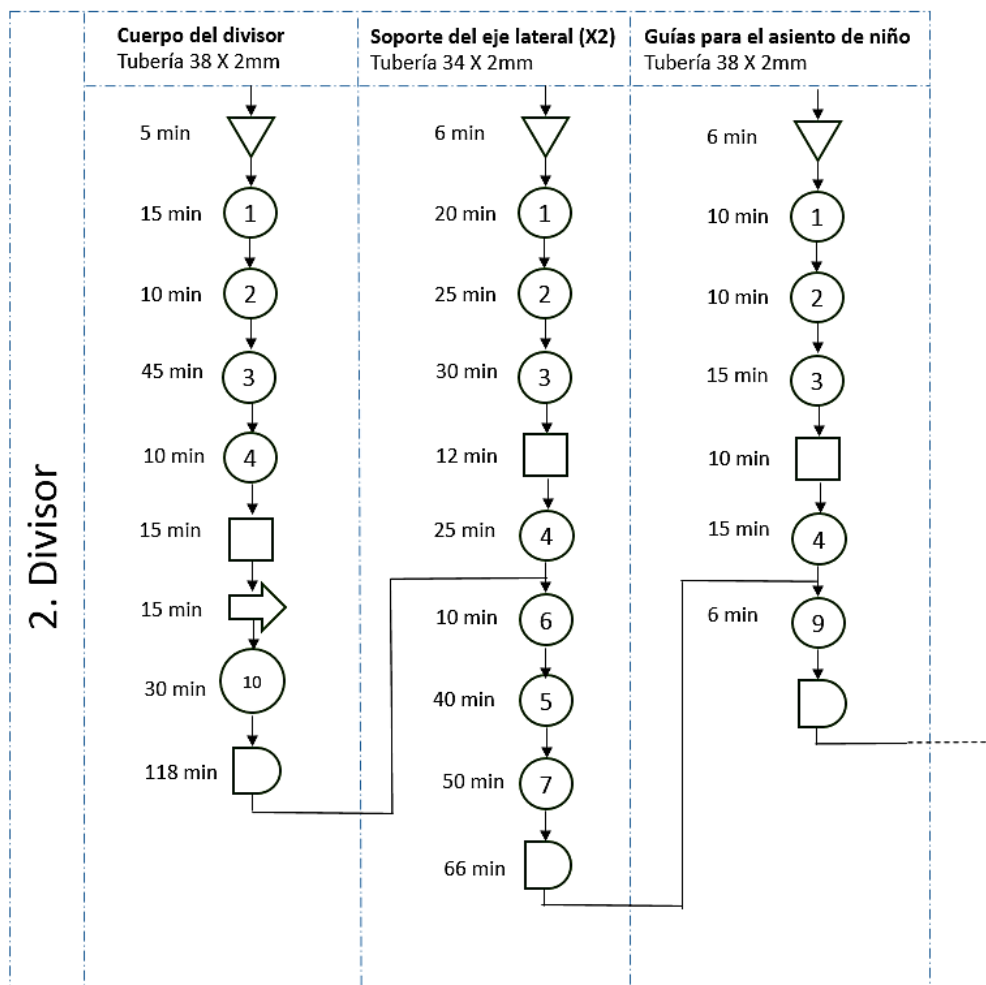
En el siguiente cuadro se presenta las operaciones a realizar por cada uno de los procesos de construcción de los elementos constitutivos del vehículo, en donde se toma en cuenta el tiempo del proceso, las etapas que cursa la construcción y el avance del proyecto.

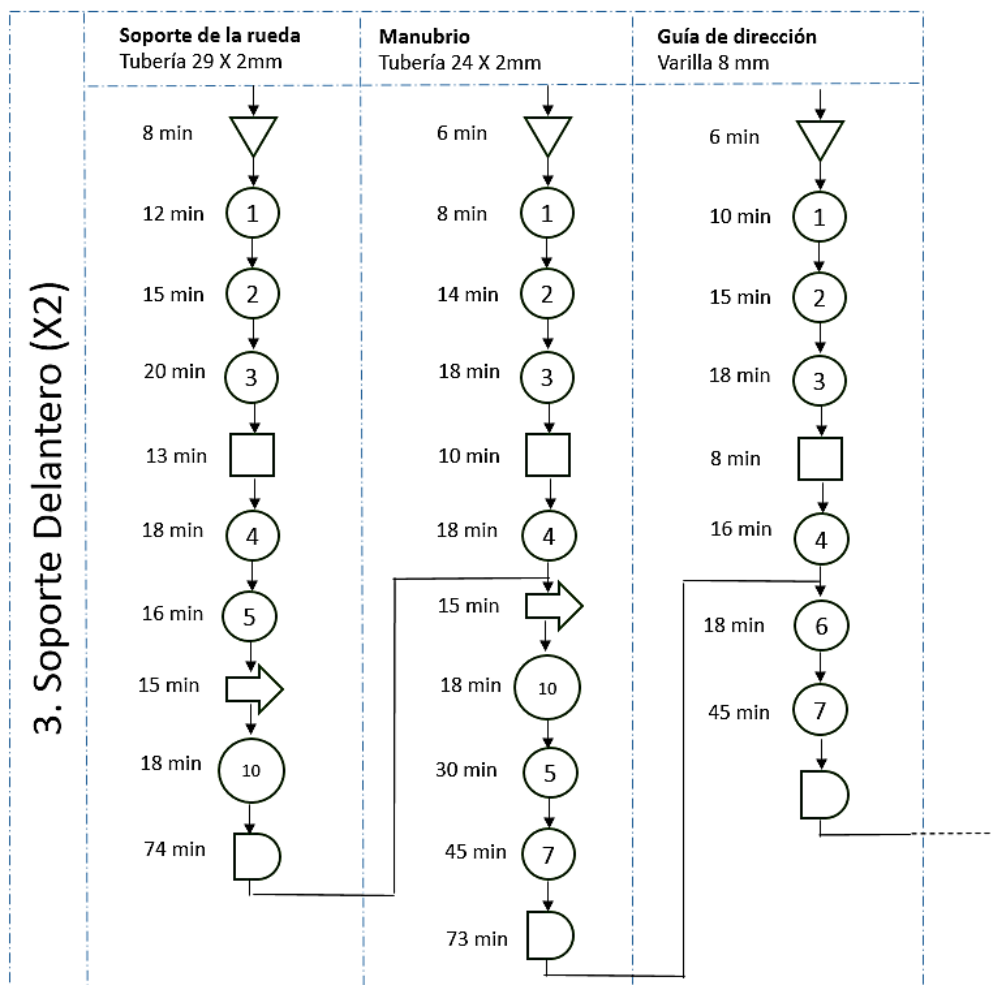
**Tabla 28:**  
**Simbología para el Corsograma de proceso**

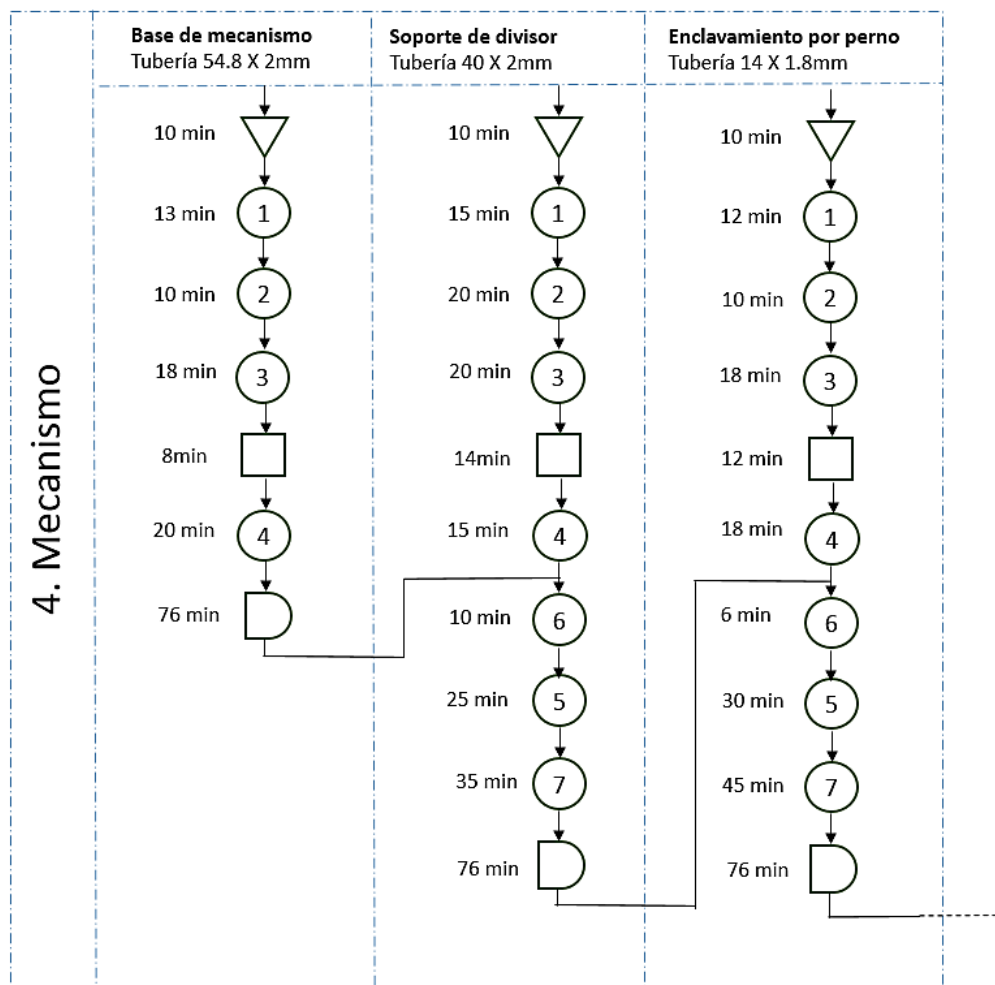
<b>Caracterización</b>	<b>Significado</b>
	Operación
	Inspección
	Transporte
	Almacenamiento
	Espera

a) **Desarrollo de la estructura**

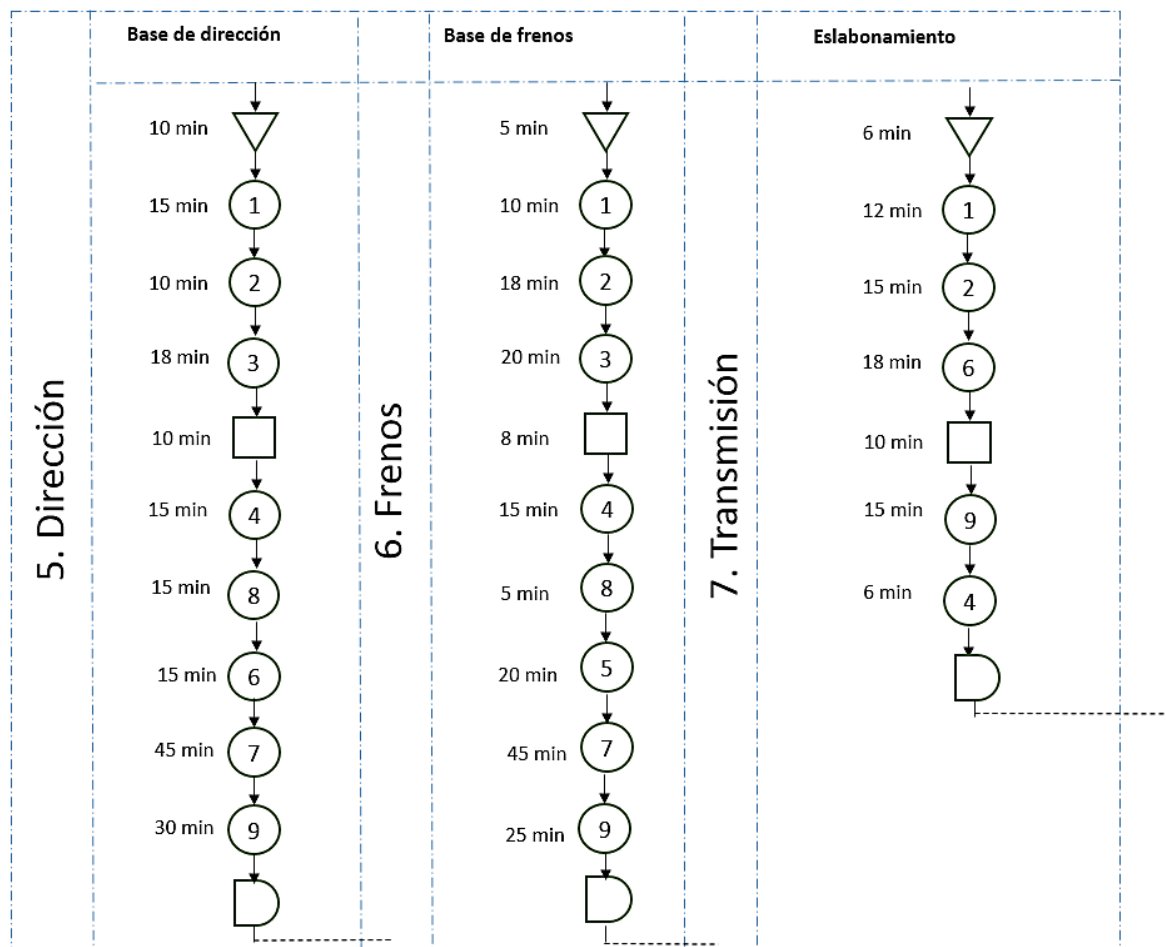
## b) Desarrollo del divisor



c) **Desarrollo del soporte delantero**

d) **Desarrollo del mecanismo**

e) **Desarrollo de la dirección, frenos y transmisión**



**4.2.3 Cursograma sinóptico del montaje**

En el siguiente cuadro se indicará el montaje respectivo de cada uno de los elementos correspondientes al vehículo, y los tiempos que se demora en el proceso.

**Tabla 29:**

**Simbología para el Cursograma de montaje**

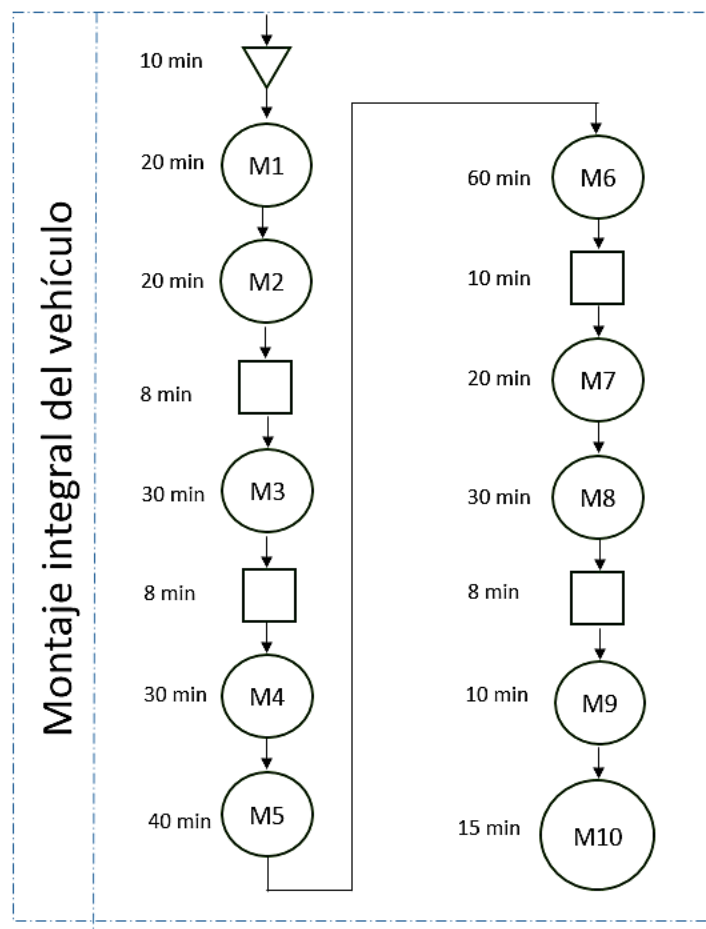
Caracterización	Significado
<b>M1</b>	Montaje del mecanismo y divisor sobre la estructura
<b>M2</b>	Montaje de la rueda posterior en la estructura
<b>M3</b>	Montaje del soporte delantero derecho
<b>M4</b>	Montaje del soporte delantero izquierdo
<b>M5</b>	Montaje de las ruedas delanteras
<b>M6</b>	Montaje del sistema de frenos

CONTINÚA →



<b>M7</b>	Montaje del sistema de dirección
<b>M8</b>	Montaje del sistema de transmisión
<b>M9</b>	Montaje del asiento del niño
<b>M10</b>	Montaje del asiento del conductor

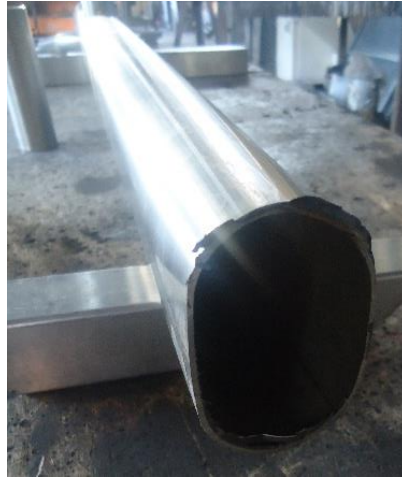
a) **Desarrollo del montaje integral del vehículo**



### 4.3 Construcción y montaje

#### 4.3.1 Estructura

El proceso inicia con la selección del material siendo tubería de 2 ½" con espesor 1.5 mm de acero inoxidable unidos mediante el proceso de solda TIG con gas TUNGSTENO, a continuación se procede a cortar la tubería y a realizarle un cambio en su geometría pasando de tubo circular a un tubo ovalado.



**Figura 110: Tubería de 2 ½” ovalada**

Para iniciar el proceso de soldadura se realizó el corte y dobles en los tubos que son el soporte de la rueda trasera para lo cual se seleccionó un tubo de acero inoxidable de 1’ y un espesor de 1.2mm.



**Figura 111: Tubería de 1’ con dobles**

Se procede a realizar las bases para el eje trasero de la rueda para lo cual se realizó una protección, la forma ayuda con la fácil colocación de la rueda en la estructura.



**Figura 112: Guías para la rueda trasera**

A continuación se realizó la soldadura de la guía del asiento en la estructura así también se procedió a cortar y unir a la estructura guía para los pedales.



**Figura 113: Guías para el asiento del conductor y guías de los pedales**

Una vez soldada el refuerzo de la guía para los pedales se continuó con la soldadura de la guía de los mismos estos refuerzos ayudan a colocar en la posición exacta a la guía así también a reforzar la unión entre el elemento y la estructura.



**Figura 114: Refuerzos para la guía de los pedales y asiento**

Para guiar el cable de freno y del Encarrilador trasero se ha proporcionado a la estructura unas guías para que estéticamente se vea bien la distribución de cables en la tricicleta carriola.



**Figura 115: Guías para el cableado**

En la estructura se realizó unas bases que ayudan a tener a las mordazas de los frenos traseros del vehículo



**Figura 116: Soporte de la mordaza**

#### **4.3.2 Sistema mecánico**

El sistema mecánico fue realizado en aluminio 6061 T6, empezando con un bloque de aluminio para posteriormente realizar la delineación en el mismo



**Figura 117: Bloque de aluminio para el sistema mecánico**

Al bloque de aluminio se procedió a taladrar un agujero como guía del eje del divisor, además se lo corto en la mitad longitudinalmente para tener dos partes iguales y poder hacer el bloqueo en el grado adecuado.



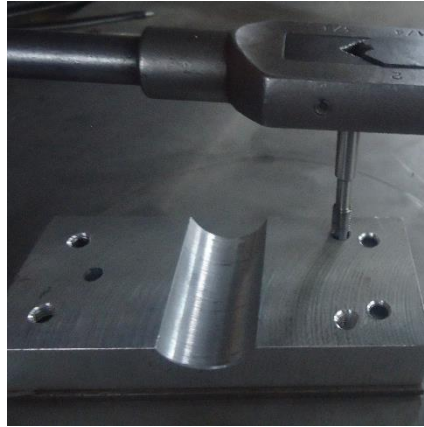
**Figura 118: Corte de bloque de aluminio**

En el eje del divisor delantero se realizó un agujero guía para realizar el bloqueo como tricicleta y como carriola



**Figura 119: Perforación de bloque de aluminio**

Se procede a realizar agujeros roscados para el ajuste del sistema mecánico. Para que la tricicleta realice el enclavamiento en el punto indicado se colocó un pin de enclavamiento que servirá de bloqueo para mantener la posición deseada



**Figura 120: Roscado de los agujeros**



**Figura 121: Perforación e implementación de sistema de enclavamiento**



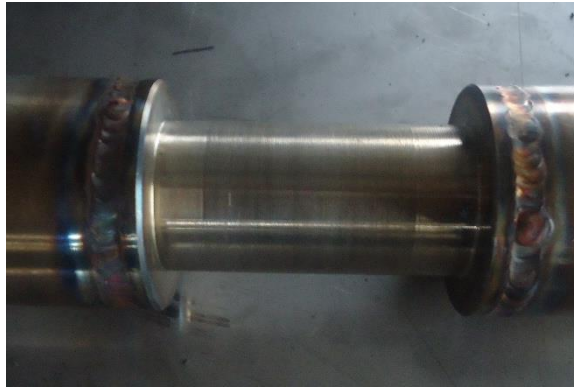
**Figura 122: Pin de enclavamiento**



**Figura 123: Ajuste del sistema mecánico**

#### **4.3.3 Divisor frontal**

En el divisor frontal se maquinó un eje que es el principal soporte entre la estructura y el divisor, así principalmente como guía para cambiar la geometría estructural.



**Figura 124: Desbastado de eje para el sistema mecánico**

Al tubo del divisor se realizó el doblado para darle la forma, y así constituir la base para el asiento del niño.



**Figura 125: Doblado del tubo del divisor**

En el divisor delantero se procedió a realizar las guías para los soportes de las ruedas delanteras las cuales tienen un sistema de rodamientos de bolas que ayudan con el giro del manubrio



**Figura 126: Unión de la guía para el soporte de la rueda**



**Figura 127: Desbastado de eje para el sistema mecánico**

#### **4.3.4 Dirección y soportes de las ruedas**

En este punto se realizó una guía para ajustar el manubrio tomando en cuenta el diámetro interno del soporte de las ruedas.





**Figura 128: Doblado de tubo de manubrio**



**Figura 129: Guía de ajuste de soporte**



**Figura 130: Ajuste para la guía del soporte**

En la parte del soporte de las ruedas se realizó las bases para la dirección



**Figura 131: Pin de la dirección**



**Figura 132: Guía de enclavamiento del sistema mecánico**

#### **4.3.5 Montaje integral de la tricicleta carriola**



**Figura 133: Montaje del sistema mecánico**



**Figura 134: Montaje de los ejes de la tricicleta carriola**



**Figura 135: Montaje de la dirección del vehículo**



**Figura 136: Montaje de los manubrios controladores de la dirección**



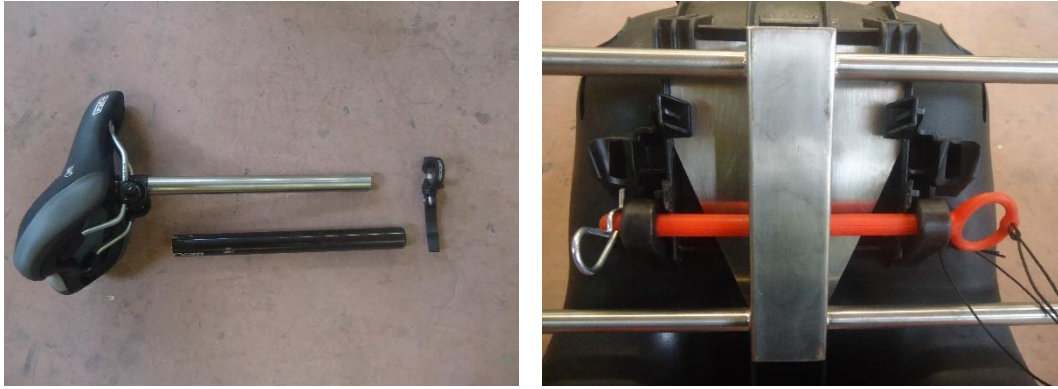
**Figura 137: Montaje de los pedales y la catarina delantera**



**Figura 138: Montaje de la catarina trasera con su respectivo encarrilador**



**Figura 139: Montaje e instalación de los frenos en V delanteros y de disco traseros**



**Figura 140: Instalación del asiento del niño y del conductor**

## CAPÍTULO V

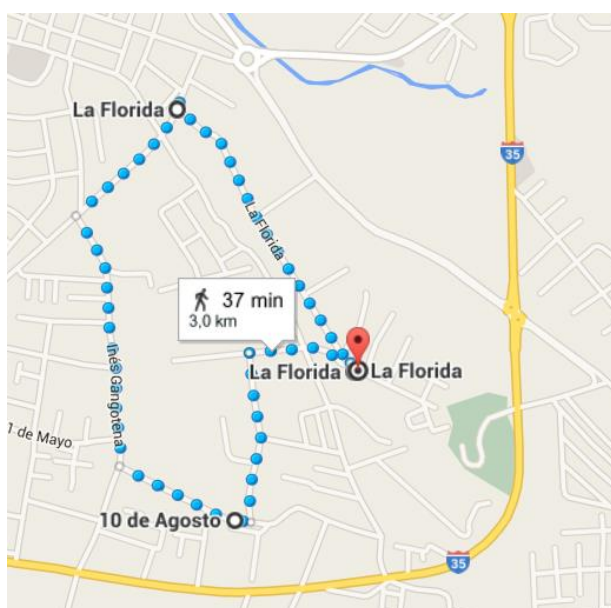
### 5. PROTOCOLO DE PRUEBAS, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

#### 5.1 Características del escenario de pruebas

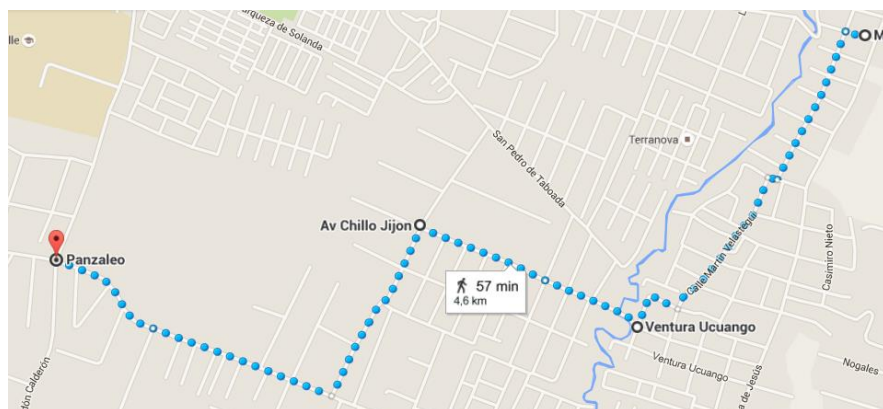
Los escenarios de pruebas son esenciales para determinar la eficacia de funcionamiento y desenvolvimiento del vehículo en distintas circunstancias de manejo y de terreno, para lo cual será indispensable establecer parámetros y características de los escenarios como por ejemplo la distancia, dificultad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

##### 5.1.1 Escenario rural

Para el escenario rural se tomará en cuenta los caminos de segundo orden como son los adoquinados, empedrados, y caminos de tierra. A continuación se realizará un croquis del escenario de prueba rural realizado en el barrio La Florida y el barrio Capelo, cantón Rumiñahui en la provincia de Pichincha.



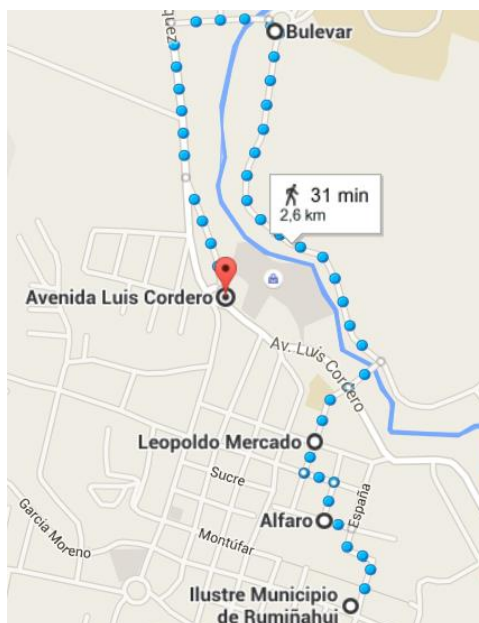
**Figura 141: Croquis de la ruta sector La Florida**



**Figura 142: Croquis de la ruta sector Capelo – La Salle**

### 5.1.2 Escenario urbano

En este escenario se lo procederá por medio de las vías urbanas dentro de Sangolquí cantón Rumiñahui provincia de Pichincha, para verificar el desenvolvimiento en lugares específicos dentro de la urbe, como son calles, veredas, estacionamientos, zonas de bici paseo, etc. A continuación se procederá a realizar el croquis del escenario a recorrer.



**Figura 143: Croquis de la ruta sector García Moreno-Bulevar-River Mall**

### 5.1.3 Escenario interno de un centro comercial



**Figura 144: Centro comercial River Mall**



**Figura 145: Centro comercial San Luis**

## 5.2 Parámetros de las pruebas

Para los parámetros en las distintas pruebas se ha considerado analizar el desenvolvimiento con el niño en la parte delantera del vehículo ocupando su posición original para el transporte, con esto se pretende obtener los resultados idóneos con todos los parámetros propuestos tanto en la tricicleta como en la carriola.

### 5.2.1 Pruebas rurales, urbanas y de interior de centros comerciales

- 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 146: Barrio la florida, sector rural**

- 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 147: Monumento Rumiñahui**



**Figura 148: Municipio del cantón Rumiñahui**

- 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 149: Ingreso al centro comercial River Mall**



**Figura 150: Pruebas del vehículo en el ascensor**



**Figura 151: Pruebas en las escaleras eléctricas**

### 5.3 Análisis de resultados

- El vehículo presentó buen comportamiento sobre caminos con diferente tipo de composición, a su vez presentó un ideal desempeño en pendientes en ambas direcciones, para la subida se ensayó el sistema de transmisión en un escenario bastante fuerte y se probó en sentido de bajada el sistema de frenos parándolo al vehículo de inmediato ante cualquier eventualidad.
- El sistema de dirección se comportó de una forma adecuada, tomando en cuenta que el radio de giro es mucho mayor al de una bicicleta común ya sea a altas velocidades como a bajas velocidades. De igual manera los mandos en los manubrios se comportaron de manera apropiada ante la necesidad del usuario.
- El vehículo presenta una agradable conducción, ya que tiene un asiento de gel el cual ayuda a disminuir el cansancio, también gracias a su asiento telescópico podemos regular la altura dependiendo de las características de cada usuario. De igual manera el asiento del niño presenta una alta comodidad así también su seguridad con un arnés de 3 puntos, la seguridad de los pies, y la barra para sujeción precautelando la integridad del niño, adicional a esto los dos ocupantes del vehículo tienen que llevar casco de seguridad obligatorio.
- La conversión de tricicleta a carriola y viceversa se realizó sin ninguna anomalía, ayudando a cambiar su geometría el sistema mecánico se procedió realizando todos los pasos como indica el manual de usuario entregando como resultado una maniobrabilidad adecuada en el proceso.
- En general el desempeño fue ideal en todos los escenarios de pruebas mostrando que el vehículo supo atravesar los obstáculos indicados previamente por el autor del proyecto.

## 5.4 Manual de mantenimiento y operación

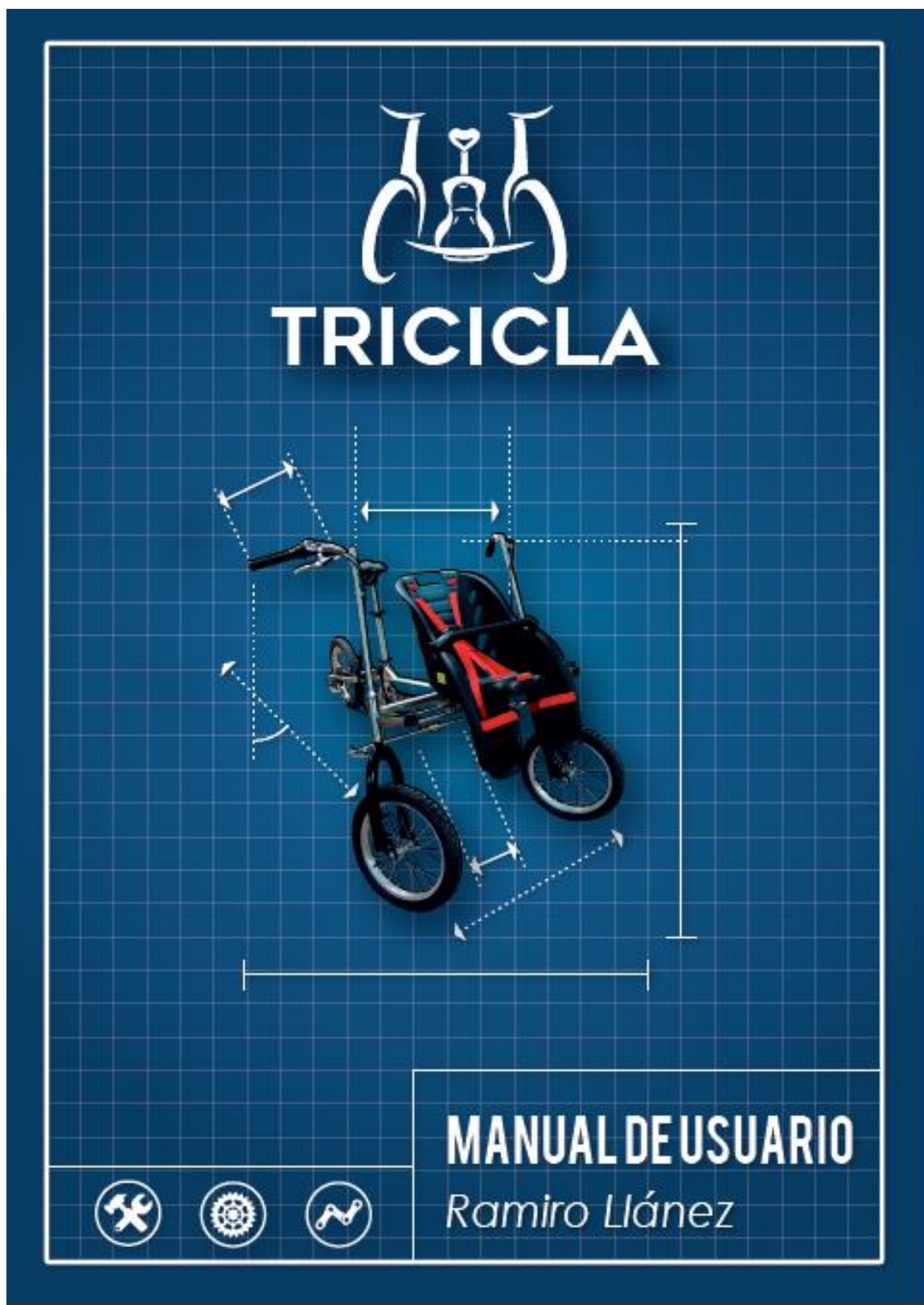


Figura 152: Portada del manual de mantenimiento

## 5.5 Análisis de costos

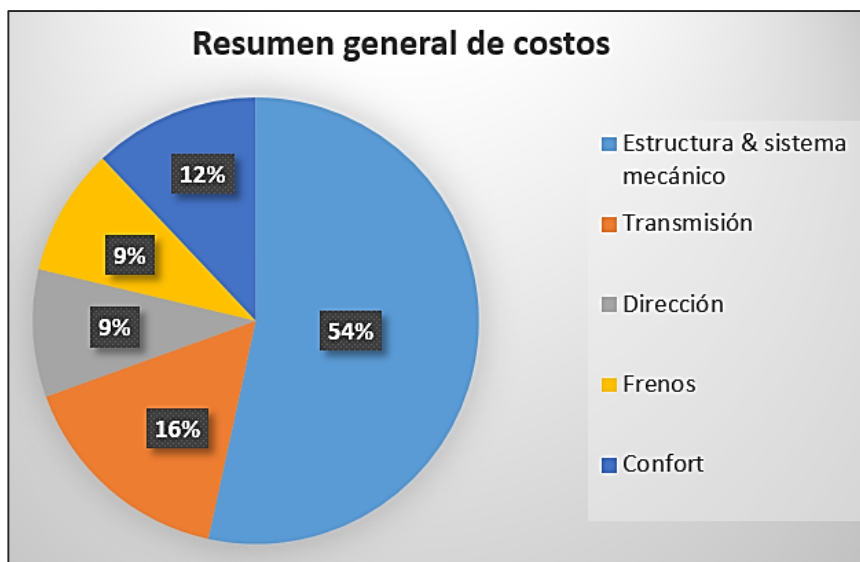
Aquí se procede a elaborar un análisis de costos que abarcan la construcción de la tricicleta carriola, indicando la inversión realizada en todo el proceso del vehículo, en la tabla se procede a exteriorizar el resumen general de gastos.

**Tabla 30:**

### Resumen general de costos

Sistema	Material	Accesorios	Procesos	Herramientas/ Equipos	Total
<b>Estructura &amp; sistema mecánico</b>	210.31	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 5.6 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 153: Resumen general de costos**

### 5.5.1 Lista de costos para la estructura & sistema mecánico.

**Tabla 31:**

#### Lista de costos de la estructura & sistema mecánico

Parte	Descripción	Cantidad	Costo	Herramientas/ Equipos	Total
Divisor y ejes	Acero AISI 304	1	55.5	42.00	97.5
Soportes de ruedas	Acero AISI 304	3	76.8	35.5	112.3
Eje asiento	Telescópico	1	32.20	12.56	44.76
Manubrio y soporte	Acero AISI 304	2	68.5	22.5	91.00
Estructura	Acero AISI 304	1	78.45	42.00	120.45
Mecanismo		1	85.5	45.00	130.5
Ruedas	Aros y neumáticos	3	75.00	0.00	75.00
<b>Total</b>					671.51

### 5.5.2 Lista de costos para el sistema de transmisión

A través de la tabla 5-3 se plasma un desglose detallado de costos del sistema de transmisión.

**Tabla 32:**

#### Lista de costos para el sistema de transmisión

Parte	Descripción	Cantidad	Costo	Herramientas/ Equipos	Total
Eje delantero	Eje Shimano	1	35.5	15.5	51.00
Eje trasero	Eje Shimano	1	32.35	7.27	39.62
Pedales	Necco Aluminio	2	48.00		48.00
Ruedas dentadas delantera y trasera	Shimano CS-HG20-7	8	43.5		43.5
Tensor trasero y controlador	Shimano Altus	1	19.8		19.8
<b>Total</b>					201.92



### 5.5.3 Lista de costos para el sistema de dirección

A través de la tabla 5-4 se indica los costos en el sistema de dirección

**Tabla 33:**

#### Lista de costos para el sistema de dirección

Parte	Descripción	Cantidad		Costo	Herramientas/ Equipos	Total
<b>Pin en los soportes de las ruedas</b>	Acero AISI 304	2		18.15	5.75	23.9
<b>Rotulas derechas y reversas</b>	Aurora AB-M8T	4		26.24	4.15	30.39
<b>Eje de dirección</b>	Acero AISI 304	1		10.40	3.75	14.15
<b>Mangos de manubrio</b>	Goma	2		12.60	1.20	13.8
<b>Soportes</b>	Acero AISI 304	2		10.00		10.00
<b>Total</b>						92.24

### 5.5.4 Lista de costos para el sistema de frenos

A través de la tabla 5-5 se indica detalladamente los costos del sistema de frenos de la tricicleta carriola.

**Tabla 34:**

#### Lista de costos para el sistema de frenos

Parte	Descripción	Cantidad	Costo	Herramientas/ Equipos	Total
<b>Pinzas delanteras y zapatas</b>	Shimano en v BRM 375	2	25.00	4.00	29.00
<b>Disco trasero y mordaza</b>	Shimano BRM 422	1	30.50	10.24	40.74
<b>Cableado y fundas</b>	Shimano	3	18.30	0.00	18.30
<b>Palanca de freno y mangos</b>	Logan	2	19.90	2.75	22.65
<b>Soportes</b>	Acero AISI 304	2	5.50	0.00	5.50
<b>Total</b>					116.19

### 5.5.5 Lista de costos para el confort y seguridad

A través de la tabla 5-6 se indica los costos para el confort y seguridad del vehículo.

**Tabla 35:**

#### Lista de costos para el confort y seguridad

<b>Parte</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Herramientas/ Equipos</b>	<b>Total</b>
<b>Asiento conductor</b>	Velo	1	12.10	0.75	12.85
<b>Asiento acompañante</b>	Aurora AB-M8T	1	87.00	11.25	98.25
<b>Seguridad</b>	Arnés de 3 puntos	1	24.15	0.00	24.15
<b>Confort</b>	Almohadilla	1	7.00	0.00	7.00
<b>Total</b>					142.25

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 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
- Para el sistema de frenos se seleccionó frenos en V para la parte frontal y en disco para la parte trasera, tomando en cuenta que el frenado es indispensable para los vehículos se seleccionó en marca Shimano lo que asegura su efectividad. Para la transmisión los ejes y catarinas de 7 velocidades de marca Shimano.

- 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.

## 6.2 Recomendaciones

- Tomar en consideración los tipos de enclavamiento para el sistema mecánico ya que de él depende su funcionalidad y ergonomía tanto en la tricicleta como en la carriola.
- Realizar el estudio para distintos materiales reciclables como alternativa en el diseño de los vehículos ya que hoy en día la tecnología tiene tendencia a generar investigaciones con materiales reciclados. Sin duda alguna para que los vehículos sean totalmente amistosos con el medio ambiente.
- Se recomienda analizar más alternativas para los sistemas mecánicos así como mecanismos para mejorar la funcionalidad de los elementos y máquinas que posteriormente se realizarán.
- Incursionar en la investigación de los nuevos materiales para el diseño y construcción de estos vehículos, indagando los materiales compuestos u orgánicos tomando en cuenta que se mejoraría las características mecánicas del diseño.
- Se recomienda para el vehículo de tres ruedas se analice esencialmente la estabilidad en curvas ya que es un factor que afecta poniendo la integridad de los ocupantes.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cañibano, S. R. (2009). Diseño y Desarrollo de un Vehículo de Tres Ruedas con Asistencia. *Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica*, segunda edición 3-5.
- Correa. (2010). Diseño de transmisión por cadena y análisis de los eslabonamientos. Medellín.
- Gillespie, T. D. (1989). *Fundamentals of vehicle Dynamics*. Warrendale.
- Jorque, G. (2014). *Diseño y construcción de los sistemas de transmisión y frenos de una tricicleta solar*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga.
- Joseph Edward Shingley, L. D. (1985). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. McGraw-Hill, México DF.
- Riba, C. (2002). Diseño concurrente, Paraninf.
- Sepulveda, E. A. (Diciembre de 2007). Diseño y construcción de tricicleta solar impulsada con motor DC, España.

## LINKGRAFÍA

- Aratec. (2011). *Ingeniería Mecánica*. Obtenido de [http://ingemecanica.com/tutoriales/tutorialesdelasemana/Tutorial\\_N46\\_2011.pdf](http://ingemecanica.com/tutoriales/tutorialesdelasemana/Tutorial_N46_2011.pdf), recuperado 20 de Abril 2015
- Biker. (2013). *Active Web*. Obtenido de <http://www.actiweb.es>, recuperado 26 de Abril 2015
- Bolitar. (2011). *Foro MTB*. Obtenido de <http://www.foromtb.com/threads/bicicleta-carretera-talla-peque%C3%B1a.816186/>, recuperado 25 de Abril 2015
- Epar. (2009). *El palacio de Rodado*. Obtenido de <http://www.elpalaciodelrodado.com/tipos-de-bicicletas/>, recuperado 20 de Abril 2015
- *Foros Ecuador*. (2013). Obtenido de <http://www.forosecuador.ec/forum/comunidad/foro-libre/252-%C2%BFcu%C3%A1-es-la-estatura-promedio-del-ecuatoriano>, recuperado 21 de Abril 2015
- *GrabCad*. (2015). Obtenido de <https://grabcad.com/>, recuperado 25 de Abril 2015
- Imporbrake, D. (2010). *Obtenido de los discos de freno*. Obtenido de <http://www.imporbrake.com/index.html>, recuperado 24 de Abril 2015
- Kristy. (2014). *LaBiciKleta*. Obtenido de <http://labicikleta.com/ventajas-y-desventajas-de-las-bicicletas-plegables/>, recuperado 24 de Abril 2015
- Lawrence, D. (1989). *Techniques of value analysis and engineering*. USA: Miles Foundation, recuperado 20 de Abril 2015
- Marcus, R. (2008). *Labicicleta*. Obtenido de <http://labicikleta.com/11-tipos-de-freno-para-bicicleta/>, recuperado 28 de Abril 2015
- Miguel, J. (2010). *Bici por Madrid*. Obtenido de <http://www.enbicipormadrid.es/>, recuperado 25 de Abril 2015
- Navarro, F. (23 de 11 de 2013). *Mecánica de la bicicleta*. Obtenido de <http://rykybike.blogspot.com/2013/11/el-pedalier-tipos-y-caracteristicas.html>, recuperado 28 de Abril 2015
- Obome, D. (1978). *Techniques Available for the Assessment of Passenger Comfort*. thero., recuperado 22 de Abril 2015
- R. A. Navarro, U. H. (1985). *Alternativas de Transporte en America latina: La bicicleta y los triciclos*. Parainf, recuperado 24 de Abril 2015
- Shimano. (2012). *Shimano*. Obtenido de <http://si.shimano.com/>, recuperado 28 de Abril 2015

- Solar, R. (2011). *Flickr*. Obtenido de <https://www.flickr.com/photos/larutasolar/sets/72157625328246920/>, recuperado 25 de Abril 2015
- Trikes. (2012). *Motor Eléctrico*. Obtenido de <http://motores-electricos.net/>, recuperado 24 de Abril 2015
- U. Andrés Bello. (16 de 11 de 2012). *Vitrina Ambiental*. Obtenido de <http://ambiental.unab.cl>, recuperado 26 de Abril 2015



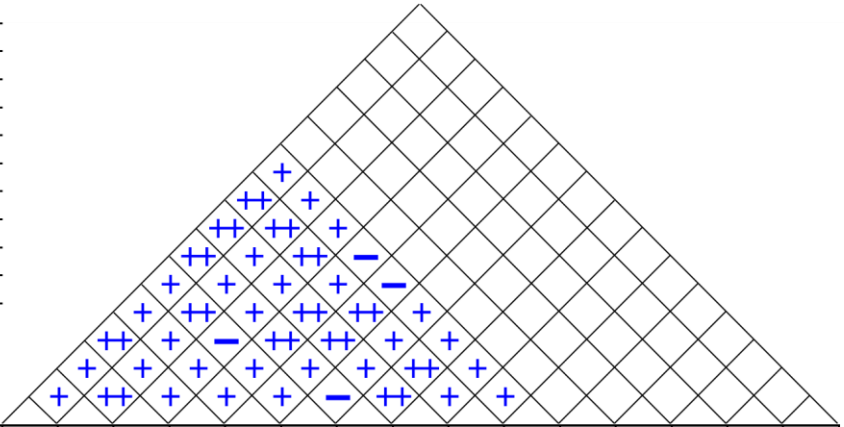
# **ANEXOS**

# **ANEXO**

## **A**

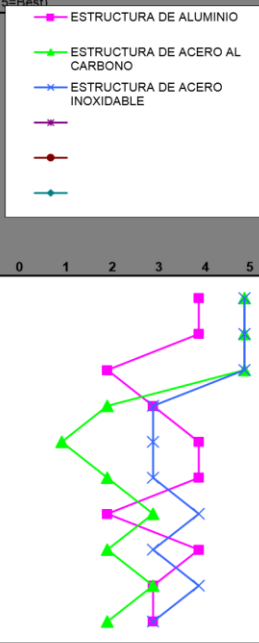
**CASA DE LA CALIDAD DE LOS SISTEMAS QUE CONFORMAN EL  
VEHÍCULO**

Title: Estructura  
 Author: Ramiro Llánez  
 Date: 4/22/2015  
 Notes: Casa de la Calidad



Legend		
⊙	Strong Relationship	9
○	Moderate Relationship	3
▲	Weak Relationship	1
⊕	Strong Positive Correlation	
+	Positive Correlation	
-	Negative Correlation	
▼	Strong Negative Correlation	
▲	Objective Is To Maximize	
▼	Objective Is To Minimize	
X	Objective Is To Hit Target	

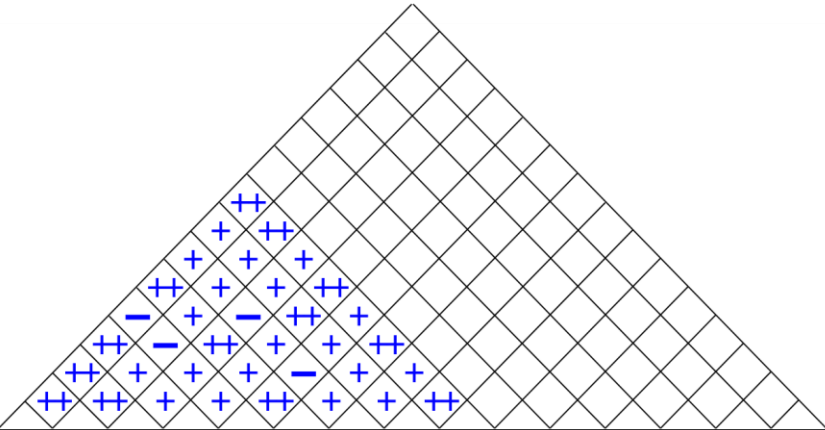
Row #	Max Relationship Value in Row	Relative Weight	Weight / Importance	Demaned Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")	Column #										Competitive Analysis (0=Worst, 5=Best)															
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ESTRUCTURA DE ALUMINIO	ESTRUCTURA DE ACERO AL CARBONO	ESTRUCTURA DE ACERO INOXIDABLE													
Direction of Improvement: Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)					▲	▲	▲	▼	▼	▲	▲	▲	▲	▼																
Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")					DIMENSIONES	RESISTENCIA ULTIMA	RESISTENCIA A FLEXIÓN	TAMAÑO TOTAL	COSTO POR ELEMENTO	DISEÑO A FATIGA EN MECANISMO	PESO	MATERIAL	GEOMETRÍA ESTRUCTURAL	VIBRACIONES																
1	9	8.3	10.0	RESISTENTE	⊙	⊙	▲			▲		⊙	⊙	▲							4	5	5							
2	3	12.5	15.0	DURADERO	○	▲	▲		▲	○		○		○								4	5	5						
3	9	14.2	17.0	PRECIO				○	⊙		▲	○	○									2	5	5						
4	9	12.5	15.0	COMPORTAMIENTO	▲		○	▲			▲	▲	○	⊙								3	2	3						
5	9	8.3	10.0	LIVIANO	○			○			⊙	▲	⊙									4	1	3						
6	3	15.0	18.0	MANEJO SUAVE	▲			▲			○	▲	▲	○								4	2	3						
7	9	10.0	12.0	MECANISMO FACIL	○			○		⊙		▲	⊙	○								2	3	4						
8	9	8.3	10.0	FÁCIL CAMBIO DE GEOMETRIA	▲					⊙			○	○								4	2	3						
9	3	4.2	5.0	FÁCIL MANTENIMIENTO	▲			▲				▲	○									3	3	4						
10	3	6.7	8.0	ERGONÓMICO Y CONFORTABLE	○			▲			○	○	▲									3	2	3						
Target or Limit Value					1600-800-800	250 Mpa	220 Mpa	1 METRO CÚBICO	\$400	VIDA INFINITA	40 KG	VIDA INFINITA	VIDA INFINITA	0.5																
Difficulty (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Difficult)					6	4	6	8	5	6	7	7	5	7																
Max Relationship Value in Column					9	9	3	3	9	9	9	9	9	9																
Weight / Importance					227.5	87.5	58.3	135.8	140.0	210.8	166.7	225.0	379.2	258.3																
Relative Weight					12.0	4.6	3.1	7.2	7.4	11.2	8.8	11.9	20.1	13.7																



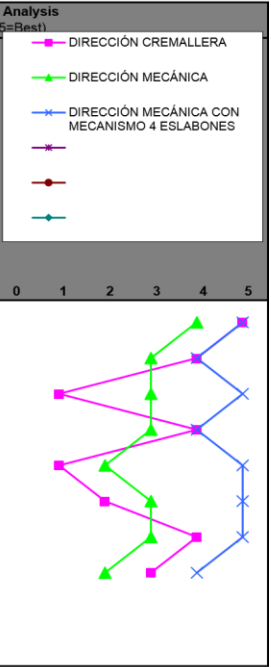
Title: Sistema de dirección  
 Author: Ramiro Llanez  
 Date: 4/22/2015  
 Notes: Casa de la Calidad

**Legend**

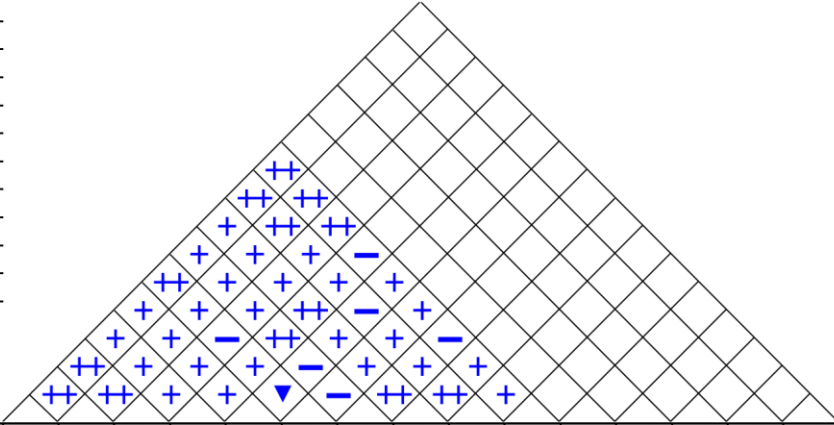
- ⊗ Strong Relationship 9
- Moderate Relationship 3
- ▲ Weak Relationship 1
- ++ Strong Positive Correlation
- + Positive Correlation
- Negative Correlation
- ▼ Strong Negative Correlation
- ▼ Objective Is To Minimize
- ▲ Objective Is To Maximize
- X Objective Is To Hit Target



Row #	Max Relationship Value in Row	Relative Weight	Weight / Importance	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")	Direction of Improvement: Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)															Competitive Analysis (0=Worst, 5=Best)										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	DIRECCIÓN CREMALLERA	DIRECCIÓN MECÁNICA	DIRECCIÓN MECÁNICA CON MECANISMO 4 ES LABONES								
				Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")	RESISTENCIA LA TRACCIÓN	RESISTENCIA ULTIMA	PESO	TAMAÑO TOTAL	COSTO POR ELEMENTO	MATERIAL	TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN	DIMENSIONES	GEOMETRÍA ESTRUCTURAL								DIRECCIÓN CREMALLERA	DIRECCIÓN MECÁNICA								
1	9	4.2	5.0	RESISTENTE	⊗	⊗	▲		▼	▼	▲		⊗								5	4	5							
2	9	8.5	10.0	DURADERO	○	▲	▲		▲	⊗											4	3	4							
3	3	21.2	25.0	PRECIO			▲	○	○	○				○							1	3	5							
4	9	16.9	20.0	PRECISO							⊗	▲	○								4	3	4							
5	9	12.7	15.0	LIVIANO			⊗	○		▲			⊗								1	2	5							
6	3	15.3	18.0	FÁCIL MANTENIMIENTO			▲	▲			○	○	▲								2	3	5							
7	3	12.7	15.0	SEGURO								○		○							4	3	5							
8	3	8.5	10.0	SILENCIOSO						○				○							3	2	4							
9																														
10																														
<b>Target or Limit Value</b>					50 MPa	70 Mpa	4 KG	0.25 METRO CUBICO	\$50	VIDA INFINITA	± 0.06		VIDA INFINITA																	
<b>Difficulty</b> (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Difficult)					2	3	6	6	8	5	7	8	8																	
<b>Max Relationship Value in Column</b>					9	9	9	3	3	9	9	9	9																	
<b>Weight / Importance</b>					63.6	46.6	163.6	116.9	72.0	190.7	198.3	139.0	269.5																	
<b>Relative Weight</b>					5.0	3.7	13.0	9.3	5.7	15.1	15.7	11.0	21.4																	



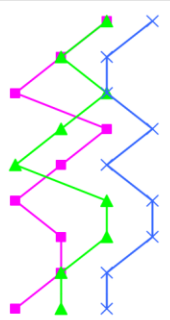
Title: Sistema de Transmisión  
 Author: Ramiro Llanez  
 Date: 4/22/2015  
 Notes: Casa de la Calidad



**Legend**

- ⊕ Strong Relationship 9
- Moderate Relationship 3
- △ Weak Relationship 1
- ⊕⊕ Strong Positive Correlation
- ⊕ Positive Correlation
- ⊖ Negative Correlation
- ⊖⊖ Strong Negative Correlation
- ▼ Objective Is To Minimize
- ▲ Objective Is To Maximize
- X Objective Is To Hit Target

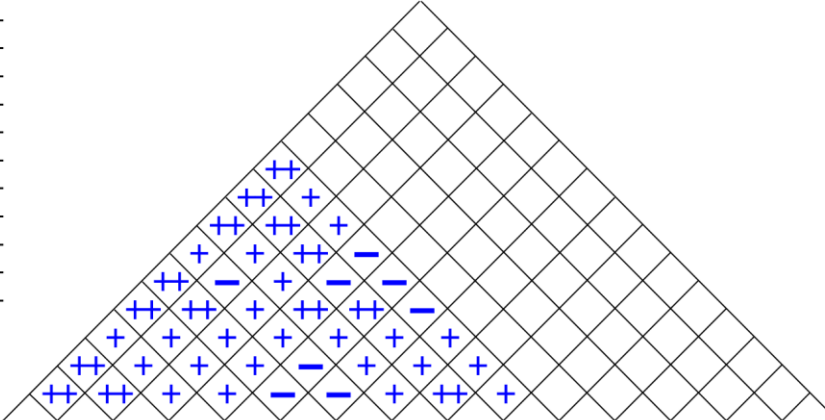
Row #	Max Relationship Value in Row	Relative Weight	Weight / Importance	Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")	Direction of Improvement: Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)	Competitive Analysis (0=Worst, 5=Best)																										
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15												
				<b>Quality Characteristics</b> (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")		RESISTENCIA LA TRACCIÓN	RESISTENCIA ULTIMA	PESO	TAMAÑO TOTAL	COSTO POR ELEMENTO	DISEÑO A FATIGA	TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN	DIMENSIONES	GEOMETRÍA ESTRUCTURAL	MATERIAL								TRANSMISIÓN FLEXIBLE POR CADENAS									
1	9	4.1	5.0	RESISTENTE	▲	⊕	⊕	▲			▲		⊕		○																	
2	9	8.1	10.0	DURADERO	▲	○	▲	▲			⊕				⊕																	
3	3	20.3	25.0	PRECIO			▲	○	○						○	○																
4	3	16.3	20.0	COMPORTAMIENTO			○	▲	▲			○	▲																			
5	9	12.2	15.0	LIVIANO			⊕	○						⊕	▲																	
6	3	14.6	18.0	ERGONOMIA			▲	▲				○	○	▲																		
7	3	12.2	15.0	SEGURO									○																			
8	3	8.1	10.0	SILENCIOSO										○	○																	
9	1	4.1	5.0	FÁCIL MANTENIMIENTO									▲	▲																		
10																																
				<b>Target or Limit Value</b>		50 MPa	70 Mpa	4 KG	0.25 METRO CUBICO	\$50	VIDA INFINITA	± 0.06			VIDA INFINITA																	
				<b>Difficulty</b> (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Difficult)		2	3	6	6	8	5	7	8	8	7																	
				<b>Max Relationship Value in Column</b>		9	9	9	3	3	9	3	9	9	9																	
				<b>Weight / Importance</b>		61.0	44.7	205.7	128.5	85.4	77.2	92.7	137.4	213.8	182.9																	
				<b>Relative Weight</b>		5.0	3.6	16.7	10.4	6.9	6.3	7.5	11.2	17.4	14.9																	



Title: Sistema de Frenos  
 Author: Ramiro Liáñez  
 Date: 4/22/2015  
 Notes: Casa de la Calidad

**Legend**

- ⊖ Strong Relationship 9
- Moderate Relationship 3
- ▲ Weak Relationship 1
- ++ Strong Positive Correlation
- ⊕ Positive Correlation
- Negative Correlation
- ▼ Strong Negative Correlation
- ▼ Objective Is To Minimize
- ▲ Objective Is To Maximize
- X Objective Is To Hit Target



Row #	Max Relationship Value in Row	Relative Weight	Weight / Importance	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")	Direction of Improvement: Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)										Competitive Analysis (0=Worst, 5=Best)											
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	FRENOS HIDRÁULICOS	FRENO MECÁNICO										
					DIMENSIONES	RESISTENCIA ULTIMA	PESO	TAMAÑO TOTAL	COSTO POR ELEMENTO	DISEÑO A FATIGA EN LOS FRENS	TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN	GEOMETRÍA ESTRUCTURAL	MATERIAL	ESTABILIDAD DE FREMADO												
1	9	3.8	5.0	RESISTENTE	⊖	⊖	▲			▲		⊖	⊖	▲							5	5				
2	9	7.6	10.0	DURADERO	○	▲	▲		▲	⊖											4	5				
3	9	19.1	25.0	PRECIO			▲	○	○	▲	▲	○	⊖	○							2	4				
4	9	15.3	20.0	COMPORTAMIENTO			○	▲	▲		○	▲		⊖							4	3				
5	9	11.5	15.0	LIVIANO			○	○					⊖								4	4				
6	3	13.7	18.0	ACCIONAMIENTO SUAVE				▲			○		▲	▲							4	3				
7	9	11.5	15.0	SEGURO AL FRENAR	○			○		⊖	▲	○	○	⊖							5	5				
8	3	7.6	10.0	FÁCIL OPERACIÓN				▲					○	○							3	4				
9	1	3.8	5.0	FÁCIL MANTENIMIENTO	▲			▲	▲			▲	▲								2	4				
10	3	6.1	8.0	ERGONÓMICO	○			▲		▲		○	▲								3	3				
<b>Target or Limit Value</b>						80 Mpa	3 KG	0.20 METRO CUBICO	\$300	VIDA INFINITA	± 0.06		VIDA INFINITA	0.5												
<b>Difficulty</b> (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Difficult)					5	6	7	6	8	5	7	8	8	7												
<b>Max Relationship Value in Column</b>					9	9	9	3	3	9	3	9	9	9												
<b>Weight / Importance</b>					113.7	42.0	179.4	172.5	84.0	200.8	117.6	163.4	390.1	338.2												
<b>Relative Weight</b>					6.3	2.3	10.0	9.6	4.7	11.1	6.5	9.1	21.7	18.8												

**ANEXO**

**B**

**PLANOS DEL PROYECTO**

# **ANEXO**

## **C**

**MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN**



**ANEXO**

**D**

**ARTÍCULO DEL PROYECTO**



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

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el Señor César Ramiro Llénez Echeverría.  
En la ciudad de Latacunga a los 19 días del mes de noviembre del 2015

\_\_\_\_\_  
**Ing. FÉLIX MANJARRÉS  
DIRECTOR DEL PROYECTO**

\_\_\_\_\_  
**Ing. DANILO ZAMBRANO  
DIRECTOR DE CARRERA AUTOMOTRIZ**

**Aprobado por:**

\_\_\_\_\_  
**Dr. FREDDY JARAMILLO CHECA  
SECRETARIO ACADÉMICO**