

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Facultad de Ingeniería Automotriz

TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN MECANICA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO
MOTORIZADO BIPLAZA DE 3 RUEDAS, CON PROPULSIÓN DESDE SU
ÚNICA RUEDA TRASERA, PARTIENDO DEL MOTOR Y TRANSMISIÓN DE
UNA MOTO CONVENCIONAL”**

JAVIER ALEJANDRO LÓPEZ LUCERO

PATRICIO RAFAEL MAYA VALDIVIEZO

Director: Ing. Felipe Fiallos

2012

Quito, Ecuador

CERTIFICACIÓN

Yo, PATRICIO RAFAEL MAYA VALDIVIEZO, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

PATRICIO MAYA VALDIVIEZO

CI: 171183832-4

Yo, ING. FELIPE FIALLOS, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor, PATRICIO RAFAEL MAYA VALDIVIEZO es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

ING. FELIPE FIALLOS

Director

CERTIFICACIÓN

Yo, JAVIER ALEJANDRO LOPEZ LUCERO, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

JAVIER LOPEZ LUCERO

CI: 171244738-0

Yo, ING. FELIPE FIALLOS, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor, JAVIER LOPEZ LUCERO es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

ING. FELIPE FIALLOS

Director

AGRADECIMIENTO

Extiendo un agradecimiento profundo y perenne a todas y a cada una de las personas que estuvieron involucradas en el desarrollo de este proyecto, que de alguna manera me supieron dar su apoyo incondicional cuando las fuerzas no alcanzaban y el cansancio hacía presa de mis mejores intenciones por continuar.

A todos los compañeros, profesores, maestros, mecánicos, pintores, fibrreros, tapiceros, etc., que en algún momento de mi carrera supieron escucharme y dar siempre una respuesta elocuente a mis preguntas e inquietudes, y que jamás me dieron la espalda aunque volviera a preguntar lo mismo.

También quiero elevar un gracias infinito a mi padre, quien a pesar de no estar físicamente presente en el desarrollo de este proyecto, con sacrificios y determinación, él fue el principal gestor de que yo empiece y termine esta carrera.

A mi madre que siempre me ha apoyado en todos los proyectos que he emprendido en mi vida, ha sabido guiarme y aconsejarme, con paciencia, amor y ternura.

Gracias.

P.M.V.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento está dirigido a todas las personas que hicieron posible la realización exitosa de la tesis, principalmente a mi padre, madre, esposa y mis preciosos hijos ya que sin el apoyo incondicional de ellos no lo hubiera logrado.

También agradezco a los docentes de la Universidad Internacional del Ecuador por los conocimientos que me compartieron y enseñaron para mi desarrollo profesional.

A mi gran amigo y compañero de tesis Patricio que siempre estuvo ahí para darme aliento en los momentos difíciles que se presentaron en el desarrollo de nuestra tesis para así poder lograr nuestro objetivo.

A todas y todos quienes de una u otra forma han colocado un granito de arena para el logro de esta Tesis de Grado, agradezco de forma sincera su valiosa colaboración.

Gracias.

J.L.L.

DEDICATORIA

Todo este final esfuerzo, por la culminación de una importante etapa en mi vida, va dedicado con mucho cariño a un buen hombre, gran profesional, pero sobretodo un excelente padre, el Dr. Patricio Maya G. a quien Dios lo llamó un poco antes que al resto, para juntos cuidar de mi mamá, mis hermanos y de mi.

Dedico esta obra a mi madre Victoria Valdiviezo, mis hermanos Silvia y Juan Carlos Maya, sin su apoyo y compañía, los desvelos hubiesen sido poco tolerables.

También dedico esta obra a mis tíos y abuelos, que de una u otra forma siempre me han apoyado y siempre han estado pendientes de mi familia, cerciorándose de que nunca nos falte nada, especialmente afecto y cariño.

A mis compañeros y amigos del colegio, con quienes tengo una amistad entrañable desde los 13 años, a quienes les considero hermanos y cada vez que se presentaba la oportunidad, no dudaron en darme ánimos para continuar.

P.M.V.

DEDICATORIA

Es mi deseo, dedicarles la presente Tesis de Grado, en primera instancia a mis padres Edgar López y Mercedes Lucero quienes permanentemente me apoyaron con espíritu alentador, apoyo y confianza contribuyendo incondicionalmente a lograr las metas y objetivos propuestos.

A mi esposa Verónica Pavón, mis hijos Alejandra, Sebastián y Martina quienes fueron mi apoyo, mi fuerza y por darme el tiempo para realizarme profesionalmente.

A mi hermano Santiago quien siempre estuvo dispuesto a brindarme su apoyo.

A los docentes que me han acompañado durante el largo camino de estudios, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación.

J.L.L.

INDICE GENERAL

CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO, FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1.1 Objetivo General.....	1
1.1.2 Objetivos Específicos	2
1.2 ALCANCE DEL PROYECTO	2
1.3 META DEL PROYECTO	3
1.4 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA.....	3
1.5 ANTECEDENTES	5
1.6 DEFINICIÓN DE PROBLEMA.....	6
CAPITULO 2: MOTOR, TRANSMISION, CHASIS Y CARROCERIA.....	7
2.1 MOTOR DE MOTO	7
2.1.1 Características del motor de moto	7
2.1.2 Curvas de torque y potencia.....	8
2.1.2.1 Potencia de un motor	9
2.1.2.2 Torque o par motor	10
2.1.3 Diferencias entre los motores de 4T y de 2T	11
2.1.3.1 Motor de 4 tiempos de combustión interna	11
2.1.3.2 Motor de 2 tiempos de combustión interna	12

2.2	CAJA DE CAMBIOS Y TRANSMISION DE UNA MOTOCICLETA	16
2.2.1	Relación de Transmisión	17
2.2.2	Características y funcionamiento del embrague	18
2.3	CHASIS DE MOTOCICLETA	19
2.3.1	Tipos de chasis de motocicleta.....	20
2.3.1.1	Chasis tubular	20
2.3.1.2	Chasis de espina central.....	21
2.3.1.3	Chasis Autoportante.....	22
2.3.1.4	Chasis tipo cuna o doble cuna de acero	23
2.3.1.5	Chasis doble viga de aluminio.....	23
2.3.1.6	Chasis rígido	25
2.3.2	Diferencias y semejanzas entre el chasis de moto y de automóvil	25
2.3.2.1	Distintos chasis de autos, motos y prototipos	27
2.4	TIPOS DE TUBOS	27
2.4.1	Sección Circular.....	29
2.4.2	Sección cuadrada	31
2.4.3	Propiedades físicas de los aceros estructurales.....	32
2.5	PROCESOS DE SOLDADURA.....	33
2.5.1	Clases de sueldas	34
2.5.1.1	Soldadura blanda.....	34
2.5.1.2	Soldadura fuerte.....	34

2.5.1.3	Soldadura con gas	35
2.5.1.4	Soldadura con resistencia.....	35
2.5.1.5	Soldadura por arco eléctrico	35
2.5.1.5.1	Tipos de electrodos.....	36
2.5.1.6	La soldadura MIG.....	37
2.5.1.6.1	Material de aporte (Hilos de soldadura)	37
2.5.1.6.2	Gases de protección.....	38
2.6	CARROCERÍA	39
2.6.1	Fibra de vidrio	39
2.6.1.1	Usos de la fibra de vidrio.....	40
2.6.1.2	Elementos que intervienen en la fabricación de la fibra de vidrio	40
2.6.2	Acabados.....	41
CAPITULO 3: ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....		43
3.1	Clases y tipos de vehículos con similares características	43
3.2	Semejanzas y diferencias de los vehículos analizados.....	46
3.3	Concepto del proyecto	46
3.4	Criterios a considerar antes de escoger el tipo de vehículo que vamos a construir.....	48
3.5	Factores que debemos analizar	49
3.5.1	Disponibilidad de elementos, piezas y mecanismos.....	49

3.5.2	Facilidad de construcción	49
3.5.3	Costos	50
3.5.4	Estética.....	50
3.6	Alternativas a analizar	50
3.6.1	Valoración de alternativas	51
3.7	Tipo de vehículo escogido para su diseño y construcción	53
CAPITULO 4: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN		54
4.1	MOTOR DEL PROTOTIPO	55
4.1.1	Curvas de potencia y de torque del motor Kawasaki ZX-9R	57
4.2	TRANSMISIÓN DEL PROTOTIPO	58
4.3	CHASIS DEL PROTOTIPO	60
4.3.1	Características del Chasis de la Kawasaki ZX-9R.....	60
4.3.2	Proceso de Construcción del Chasis	63
4.3.3	Boceto inicial del Chasis.....	64
4.3.4	Diseño del chasis.....	64
4.3.4.1	Primeros diseños reales.....	66
4.3.4.2	Dimensiones reales del chasis (SECCION B).....	67
4.3.4.3	Vista superior y lateral del diseño (Anexo 3)	67
4.3.4.4	Diseño tridimensional (Anexo 4)	67
4.4	TUBOS ESCOGIDOS Y UTILIZADOS.....	68

4.5	TIPOS DE ESFUERZOS QUE SOPORTA ESTRUCTURA TUBULAR	68
4.5.1	Esfuerzo cortante torsional	69
4.5.2	Deformación por carga axial	71
4.5.3	Esfuerzo por flexión	71
4.6	CALCULO DE ESFUERZOS DE LOS TUBOS PRINCIPALES USADOS.....	73
4.6.1	Esfuerzo cortante torsional. Tubería 1 $\frac{3}{4}$ "	73
4.6.2	Esfuerzo cortante torsional. Tubería 1"	74
4.6.3	Tensión soportada. Tubería de 1 $\frac{3}{4}$ "	75
4.6.4	Tensión soportada. Tubería de 1"	76
4.6.5	Deformación por carga axial. Tubería de 1 $\frac{3}{4}$ "	77
4.6.6	Deformación por carga axial. Tubería de 1"	78
4.7	SUELDA UTILIZADA.....	79
4.8	FABRICACIÓN DEL CHASIS	80
4.8.1	Peso del vehículo (pesos reales)	90
4.9	CARROCERÍA	92
4.9.1	Proceso de preparación de fibra de vidrio y pintura.....	92
4.10	DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL PROTOTIPO	94
	CAPITULO 5: ADAPTACIÓN DE MECANISMOS.....	95
5.1	ADAPTACIÓN DE LOS MECANISMOS PROPIOS DE LA MOTO	95

5.1.1	Embrague	96
5.1.2	Freno trasero	96
5.1.3	Selector de marchas de la caja de cambios	97
5.1.4	Acelerador	98
5.2	ADAPTACIÓN DE MECANISMOS EXTERNOS DE LA MOTO	99
5.2.1	Suspensión delantera	100
5.2.2	Dirección	101
5.2.3	Frenos delanteros	101
5.2.4	Tablero de instrumentos	103
5.2.5	Implementos:	103
CAPITULO 6: DATOS FINALES DE PROTOTIPO		105
6.1	RADIO DE GIRO	105
6.1.1	Radio de giro del prototipo	106
6.2	DISTRIBUCIÓN DE LOS PESOS DEL PROTOTIPO	107
6.3	CENTRO DE GRAVEDAD	108
6.4	ANÁLISIS COMPARATIVO DE OTROS VEHÍCULOS DE TRES RUEDAS	109
CAPITULO 7: ANALISIS ECONOMICO		110
CAPITULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		111
8.1	CONCLUSIONES	111
8.2	RECOMENDACIONES	113

BIBLIOGRAFÍA	114
ANEXOS	115
ANEXO 1: AFICHE DE DATOS TÉCNICOS CHEVROLET SPARK	116
ANEXO 2: PRIMEROS PLANOS DEL CHASIS DEL PROTOTIPO.....	117
ANEXO 3: PRIMEROS PLANOS DIBUJADOS EN AUTOCAD.....	118
ANEXO 4: DISEÑO TRIDIMENSIONAL (LAMINAS 5 6 7)	119
ANEXO 5: DIAGRAMA ELECTRICO DEL PROTOTIPO.....	120
ANEXO 6: CUADRO COMPARATIVO ENTRE 3 VEHÍCULOS DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS VS EL PROTOTIPO CONSTRUIDO	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro comparativo entre motores de 4T y de 2T.....	15
Tabla 2: Variedades de tubo estructural redondo marca IPAC	30
Tabla 3: Variedades de tubo estructural cuadrado marca IPAC.....	31
Tabla 4. Comparación de vehículos	46
Tabla 5. Escala de valoración	51
Tabla 6. Parámetros a considerar vs las alternativas disponibles	52
Tabla 7. Calificación individual de las 3 alternativas escogidas	53
Tabla 8. Especificaciones de la moto	55
Tabla 9. Pesos aproximados del prototipo	56
Tabla 10. Comparación de datos con Suzuki Forza 1.....	56
Tabla 11. Datos técnicos de la caja de cambios de la Kawasaki zx9.....	59
Tabla 12. Análisis del tipo de chasis para el prototipo.....	61
Tabla 13. Características de los tubos usados.....	68
Tabla 14. Pesos reales del vehículo.....	91
Tabla 15. Parámetros comparativos del prototipo vs vehículos que transitan en nuestro medio, con motores de similar cilindrada.	92
Tabla 16. Costos del Proyecto	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: motor de moto	7
Figura 2: curvas de torque y potencia	9
Figura 3: motor de 4 tiempos.....	12
Figura 4: motor de 2 tiempos.....	13
Figura 5: funcionamiento motor 2 tiempos	15
Figura 6: caja de cambios de moto	17
Figura 7: Embrague de motocicleta.....	19
Figura 8: Chasis de moto	20
Figura 9: chasis tubular de moto	21
Figura 10: chasis de espina central.....	22
Figura 11: chasis autoportante	22
Figura 12: chasis tipo cuna.....	23
Figura 13: chasis doble viga de aluminio	24
Figura 14: chasis rígido	25
Figura 15: diferencia entre chasis moto y auto.....	26
Figura 16: diferentes tipos de chasis.....	27
Figura 17: tubos de acero estructural.....	28
Figura 18: boquilla suelda MIG.....	38
Figura 19: fibra de vidrio.....	39
Figura 20: Tricar	43

Figura 21: Moto de paseo	44
Figura 22: Moto deportiva de tres ruedas.....	44
Figura 23: Automóvil de tres ruedas.....	45
Figura 24: Three wheel concept car	45
Figura 25: Concepto del proyecto	47
Figura 26: curva de potencia motor Kawasaki 900.....	57
Figura 27: curva de torque motor Kawasaki 900	58
Figura 28: Kawasaki zx-9r	60
Figura 29: chasis de nuestra moto	60
Figura 30: Flujograma de proceso de construcción del chasis.....	63
Figura 31: boceto inicial del prototipo.....	64
Figura 32: planos del chasis (sección B)	67
Figura 33: Llave con la que se aplica un par de torsión a un tornillo.....	70
Figura 34: Viga sometida a esfuerzo por fricción.	72
Figura 35: suelda MIG, boquilla e hilo de aporte	79
Figura 36: desmontaje de partes que no usaremos	80
Figura 37: primeros pasos para la construcción del chasis.....	81
Figura 38: uniones y sueldas.....	81
Figura 39: refuerzos laterales.....	82
Figura 40: nivelación del chasis	82
Figura 41: instalación del tren delantero	83

Figura 42: anclaje de secciones A y B	84
Figura 43: diseño de piezas de anclado.....	85
Figura 44: conjunto de anclaje terminado	85
Figura 45: vista superior del conjunto de anclaje	86
Figura 46: refuerzos y uniones entre secciones a y b	87
Figura 47: sección a completamente anclada a la sección B.....	87
Figura 48: parte frontal - habitáculo.....	88
Figura 49: instalación del piso	88
Figura 50: chasis multitubular terminado.....	89
Figura 51: chasis completo.....	89
Figura 52: confort en cabina para pasajeros	90
Figura 53: proceso de preparación de la fibra de vidrio	93
Figura 54: adaptación de mecanismos para conducción	96
Figura 55: adaptación del pedal de freno	97
Figura 56: adaptación sistema selector de marchas	98
Figura 57: pedalera: embrague - freno - acelerador	98
Figura 58: mecanismos externos de la moto.....	99
Figura 59: tren delantero VW escarabajo.....	99
Figura 60: suspensión, dirección y freno delantero	100
Figura 61: suspensión prototipo	100
Figura 62: mecanismo de dirección completo	101

Figura 63: tambor - cañerías de freno	102
Figura 64: interior del tambor de freno	102
Figura 65: velocímetro y tacómetro	103
Figura 66: faros, luces, direccionales	104
Figura 67: Ángulo de la dirección	105
Figura 68: Ángulos de dirección y radio de giro del prototipo.....	106
Figura 69: Distribución de pesos del prototipo	107
Figura 70: Centro de gravedad pesado sobre la horizontal.....	108

SÍNTESIS

En el presente proyecto se realizó el diseño, implementación y construcción de un prototipo biplaza de tres ruedas, con tracción desde su única rueda trasera, (rueda motriz), a partir del motor, transmisión y chasis de una motocicleta de pista.

Se realizó una serie de estudios sobre su factibilidad y sobre qué tipo de estructura se puede utilizar para la construcción del chasis del proyecto.

Uno de los puntos importantes fue el diseño y la construcción del chasis, el mismo que se lo hizo con tubería de acero negro. También fue determinante la adaptación de los mecanismos propios de la moto para logra tener una conducción similar a la de un automóvil, y la unión de las dos partes, es decir el chasis de aluminio de la moto al chasis de acero que se construyó.

Los criterios que se utilizaron en el diseño y construcción del prototipo fueron los siguientes: aire deportivo, facilidad de construcción, diseño y costos. Nos decidimos en un chasis tubular el mismo que se lo puede ver en un buggy.

Se escogió el tipo de motor y transmisión, haciendo un análisis del peso del prototipo terminado, es decir sumando y restando los pesos de las partes que pensábamos modificar. Así se obtuvo un vehículo liviano, deportivo y estructuralmente bien construido.

PALABRAS CLAVES

RUEDA MOTRIZ: Son las ruedas que pertenecen al eje que recibe directamente la fuerza que proviene del motor.

ESTRUCTURA TUBULAR: Es un conjunto de tubos, los cuales están soldados entre sí, y forman un conjunto sólido, diseñado para soportar esfuerzos de torsión, compresión y flexión.

BIPLAZA: Significa que un vehículo (cualquiera que este sea) tiene espacio o asientos para dos personas, por lo general un vehículo biplaza siempre es un vehículo deportivo.

TUBOS ESTRUCTURALES: son tubos que tiene características específicas de dureza y resistencia, para poder realizar estructuras.

TRACCIÓN: para nuestro estudio, tracción es la fuerza que ejercen los neumáticos de un vehículo para poder desplazarlo. Decimos con frecuencia que un vehículo es tracción posterior o tracción a las 4 ruedas, cuando se trata de un 4 x 4.

SUMMARY

This project was the design, implementation and construction of a prototype three-wheeled, two-seater, with traction from its single rear wheel (drive wheel), from the engine, transmission and chassis of a motorcycle.

We conducted a series of feasibility studies and what type of structure can be used to build the chassis of the project.

.

One of the highlights was the design and construction of the chassis, the same as it did with black steel pipe.

It was also crucial to adapt the mechanisms of the bike does have a like driving a car, and the union of the two parties: the aluminum chassis of the bike to the steel chassis we build.

The criteria used in the design and construction of the prototype were: sporty look, ease of construction, design and costs. We decided on a tubular chassis the same as you can see it in a buggy.

We chose the type of engine and transmission, with an analysis of the weight of the prototype finished, adding and subtracting the weight of the parts that we thought to change. So we got a light vehicle, sporty and well built structurally.

KEYWORDS

WHEEL DRIVE: Are the wheels on the axle that directly receives the strength that comes from the engine.

TUBULAR STRUCTURE: A set of tubes, which are welded together and form a solid joint, designed to withstand torsional forces, compression and bending.

TWO-SEATER: It means that a vehicle (whatever), has space for two people or has two seats, usually a two-seater is always a sport car.

STRUCTURAL PIPES: are pipes that have characteristics of strength and toughness, to make structures.

TRACTION: for our study, traction is the force exerted by the tires of a vehicle to move it. We often say that a vehicle is rear wheel drive or 4-wheel drive when it is a 4 x 4.

CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO, FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

La Universidad Internacional del Ecuador, y en este particular la facultad de Ingeniería mecánica automotriz, tienen la finalidad de aportar; a través de sus estudiantes, con nuevas tecnologías, diseños y novedosos proyectos que fomenten la creatividad, y salgan de la imaginación e ingenio de sus realizadores, motivo por el cual hemos escogido el tema antes mencionado, queremos aportar con un prototipo seguro, fiable, con características nuevas, poco tradicionales, (a partir de una moto común desarrollar un vehículo que nos dé la sensación de conducir un auto deportivo), enfocado a un segmento de gente joven, a nuevos conductores que disfruten de un paseo , y tengan la necesidad de una gran sensación de libertad. Con este fin vamos a desarrollar nuestro proyecto en la ciudad de Quito, introduciendo así una nueva clase de vehículos que sean deportivos, seguros, fiables, ligeros y muy juveniles.

1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1 Objetivo General

Diseñar, implementar y construir un prototipo motorizado de 3 ruedas, con propulsión desde su única rueda trasera a partir de una moto convencional, que pueda ser conducido de manera similar a un automóvil, manteniendo los

parámetros de seguridad, fiabilidad y de estética de un auto deportivo construido artesanalmente.

1.1.2 Objetivos Específicos

- i. Adaptar todos los elementos y mecanismos necesarios para que nuestro prototipo sea un vehículo transitable en las calles del país.
- ii. Aportar al parque automotor con la introducción de un nuevo vehículo, modelo biplaza, novedoso, económico, ligero y fácil de conducir, enfocado especialmente a un segmento joven.
- iii. Diseñar, y construir un chasis tubular, seguro, resistente, y liviano, que nos permita tener un vehículo fiable y cómodo para la conducción.
- iv. Trasladar los mandos o mecanismos de manejo y seguridad de una moto común; como son acelerador, embrague, frenos, dirección; para que la conducción sea lo más parecido a un auto convencional.
- v. Adaptar a dicho chasis tubular, de manera segura, estética y confiable, los diferentes mecanismos necesarios para su perfecto funcionamiento y rodaje en la calle.
- vi. Poner en práctica los conocimientos sobre la fabricación de una carrocería en fibra de vidrio, técnicas de preparación de este material, moldeo, masillado, acabados finales y pintura.

1.2 ALCANCE DEL PROYECTO

Para la realización de este proyecto, se construyó un vehículo de 3 ruedas, a partir de una moto convencional, se fabricó un nuevo chasis que albergue

mecanismos de manejo como en un automóvil, fue cambiado y dispone de 2 plazas o asientos, se adaptaron los mecanismos de manejo de la moto para poder conducirlo de igual manera que un auto, no tiene puertas ni ventanas. Debido a que su fuerza motriz la recibe de una motocicleta, el prototipo no tiene reversa. La posibilidad de diseño e implementación de dicho mecanismo de retro para futuras investigaciones.

1.3 META DEL PROYECTO

La meta de este proyecto es aportar con una nueva clase de vehículos de tres ruedas al parque automotor de nuestro país, que sea original, ligero, económico, fiable y llamativo.

1.4 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

Varios fueron los motivos por los cuales se decidió escoger el diseño, implementación y construcción de un vehículo de tres ruedas con motor de una moto más con la forma de un auto deportivo.

Primeramente, y a pesar de que en nuestro medio siempre han existido vehículos de tres ruedas, como los tricars o las tricimotos, no es común ver un prototipo con las características físicas y técnicas desarrollado en esta investigación. Se pretendió cambiar el tipo de manejo, la distribución de las

ruedas guías y la motriz, el concepto de un nuevo vehículo y la conductibilidad, el número y la disposición de los pasajeros en el habitáculo. Así, la propuesta de esta investigación es un vehículo original y único en sus características.

Otros puntos importantes por los cuales se considera valiosa la construcción del prototipo planteado son por su peso y tamaño. Este tipo de vehículo podría ser una alternativa de transporte que podría apoyar a la solución del problema de congestión de vías en ciudades como Quito debido a sus dimensiones menores. Adicionalmente el menor peso del mismo deterioraría menos las vías antes mencionadas.

En términos de costo de fabricación y en el posible precio de comercialización, el prototipo es competitivo dentro del mercado para el que fue concebido. Jóvenes estudiantes o profesionales con ingresos medios en busca de alternativas de transporte, podrían adquirir sin problemas uno de los vehículos diseñados en esta investigación. El costo resultó estar muy por debajo al de un auto compacto.

Finalmente, el diseño juvenil y deportivo del prototipo resultaría atractivo al mercado objetivo, pudiéndose convertir hasta en un elemento de colección o una tendencia de moda si su fabricación es acompañada con un adecuado plan de marketing.

1.5 ANTECEDENTES

La historia de los autos o vehículos de tres ruedas es tan antigua como la de los medios de transporte a motor. Uno de los primeros vehículos de autopropulsión que existió, es el tractos, de vapor que fue inventado por Cugnot en el año de 1769, tenía sólo tres ruedas. Se dice que Karl Benz fue el primero en fabricar un automóvil de verdad (un modelo de tres ruedas en el año de 1886.

Pero a pesar de no ver en el medio automotriz autos de 3 ruedas con mucha frecuencia, el concepto es muy lógico y físicamente aceptable, ya que en geometría 3 puntos bastan para definir un plano, y al tener 3 puntos de apoyo, obtenemos una estructura estable.

El vehículo Morgan de tres ruedas con su motor de motocicleta en 'V' doble, fue uno de los autos deportivos mas populares en Inglaterra durante el primer cuarto de este siglo, cuando solo los ricos podrían comprar modelos de cuatro ruedas. Desde entonces, los modelos de tres ruedas han tenido sus buenos momentos: el auto Dymaxion de Buckminster Fuller, el auto de burbuja alemán, Messerschmitt, y el camión de tres ruedas de la posguerra fabricado por la Mazda, sin embargo de su popularidad en décadas pasadas, este tipo de vehículo ha ido perdiendo considerable aceptación y demanda en la actualidad. Hoy en día cuando hablamos de vehículo de 3 ruedas, automáticamente se nos viene a la mente el famoso tricar, moto que consta de 2 ruedas traseras que dan la tracción y una sola rueda delantera centrada que da la dirección al vehículo.

1.6 DEFINICIÓN DE PROBLEMA

En el desarrollo de la presente investigación que a continuación presentamos están todos los pasos que se debieron realizar para poder resolver el problema de presente investigación que fue conocer si ¿Cómo se construye un prototipo motorizado de tres ruedas con similares paramentáros de seguridad, fiabilidad y estética a un auto deportivo artesanal a partir de una moto convencional con propulsión desde su única rueda trasera?

CAPITULO 2: MOTOR, TRANSMISION, CHASIS Y CARROCERIA

2.1 MOTOR DE MOTO

Debido a que nuestro proyecto será desarrollado a partir de una motocicleta y ésta aportará con casi todos sus mecanismos, como son chasis, transmisión, motor, entre otros, para la construcción del nuevo vehículo, vamos a explicar brevemente el funcionamiento del motor de una moto.



Figura 1: motor de moto

2.1.1 Características del motor de moto

Una motocicleta normalmente va propulsada por un motor de gasolina de dos o cuatro tiempos (2T y 4T), aunque últimamente los de dos tiempos están siendo direccionados a las cilindradas más pequeñas debido a razones ambientales. Antiguamente la refrigeración por aire era la más normal al adicionar a dichos motores unas aletas que irradian el exceso de calor, aunque hoy en día ha

tomado un auge muy significativo la refrigeración por agua, tal y como sucede en los automóviles.

El motor va normalmente ubicado o posesionado transversalmente, es decir que el cigüeñal va perpendicular a la marcha, independientemente del número de cilindros. Con ciertas excepciones como (BMW series "R" y "K" o Moto Guzzi serie "V", en los que el cigüeñal es longitudinal). El número de cilindros varía desde uno, usual en cilindradas más pequeñas, hasta 6 en línea, siendo disposiciones más frecuentes los 4 en línea y dos en V con diferentes ángulos.

En cuanto a la lubricación esta se hace de modo común para el motor y la caja de cambios como en un motor de automóvil, para los motores de dos tiempos (2T), tenemos el modo de cárter húmedo y modo de cárter seco.

La alimentación siempre fue por carburador, ya sea uno solo para dos cilindros o de un carburador por cada cilindro más comúnmente; hasta hoy día en que la inyección electrónica de combustible los está desplazando. Es decir hoy en día encontramos en el mercado motos de tan altas prestaciones tanto de seguridad y desempeño como en cualquier auto de lujo.

2.1.2 Curvas de torque y potencia

Antes de analizar las curvas de estos 2 muy importantes conceptos en el campo automotriz, debemos tener muy claro la definición de cada uno, ya que es muy común discutir qué es más importante, un motor que entregue mucho torque o par, o uno que tenga gran potencia máxima.

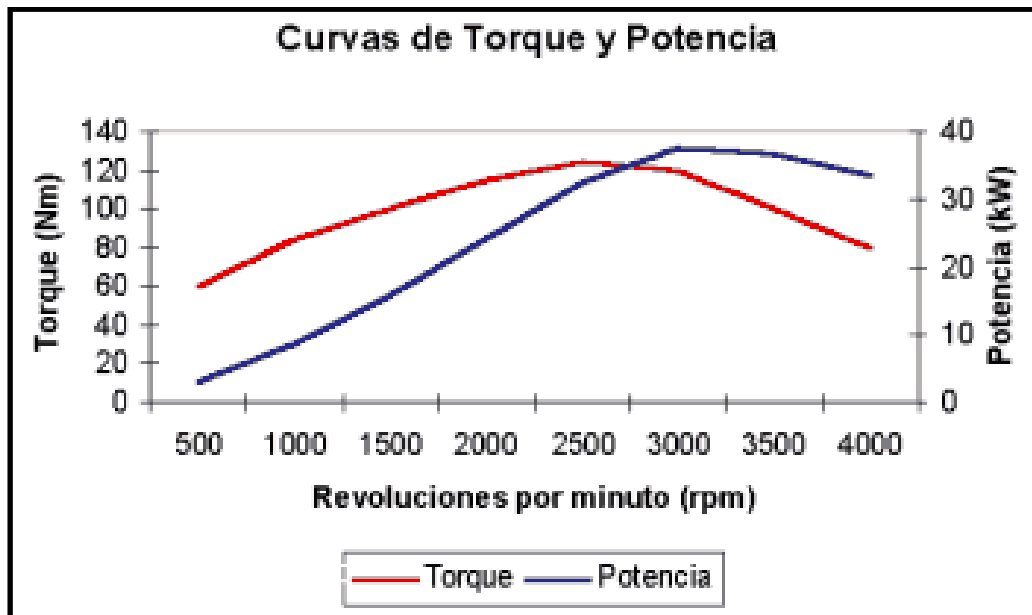


Figura 2: curvas de torque y potencia

Así pues los conceptos de física son:

2.1.2.1 Potencia de un motor

Debido a que los motores de combustión interna trabajan con combustibles, éste se introduce en el interior de los cilindros (gasolina, diesel u otra variedad), el mismo que posee una energía química que con el proceso de combustión se transforma en energía calorífica, de la cual una parte es convertida en trabajo mecánico. Este trabajo es el producto de la fuerza aplicada al pistón por el espacio recorrido en su desplazamiento debajo de la misma fuerza. A su vez la fuerza (F) actuante sobre el pistón es el producto de la presión (p) aplicada, por la superficie (S) del mismo: $F = p \times S$, siendo (p) la presión interna lograda en la cámara de compresión como consecuencia de la combustión de la mezcla. Por ejemplo, si se empuja a un pistón desde el p.m.s. al p.m.i. con una fuerza F

constante de 1000 N y la carrera del mismo es de 80 mm, el trabajo desarrollado es:

$$W = F \times d = 1000 \text{ N} \times 0,08 \text{ m} = 80 \text{ Nm} = 80 \text{ Julios}$$

Suponiendo que este trabajo se realice en una décima de segundo, la potencia desarrollada es:

$$P = W / t = 80 \text{ J} / 0,1 \text{ s} = 800 \text{ Watios}$$

Así tenemos que la potencia es la capacidad de desarrollar un trabajo en un determinado tiempo.

2.1.2.2 Torque o par motor

La fuerza de la explosión aplicada a la biela y transmitida por ésta al codo del cigüeñal para hacerle girar, produce un esfuerzo de rotación que se conoce con el nombre de “torque” o “par motor”, así tenemos que el par motor es un esfuerzo de giro. El cigüeñal de un motor gira debido a la fuerza (T) aplicada al pistón en el recorrido de potencia o trabajo, la cual es transferida al cigüeñal por medio de la biela (esfuerzo F). Para la velocidad de rotación o giro del motor a la cual la presión en el cilindro es máxima, se obtiene el mayor esfuerzo de giro en el cigüeñal, que es el producto de la fuerza F, por la longitud L del codo.

$$T = F \times L$$

El mayor valor de presión en el cilindro, no se da al máximo régimen de giro del motor, sino a una velocidad menor, en la que el llenado del cilindro es mejor y se obtienen explosiones más fuertes, por lo cual el par máximo del motor o torque no se obtiene al régimen más alto de giro, sino a un menor número de revoluciones.

El par motor, multiplicado por el régimen de giro, nos da la potencia del motor.

2.1.3 Diferencias entre los motores de 4T y de 2T

Para hablar de una comparación técnica entre estos 2 tipos de motores, es necesario explicar ligeramente su diseño y funcionamiento. Está de mas recalcar que estamos mucho mas familiarizados con los motores de 4 tiempos ya que estos están en la mayoría de vehículos del cual comprende nuestra carrera, y los motores de 2 tiempos, son usados con mayor frecuencia en motos deportivas pequeñas, como de pista, enduro, Cross, y en ciertas maquinarias.

2.1.3.1 Motor de 4 tiempos de combustión interna

Se denomina motor de 4 tiempos, al motor de combustión interna, que funcione bien sea a gasolina o a diesel, y que precisa de 4 carreras del pistón para alcanzar un ciclo completo termodinámico de combustión, es decir que en 2 vueltas del cigüeñal o 720° realiza admisión, compresión, trabajo y escape.

Además este motor consta (en cada cilindro) de un juego de válvulas tanto de admisión como de escape que le permitan realizar el llenado y vaciado de gases, y de un árbol de levas que comande este mecanismo.

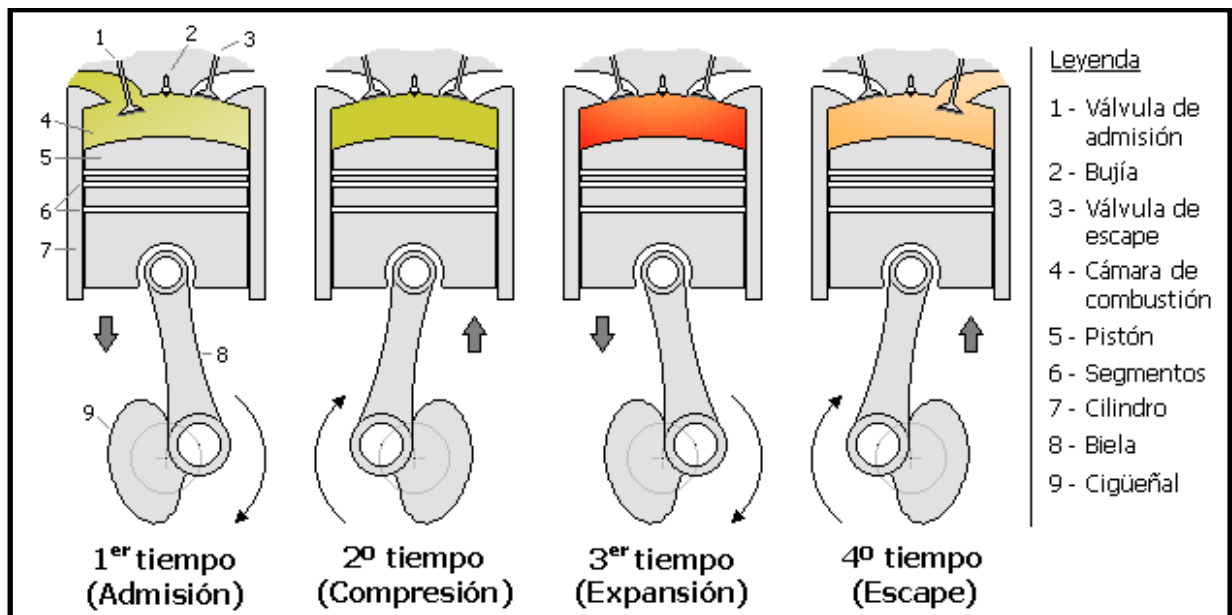


Figura 3: motor de 4 tiempos

2.1.3.2 Motor de 2 tiempos de combustión interna

Utilizado con mayor frecuencia en motocicletas deportivas como son las de enduro o cross, y en algunas clases de maquinarias, son motores altamente revolucionados. El funcionamiento del motor de 2 tiempos está basado igualmente, en el ciclo de explosión Otto; sin embargo, la obtención de los tiempos y la forma de producirse es diferente.

En los motores de cuatro tiempos existen, (en cada cilindro) cuatro carreras del pistón dedicadas a las cuatro distintas operaciones que componen el ciclo: admisión, compresión, explosión y escape, obteniéndose solo una carrera

productiva y tres carreras desperdiciadas, en dos vueltas completas del cigüeñal.

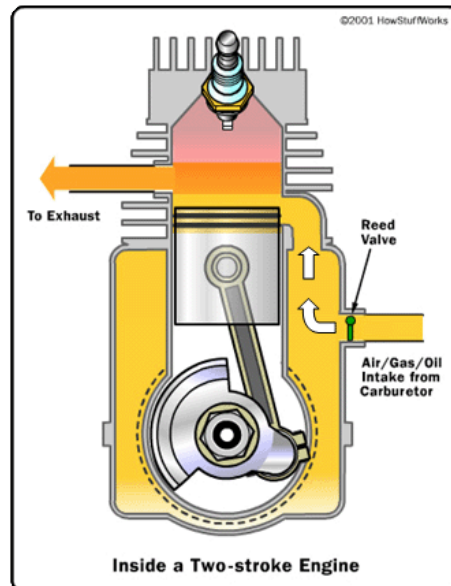


Figura 4: motor de 2 tiempos

En los motores de dos tiempos, las cuatro fases del ciclo en realidad se conservan, pero se realizan con sólo dos carreras del pistón; es decir, que se consigue una explosión o carrera motriz por cada vuelta del cigüeñal.

El motor de dos tiempos carece del mecanismo de distribución, por lo que no tiene árbol de levas, taqués, propulsores, engranajes, ni válvulas. Es por esto, que no es tan necesaria la culata desmontable y puede fundirse, en una pieza.

Y su diseño y fabricación se vuelven mucho menos complejo que un motor de 4 tiempos. El cárter no se emplea como depósito de aceite, es muy pequeño, y está herméticamente cerrado porque se usa para la admisión y compresión preliminar de la mezcla. El cilindro consta de dos ventanas o lumbreras en su parte baja que son descubiertas por el pistón en las proximidades del p.m.i (punto muerto inferior), estando situada la de escape frente a la de carga de gases. Más abajo que la de lumbrera de escape, existe una tercera lumbrera,

de admisión, por donde la mezcla de combustible llega al motor y entra al cárter, desde éste hasta la lumbrera de carga existe un conducto de carga (hecho en la misma fundición) por donde la mezcla pasa al cilindro. De esta manera, los gases frescos no entran al cilindro sino al cárter, el mismo que tiene la función de aspirar desde el carburador y los transfiere al cilindro. Una vez allí, y cuando van entrando, deben ayudar a salir a los gases quemados por la explosión anterior de la mezcla, esta operación que se llama barrido de gases y de su buena ejecución es depende el buen funcionamiento y eficiencia de estos motores.

Durante la primera media vuelta del cigüeñal, en la cara superior del émbolo se han realizado la compresión y la explosión, mientras que por la parte inferior, entran los gases frescos, en el cárter, procedentes del carburador.

En la segunda media vuelta, se ha terminado la carrera motriz, y se ha realizado el escape y la admisión o carga (trasvase de los gases frescos del cárter al cilindro), así es como se consigue un ciclo completo, es decir las 4 operaciones en apenas 2 carreras del pistón o 2 tiempos o una sola vuelta del cigüeñal.

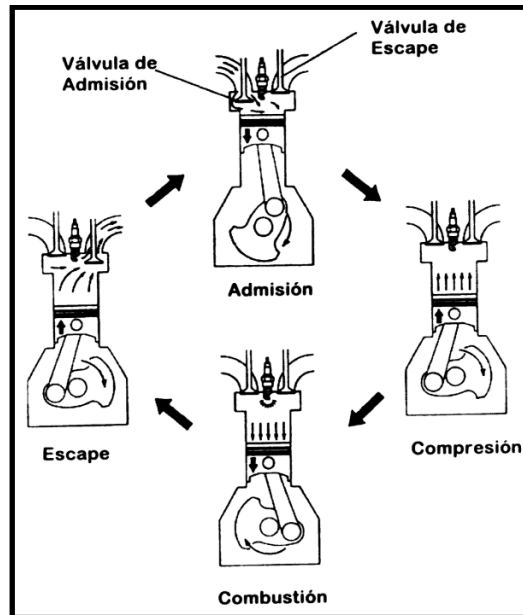


Figura 5: funcionamiento motor 2 tiempos

Tabla 1: Cuadro comparativo entre motores de 4T y de 2T.

CARACTERÍSTICA	MOTOR DE 4 TIEMPOS	MOTOR DE 2 TIEMPOS
Diseño	Más complejo, consta de mayor cantidad de partes móviles	No tiene distribución, carece de árbol de levas, válvulas, propulsores, etc.
# de vueltas por ciclo completo / grados girados por el cigüeñal	2 / 720°	1 / 360°
RPM	Menos revoluciones	Más revoluciones
Peso	Más pesado, por tener mayor número de componentes	Más liviano
Costos de mantenimiento	Mayor costo de mantenimiento	Más económico
Potencia	Menor potencia que uno de 2T de la misma cilindrada	Mayor potencia para misma cilindrada
Contaminación	Emite menor contaminación	Altamente contaminante, debido a que quema combustible y aceite
Desgaste	Menor desgaste, menor velocidad de funcionamiento	Mayor desgaste de sus elementos al girar a mayor velocidad genera más fricción

Elaborado por: Javier López y Patricio Maya.

2.2 CAJA DE CAMBIOS Y TRANSMISION DE UNA MOTOCICLETA

La caja de cambios y la transmisión están compuestas de un conjunto de desmultiplicaciones que van colocadas entre el motor y la rueda trasera, bajo el mismo principio de una palanca nos ayuda a multiplicar una fuerza, función de la transmisión es de multiplicar el par motor, con la finalidad de que la moto venza las resistencias que se oponen a su movimiento como son: peso, resistencia del aire, fricción de los neumáticos contra el pavimento.

En las cajas de cambio de las motocicletas hay tres multiplicaciones consecutivas:

1. La desmultiplicación primaria, que va conectada directamente del movimiento del cigüeñal.
2. La desmultiplicación variable, la misma que tiene todo su desenvolvimiento dentro de la caja de cambios.
3. La desmultiplicación secundaria, que actúa como la transmisión, entre la salida de caja y rueda trasera.

En este caso la fuerza y velocidad de giro que produce el motor, y que ya fue desmultiplicado por la caja de cambios, se transmite a la rueda trasera por medio de una cadena templada, engranada a una catalina que va colocada en el aro posterior.

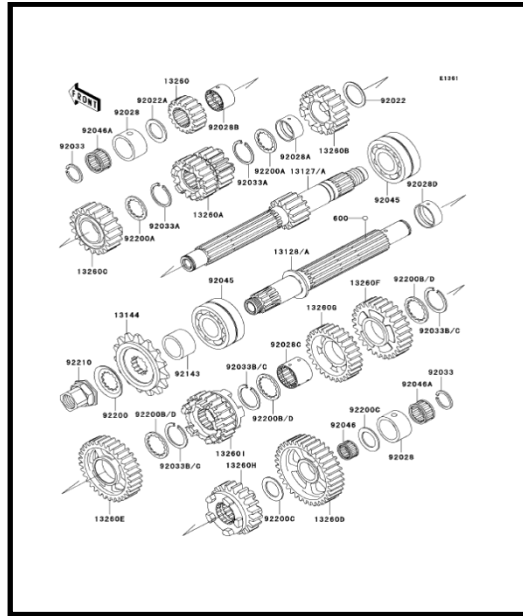


Figura 6: caja de cambios de moto

2.2.1 Relación de Transmisión

La transmisión primaria: por medio de esta transmisión primaria, el cigüeñal mueve los piñones de la caja de cambios, además de desmultiplicar, la transmisión primaria tiene como objetivo disminuir el régimen de giro de la caja respecto al régimen del cigüeñal. Esto facilita el cambio de marchas y favorece a tener piñones más pequeños. Esta de desmultiplicación primaria varía entre 1, y 3 a 1, según las características del modelo. Una relación 2 a 1 significa que el eje de entrada de la caja gira dos veces más lento que el cigüeñal.

2.2.2 Características y funcionamiento del embrague

El embrague con el que contamos es un embrague multidisco en baño de aceite, el embrague está colocado entre la transmisión primaria y el eje primario del cambio.

Esta clase de embrague es el más común usado por los fabricantes de motocicletas, debido a que tienen poca inercia y su tamaño es bastante reducido; para aumentar el par a transmitir solo necesitamos aumentar el número de discos.

Tiene un funcionamiento bastante simple, consta de una campana con un piñón de gran tamaño, dentro de la misma se alojan los discos, unos unidos a la campana y otros unidos al eje de la misma, este mecanismo está fuertemente unido por varios muelles o resortes que lo comprimen. Para desembragar tenemos que comprimir dichos muelles y los discos se separarán unos de otros, así los discos que van de la mano de la corona seguirán girando, mientras que los solidarios al eje de la campana se detendrán y como consecuencia la piñonería de cambio y rueda quedará libre, dándonos la oportunidad de realizar un cambio de marcha.

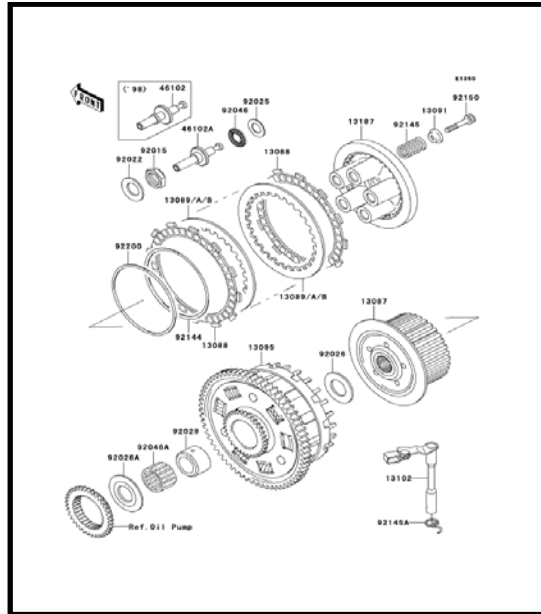


Figura 7: Embrague de motocicleta

2.3 CHASIS DE MOTOCICLETA

Por definición al chasis se lo conoce como el armazón o estructura que sirve para sujetar todas las partes de la moto, ya sean móviles o fijas y que sirven para dar inicio a su desplazamiento como son el motor, suspensión, transmisión, elementos de control, etc. existen varias clases de chasises y estos están diseñados y contruidos de acuerdo al tipo de moto y considerando el uso que la misma va a tener.



Figura 8: Chasis de moto

2.3.1 Tipos de chasis de motocicleta

Al existir una gran variedad de motocicletas, las cuales son utilizadas de distintas formas, propósitos y para distintas disciplinas, los constructores se han visto en la necesidad de diseñar y construir muchas clases de chasis que encajen con el requerimiento tanto de la moto como del conductor, basándose dichas diferencias en parámetros de dureza, rigidez, estabilidad, confort, tamaño, seguridad que cada tipo de motocicleta necesita.

Así tenemos:

2.3.1.1 Chasis tubular

El chasis tubular basa su estructura principal en la unión de varios tubos independientes de alta resistencia por medio de diferentes procesos de soldadura, formando entre estos tubos una especie de red que va alrededor del motor y transmisión y en donde se acoplan el resto de mecanismos.

La ventaja principal de este tipo de chasis es su gran rigidez con un peso bastante bajo en función del material. La principal marca de motocicletas de alto desempeño que se ha caracterizado por el uso del chasis tubular es la bien reconocida marca italiana Ducati.



Figura 9: chasis tubular de moto

2.3.1.2 Chasis de espina central

Este tipo de chasis es usado especialmente en Scooters de todas las cilindradas y se destaca por la sencillez de su fabricación ya que básicamente es una viga de acero que va longitudinalmente a lo largo de la moto, desde la torre de dirección hasta la parte trasera, también conocida como el colin, y debido a su extrema sencillez obliga a que la moto sea más gruesa y robusta en esta sección para aumentar su rigidez.



Figura 10: chasis de espina central

2.3.1.3 Chasis Autoportante

El chasis autoportante como su nombre así lo indica en realidad es un conjunto de pequeños chasis acoplados o soldados al motor que hace las funciones veces de chasis en la misma motocicleta. Este tipo de chasis es usado especialmente por la marca alemana BMW.



Figura 11: chasis autoportante

2.3.1.4 Chasis tipo cuna o doble cuna de acero

Por su sencillo y antiguo diseño este tipo de chasis probablemente es uno de los modelos más usado por los constructores de motocicletas, copiado directamente de las bicicletas, estos chasis por lo general son de acero pavonado. Como su nombre indica forman una especie de cuna por debajo del motor hasta llegar a la columna de dirección junto con otro pequeño sub chasis tipo espina central que cierra por la parte de arriba dando así mayor rigidez y estabilidad al conjunto. Son chasis de baja rigidez estructural por lo que son montados en motocicletas de baja potencia, tipo custom, de paseo, o que no necesiten de altas prestaciones como las motos deportivas (superbikes), Harley Davidson usa este el chasis tipo cuna en varios de sus modelos.



Figura 12: chasis tipo cuna

2.3.1.5 Chasis doble viga de aluminio

Esta clase de chasis es conocido como de “Última generación” en las motocicletas deportivas; introducido y diseñado por Suzuki para sus modelos GSX, toda una novedad y revolución tecnológica a la hora de montar grandes

y potentes motores para las famosas superbikes que se encuentran en el mercado. Consta de un casco de dos largueros de aluminio que pueden ser soldados o en una sola pieza (Monocasco) que abrazan literalmente el motor , estos chasis son extremadamente ligeros y rígidos llegando al extremo de deportividad en la competición donde estos chasis pasan a convertirse en auténticas piezas de orfebrería con una soldadura muy fina y limpia.

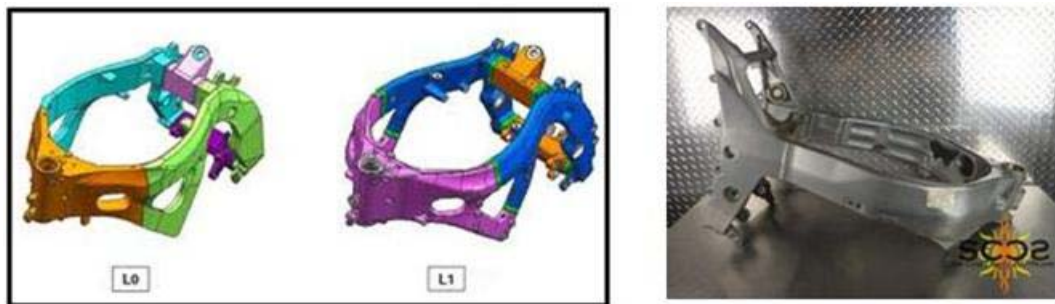


Figura 13: chasis doble viga de aluminio

2.3.1.6 Chasis rígido

Esta es uno de los diseños de chasis menos extendidos y menos usados en el mundo de las motocicletas, son más peligrosos, he incómodos para manejar. Por lo general son característicos de preparaciones tipo Custom, es decir, son fabricados artesanalmente para construir una motocicleta 100% a gusto del cliente y de acuerdo a las características de la moto que se quiera tener. Básicamente es un chasis doble cuna sin ningún tipo de amortiguación donde tren delantero y trasero son parte del mismo chasis.



Figura 14: chasis rígido

2.3.2 Diferencias y semejanzas entre el chasis de moto y de automóvil

En concepto las dos clases de chasis (tanto del automóvil, como el de la moto) tienen la misma función, que es la de acoplar todos los mecanismos y partes necesarias para poder construir un vehículo independientemente del número de llantas o ejes que este disponga. Sin embargo para nuestro estudio haremos una comparación entre chasis de motocicleta y de automóviles.

Una de las semejanzas entre estos 2 chasis es que ambos son estructuras metálicas robustas que sirven de soporte para sostener los mecanismos tanto móviles como fijos, necesarios para una correcta conducción.

Antiguamente se construían chasis de hierro fundido, pero este material ha sido reemplazado por materiales más livianos y resistentes como el acero, y ya en últimas generaciones los chasis tanto de autos como de motos de gran desempeño son hechos de aleaciones de acero con carbono, molibdeno, aluminio, etc. Como principal diferencia entre estos dos chasis tenemos su tamaño, grosor y robustez, así mientras el chasis de una moto es mucho más pequeño y con tubos o secciones delgadas, el chasis de un automóvil es mucho más grande, fuerte, pesado y robusto para poder albergar piezas de gran tamaño y peso, y poder resistir los esfuerzos de torsión y tracción que todo vehículo soporta al ser conducido. Otro tipo de chasis muy utilizado en el campo automotriz por los constructores artesanales o de vehículos de carreras es el chasis tubular, este consta de la unión de varios tubos de acero estructural de diferentes medidas (de acuerdo a la robustez necesaria) por medio de sueldas, pernos, platinas y que en su interior y exterior dan cabida a los distintos mecanismos que hacen que el vehículo funcione correctamente.

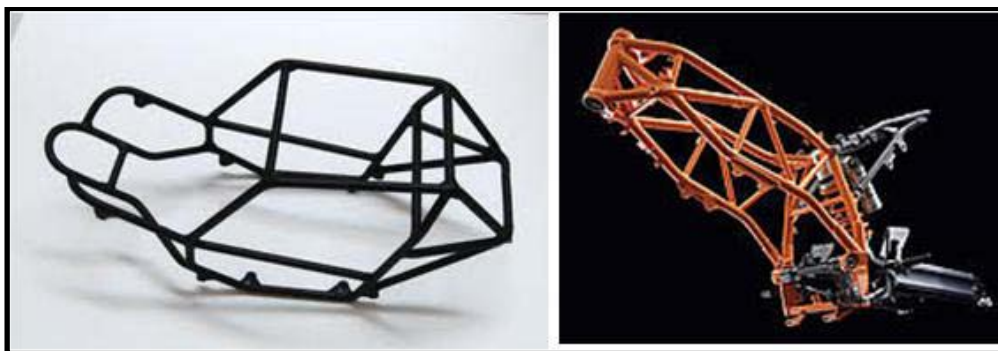


Figura 15: diferencia entre chasis moto y auto

2.3.2.1 Distintos chasis de autos, motos y prototipos



Figura 16: diferentes tipos de chasis

En la actualidad existen varios diseños y procesos de fabricación de chasis, esto se decide de acuerdo al tipo de vehículo a desarrollar, y van de la mano con el tamaño y peso de los elementos a soportar por el mismo.

2.4 TIPOS DE TUBOS

En el mercado ecuatoriano existen varias marcas de tubería para estructuras, siendo las de acero negro una de las más convenientes para la fabricación de nuestro chasis multitubular, debido a su disponibilidad, costo, facilidad de soldadura, facilidad de corte, peso. En base a dichos parámetros realizamos una breve investigación y encontramos en la marca IPAC esas características que nos sirven para la fabricación de nuestro proyecto.



Figura 17: tubos de acero estructural

Marca de acero: IPAC

Especificaciones técnicas según el fabricante:

Largo Normal:	6 m
Recubrimiento:	Negro o Galvanizado
Norma de Fabricación:	ASTM (A 500 Gr.A, B ó C NTE INEN 2415
Norma de Galvanizado:	ASTM A 123
Espesores:	Desde 1.5 a 6.0 mm
Observaciones:	Otras dimensiones y largos previa consulta

Los Tubos Estructurales IPAC, son perfiles de sección cerrada, conformado en frío y soldado eléctricamente por alta frecuencia, formando elementos tubulares de sección transversal circular, cuadrada, rectangular, suministrados en Longitud de 12,00 m. Son producidos según la norma ASTM (American Society for Testing and Materials) A500 Grados C, con láminas de alta resistencia, presentando un esfuerzo de fluencia $F_y = 3.515 \text{ Kgf / cm}^2$.

La eficiencia de los Tubos Estructurales IPAC, se debe a la forma de su sección transversal permitiéndole manejar esfuerzos de flexo-compresión y alta compresión axial.

2.4.1 Sección Circular

Con un esfuerzo de fluencia $F_y=3.515 \text{ Kgf/cm}^2$ y una tensión a la flexión $F_b=0.72 \times F_y$, la sección circular presenta valores de Inercia, radio de giro y torsión que le permiten soportar grandes cargas axiales, por lo que se recomienda su uso como columna, o para estructuras complejas.

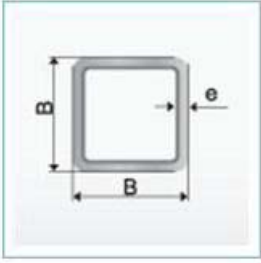
Tabla 2: Variedades de tubo estructural redondo marca IPAC

DIMENSIONES 		ESPESOR	AREA	PESO
Designación	D			
Pulg	mm	Mm	cm2	Kg/m
3/4	19.1	1.5	0.83	0.65
		2.0	1.07	0.84
7/8	22.2	1.5	0.98	0.77
		2.0	1.27	1.00
1	25.4	1.5	1.13	0.88
		2.0	1.47	1.15
1 1/4	31.8	1.5	1.43	1.12
		2.0	1.87	1.47
1 1/2	38.1	1.5	1.72	1.35
		2.0	2.27	1.78
1 3/4	44.5	1.5	2.02	1.59
		2.0	2.67	2.09
1 7/8	47.6	1.5	2.17	1.71
		2.0	2.87	2.25
2	50.8	1.5	2.32	1.82
		2.0	3.07	2.41
		3.0	4.51	3.54
2 3/8	60.3	1.5	2.77	2.18
		2.0	3.66	2.88
		3.0	5.40	4.24
2 1/2	63.5	1.5	2.92	2.29
		2.0	3.86	3.03
		3.0	5.70	4.48
3	76.2	1.5	3.52	2.76
		2.0	4.66	3.66
		3.0	6.90	5.42
4	101.6	2.0	6.26	4.91
		3.0	9.29	7.29
		4.0	12.26	9.63
5	127.0	2.0	7.85	6.17
		3.0	11.69	9.17
		4.0	15.46	12.13
6	152.4	2.0	9.45	7.42
		3.0	14.04	11.05
		4.0	18.65	14.64

Fuente: <http://www.ipac-acero.com/ipac/tben004.html>

2.4.2 Sección cuadrada

Tabla 3: Variedades de tubo estructural cuadrado marca IPAC

DIMENSIONES 		AREA	PESO
B	e	A	P
Mm	mm	cm2	Kg/m
20	1.5	1.05	0.83
	2.0	1.34	1.05
25	1.5	1.35	1.06
	2.0	1.74	1.36
30	1.5	1.65	1.30
	2.0	2.14	1.68
	3.0	3.01	2.36
40	1.5	2.25	1.77
	2.0	2.94	2.31
	3.0	4.21	3.30
50	1.5	2.85	2.24
	2.0	3.74	2.93
	3.0	5.41	4.25
60	1.5	3.45	2.71
	2.0	4.54	3.56
	3.0	6.61	5.19
75	2.0	5.74	4.50
	3.0	8.41	6.60
	4.0	10.95	8.59
100	2.0	7.74	6.07
	3.0	11.41	8.96
	4.0	14.95	11.73

Fuente: <http://www.ipac-acero.com/ipac/tben004.html>

2.4.3 Propiedades físicas de los aceros estructurales

El acero estructural proviene del resultado de la aleación de metales como el hierro con carbono y en menor porcentaje otros elementos metálicos como fósforo, azufre, silicio.

Entre sus propiedades más relevantes tenemos:

Módulo de elasticidad:

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2$$

Módulo de elasticidad transversal:

$$G = \frac{E}{2 \times (1 + \nu)} = 81000 \text{ N/mm}^2$$

Coefficiente de Poisson

$$\nu = 0,3$$

Coefficiente de dilatación lineal

$$\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$$

Densidad

$$\rho = 7850 \text{ kg / m}^3$$

2.5 PROCESOS DE SOLDADURA

La soldadura va relacionada con gran parte de las actividades o procesos industriales, tomando en cuenta que por sí sola ya es una gran industria. Debido al desarrollo y descubrimientos de nuevas y variadas técnicas durante el siglo XX, la soldadura sustituyó al remachado y al atornillado en la construcción de estructuras, como edificios, escaleras, puentes, entre otros. También se la considera como una técnica fundamental en el campo automotriz, en la fabricación de máquinas y para cualquier tipo de producto hecho con metales. Por definición, la soldadura es un proceso en donde se realiza la unión de dos materiales, especialmente metálicos, (aunque también podemos soldar plásticos bajo el mismo concepto), comúnmente logrado a través de la fusión, en la cual piezas metálicas son unidas o soldadas derritiendo ambas partes y agregando un material de aporte, el cual debe tener un punto de fusión menor que de la pieza a soldar, para conseguir un recubrimiento o baño de material fundido, que luego de un proceso de enfriado se convierte en una unión fuerte. También existen otros procesos de soldadura en los que no intervienen un material de aporte y se los realiza por presión y temperatura, como el forjado. Sin embargo para nuestro estudio y debido a las características de nuestro proyecto, vamos a analizar algunos procesos de soldadura y escoger el más idóneo.

2.5.1 Clases de sueldas

En la industria cada vez existen nuevos y mejores procesos de soldadura, y su variedad es muy extensa, sin embargo hemos citado las mas importantes para nuestro estudio.

2.5.1.1 Soldadura blanda

Este proceso consiste en unir dos piezas metálicas por medio de otro metal externo llamado material de aporte, éste se lo aplica en estado líquido. La temperatura de fusión de estos metales no debe ser superior a los 430 °C. En este proceso se produce una aleación entre los metales y se logra una adherencia que genera la unión. Para los materiales de aporte por lo general utilizamos aleaciones de plomo y estaño, los mismos que funden entre los 170 y 370 °C. Esta soldadura se utiliza para la unir de piezas que no deberán someterse a esfuerzos muy altos, ni a cargas prolongadas. Entre sus aplicaciones está la unión de elementos con circuitos eléctricos.

2.5.1.2 Soldadura fuerte

Para este proceso también usamos metal de aporte en estado líquido, pero este metal, no ferroso, tiene un punto de fusión superior a los 430 °C y menor que la temperatura de fusión del metal base.

2.5.1.3 Soldadura con gas

Estos tipos de suelda emplean algún gas para obtener la energía para poder fundir el material de aporte. Entre los combustibles más usados tenemos el hidrógeno y el acetileno, y al combinarse con el oxígeno, generan las soldaduras oxhídrica y oxiacetilénica.

2.5.1.4 Soldadura con resistencia

Consiste en pasar corriente eléctrica de gran intensidad a través de los metales a unir, por resistencia se generan altas temperaturas (efecto Joule). Así pues al aprovechar esta energía y aplicando un poco de presión logramos unir las partes. En los procesos de soldadura por resistencia se incluyen los de:

- Soldadura por puntos
- Soldadura por resaltes
- Soldadura por costura
- Soldadura a tope

2.5.1.5 Soldadura por arco eléctrico

En este proceso la energía se obtiene del calor que produce el arco eléctrico producido en el espacio libre formado entre el metal a soldar y la varilla que funciona como electrodo. Generalmente el electrodo también provee el material de aporte, el mismo que se funde con el arco eléctrico, metiéndose entre las piezas a unir. La temperatura generada supera los 5000 °C.

El tipo de corriente utilizada en este proceso de soldadura es corriente continua o corriente alterna, utilizándose la continua para mejores trabajos y de mayor precisión, ya que la energía brindada es más constante, con lo que se genera un arco eléctrico más puro y estable.

En este caso el arco eléctrico se enciende haciendo un cortocircuito entre el electrodo y la pieza a soldar. En este punto, el calentamiento producido por el amperaje es tan alto que empieza a fundirse en uno de los extremos del electrodo, produciéndose un proceso de ionización térmica y se establece el arco eléctrico.

2.5.1.5.1 Tipos de electrodos

- **Electrodo de carbón:** Actualmente son poco utilizados, el electrodo de carbón se lo usa sólo como conductor para generar calor, y el metal de aporte se agrega por separado.
- **Electrodo metálico:** El mismo electrodo sirve de metal de aporte al fundirse sobre los materiales metálicos a soldar.
- **Electrodo recubierto:** estos electrodos también son metálicos, pero cuentan con recubrimientos que ayudan a mejorar las características de la soldadura, y son los más utilizados en la actualidad.

2.5.1.6 La soldadura MIG

En esta clase de proceso se utiliza un electrodo consumible, el mismo que es un hilo continuo y sirve de material de aporte para la unión de las piezas metálicas, formando el arco eléctrico entre sí. Y este material de aporte es protegido de la contaminación de la atmósfera por un gas inerte, CO₂, que mejora las características de la suelda.

Las principales ventajas que ofrece el proceso MIG son:

- Facilidad para soldar en cualquier posición
- Deja muy poca escoria para limpiar
- Buenos acabados
- Disminuye la formación de gases tóxicos o contaminantes
- Buena calidad radiográfica
- Podemos soldar espesores desde 0.7 á 6 mm
- Buen porcentaje y velocidad de metal adicionado en la suelda

2.5.1.6.1 Material de aporte (Hilos de soldadura)

En este tipo de soldadura encontramos diferentes diámetros de hilo que van desde 0.8 a 1.6 mm y en ciertos casos hasta 2.4 mm. Del tamaño y espesor de las piezas a unir, depende el diámetro del hilo escogido, ya que si escogemos

un hilo muy grueso, necesitamos gran amperaje y podemos perforar las piezas, por otro lado si escogemos un hilo muy fino, podemos correr el riesgo de soldar superficialmente y podríamos tener piezas unidas muy frágilmente.

2.5.1.6.2 Gases de protección

En la variante MIG (Metal Inert Gas), el gas de protección es inerte (no actúa activamente en el proceso de la soldadura) siendo muy estable, en este caso el CO₂.



Figura 18: boquilla suelda MIG

2.6 CARROCERÍA

Carrocería es la parte visible externa de un vehículo, en la mayoría de los casos, ésta es de metal, y es donde aplicamos la pintura para darle el acabado final, sin embargo se pueden fabricar o construir carrocerías en fibra de vidrio o en algún otro tipo material.

2.6.1 Fibra de vidrio

La fibra de vidrio es la resultante de mezclar la malla de vidrio con una resina, la cual inicialmente es líquida para luego solidificar y mantener la forma final o aquella adquirida del molde.

Para que la resina solidifique se necesita de un periodo de tiempo determinado, el proceso que acelera la reacción química se lo obtiene mediante el uso de un catalizador o acelerante.



Figura 19: fibra de vidrio

Sus principales propiedades son:

- Buen aislamiento térmico
- Inerte ante ácidos
- Soporta altas temperaturas
- No es conductor eléctrico
- Sencillo proceso de preparación

Estas propiedades y el bajo precio de sus materias primas, son las razones por las que nos decidimos por este material en la carrocería de nuestro prototipo, aparte de que con este material podemos obtener la forma que nosotros queramos.

2.6.1.1 Usos de la fibra de vidrio

En nuestro proyecto básicamente la fibra de vidrio nos sirve para fabricar las piezas que vamos a utilizar en la carrocería para que le den una imagen deportiva, mejore la aerodinámica y la estética del vehículo.

2.6.1.2 Elementos que intervienen en la fabricación de la fibra de vidrio

Para la fabricación de piezas en fibra de vidrio, tenemos materiales o elementos básicos, los mismos que son:

- **resina:** En su preparación debemos tener muy en cuenta que la reacción entre el catalizador y el acelerador es a menudo peligrosa, y

casi siempre del tipo explosiva; por lo tanto, nunca deberán mezclarse directamente entre sí estos dos elementos y se evitará que el catalizador pueda ser salpicado accidentalmente por el acelerador.

- **Catalizador:** el catalizador es mezclado y se encarga de realizar la reacción química para que comience el fraguado y secado de la resina. La cantidad de catalizador dependerá del trabajo a realizar.

Una medida promedio sugerida por los fibrreros oscila entre 2ml y 5ml por cada kilo de resina. Esto depende mucho del criterio de fabricación de la pieza. Cabe mencionar que a mayor cantidad de resina, más fuerte será la reacción química y por lo tanto la pieza secará más rápido, sin embargo obtendremos menor porcentaje de elasticidad pudiendo agrietarse con mayor facilidad.

2.6.2 Acabados

Para obtener una pieza pequeña o un auto grande completamente reluciente, un paso muy importante que debemos dar es el tipo de acabado previo a la aplicación de la pintura que pretendamos usar.

Una vez terminada la pieza en fibra, o lista la lata de la carrocería, debemos realizar 3 trabajos básicos para tener un buen acabado, dichos trabajos son:

- **Masillado:** Es un proceso que consiste es aplicar una masilla o pasta, que será esparcida en toda la superficie de la pieza a tratar, con el

objeto de ocultar pequeños hundimientos o rellenar sus porosidades y obtener una superficie lisa.

- **Lijado:** Después de aplicada la masilla, y una vez seca, obtenemos una pieza bastante áspera, es aquí donde el artesano empieza el proceso de lijado, variando el tipo y número de lija de acuerdo a sus necesidades, lo hace pasando la lija una y otra vez por la superficie de la pieza con un poco de agua para eliminar el polvo desprendido. Una vez lisa la superficie procedemos a fondear la pieza.
- **Fondo:** Este es el último paso previo a la pintura, aquí se aplica por medio de soplete un fondo de color gris, en la mayoría de los casos, para dar uniformidad a toda la pieza, es una especie de pintura, pero no tiene gran calidad, ni brillo, simplemente es una capa que ayuda a tener una buena adhesión de la pintura.

Estos materiales los podemos conseguir fácilmente en locales de pintura automotriz o donde adquirimos la fibra de vidrio.

CAPITULO 3: ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1 Clases y tipos de vehículos con similares características

Actualmente existen algunas variedades de vehículos motorizados con 3 ruedas y que son usados con varios propósitos, sin embargo vamos a hacer un pequeño análisis comparativo de las diferentes opciones para elegir el modelo y diseño deseado.

Entre las distintas opciones tenemos:

- a) El modelo más conocido de todos, el tricar deportivo, todo terreno que consta de 3 llantas, con propulsión desde sus 2 llantas traseras, y dirección de manillar como cualquier moto común.



Figura 20: Tricar

- b) Este modelo es muy parecido al anterior, pero la diferencia radica en que es más bien una moto de paseo con un gran motor que brinde potencia y rapidez en recorridos largos.



Figura 21: Moto de paseo

- c) En este caso, tenemos una motocicleta de altas prestaciones, que basa su diseño en 2 llantas delanteras que sirven para guiar el vehículo, un manillar para dirigirla y una sola llanta motriz trasera.



Figura 22: Moto deportiva de tres ruedas

- d) Este modelo es lo más parecido que tenemos a un auto convencional, tiene su habitáculo cerrado, con puertas, techo, vidrios y plazas para varios pasajeros, sino que solo cuenta con una rueda delantera en el centro del vehículo, la misma que le da la dirección por medio de un volante tradicional.



Figura 23: Automóvil de tres ruedas

- e) Este vehículo, como todos los modelos anteriores; consta de 3 llantas, en este caso la llanta motriz es la trasera, y sus 2 llantas delanteras son las encargadas de dirigir el vehículo por medio de un volante similar al de un auto convencional, además de ser biplaza.



Figura 24: Three wheel concept car

3.2 Semejanzas y diferencias de los vehículos analizados

Tabla 4. Comparación de vehículos

MODELO	A	B	C	D	E
Foto					
Cantidad de llantas	3	3	3	3	3
Dirección	manillar	Manillar	Manillar	volante	volante
Tracción	trasera	Trasera	Trasera	trasera	trasera
Llantas motrices	2	2	1	2	1
Disposición de pasajeros	1	2: uno atrás del otro	1	4: dos adelante y dos atrás	2: el piloto junto al copiloto
Cabina cerrada	No	No	No	Si	Si
Parabrisas	No	No	No	Si	No

Elaborado por: Javier López y Patricio Maya.

3.3 Concepto del proyecto

El concepto de nuestro proyecto es el de un vehículo motorizado, que tenga únicamente 3 ruedas, que sea muy poco común en nuestro medio, y que nos permita desarrollar todo nuestro ingenio para construirlo.

El mismo dispondrá de una sola rueda motriz en la parte posterior, 2 ruedas delanteras que sirvan para dar dirección y estabilidad al vehículo y que sea conducido de manera similar a un auto normal, con todos sus mecanismos, es

decir, volante de dirección, embrague, freno, acelerador, palanca de cambios, direccionales, y retrovisores.

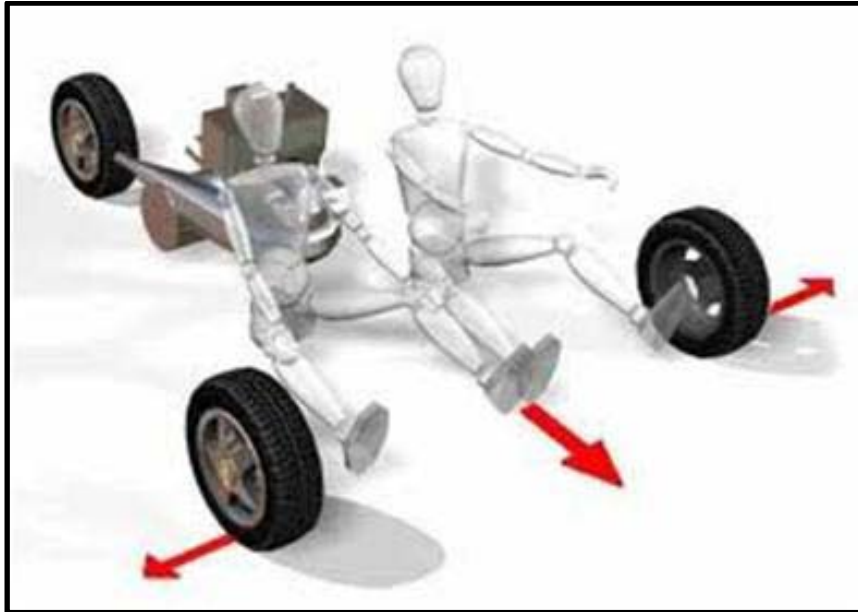


Figura 25: Concepto del proyecto

Nuestro proyecto será cabinado y podrá ser tripulado por dos personas, piloto y copiloto, dando todas las garantías de manejo y seguridad tanto a los pasajeros como al resto de vehículos y transeúntes. Tendrá líneas muy deportivas y un concepto juvenil. No dispondrá de puertas ni ventanas, así lo podremos disfrutar en días soleados y noches despejadas, ya que no será un vehículo para el día a día, sino que su uso será esporádico.

3.4 Criterios a considerar antes de escoger el tipo de vehículo que vamos a construir.

A pesar de que la parte estética es muy importante, y es un punto a considerar, no es el factor más determinante a la hora de escoger el tipo y modelo de vehículo a construir. Basándonos en las características que necesitamos en nuestro vehículo, vamos a considerar varios aspectos que determinen la orientación del proyecto. Y nos encaminen a seleccionar la mejor opción.

Necesitamos que el vehículo tenga las siguientes características:

- 1.** Que tenga tres ruedas, 2 delanteras guías, y una trasera motriz.
- 2.** Debe ser cabinado para protección de los pasajeros.
- 3.** Dicha cabina tendrá el ancho, alto y profundidad, necesarios para albergar a 2 pasajeros, uno al lado del otro, como en un auto biplaza, no uno atrás de otro como en una moto.
- 4.** Debe disponer de todos los mecanismos necesarios para poder conducirlo de igual manera que un automóvil.
- 5.** Tendrá apariencia deportiva.

3.5 Factores que debemos analizar

Una vez expuesto qué es lo que “necesitamos”, debemos analizar qué es lo que “tenemos”, o lo que podemos conseguir en nuestro medio para la construcción de nuestro prototipo, así podemos comparar y decidir cuál es la mejor opción para la fabricación del vehículo.

Vamos a analizar los siguientes puntos:

- Disponibilidad de elementos, piezas y mecanismos
- Facilidad de construcción
- Costos
- Estética

3.5.1 Disponibilidad de elementos, piezas y mecanismos

En este punto analizaremos que tan complicado nos resulta conseguir los elementos necesarios para la construcción del vehículo, si existen piezas a nivel local, repuestos de las mismas o si debemos importarlás.

3.5.2 Facilidad de construcción

Es muy importante analizar la complejidad de construcción de cada una de las opciones que disponemos, ya que de ello también dependerá el tiempo que se tome en fabricarlo, costos y la calidad del proyecto terminado.

3.5.3 Costos

El costo de fabricación también es un punto muy importante a considerar, ya que debemos adquirir una motocicleta completa, adaptar ciertos mecanismos, construir un chasis y realizar trabajos de pintura. Analizaremos que opción es mas económica y cual es más cara.

3.5.4 Estética

La estética de nuestro proyecto será un factor determinante a la hora de escoger el modelo a construir, las propuestas actuales de los grandes fabricantes automotrices van encaminadas a la construcción de vehículos cada vez más deportivos, con líneas aerodinámicas y muy finos acabados. Y nosotros pretendemos mantener esa tendencia.

3.6 Alternativas a analizar

De las 5 opciones de vehículos con tres ruedas que comparamos anteriormente, escogeremos los 3 que más se aproximen a nuestros requerimientos, así tenemos las opciones c, d y e.

Alternativa 1: vehículo c

Motocicleta de altas prestaciones, basa su diseño en 2 llantas delanteras guías, manillar para dirigirla similar a una moto común y llanta motriz trasera. Ver figura 22.

Alternativa 2: vehículo d

Modelo más parecido a un auto convencional, tiene un habitáculo cerrado, con puertas, techo, vidrios y plazas para 5 pasajeros, chasis monovolumen. Ver figura 23

Alternativa 3: vehículo e

Este vehículo consta de 3 llantas, llanta motriz es la trasera, 2 llantas delanteras guías, volante similar al de un auto convencional, biplaza, chasis tubular. Ver figura 24.

3.6.1 Valoración de alternativas

Escala de valores para la selección:

Para nuestra valoración de alternativas, emplearemos los siguientes cuantificadores: 1 Regular; 2 Bueno; 3 Muy Bueno.

Tabla 5. Escala de valoración

VALORACIÓN	PUNTAJE
Regular	1
Bueno	2
Muy bueno	3

Elaborado por: Javier López y Patricio Maya.

El valor que damos a cada factor de ponderación se lo califica de acuerdo a la importancia de los parámetros más relevantes de los puntos. De esta manera el valor más alto será el que otorgue mayor ventaja para la elección de una de las alternativas.

Tabla 6. Parámetros a considerar vs las alternativas disponibles

PARÁMETROS		ALT 1 C Puntaje		ALT 2 D Puntaje		ALT 3 E Puntaje
Disponibilidad De elementos necesarios	Necesitamos cualquier tipo de moto, varillas de dirección, caja de dirección, suspensión independiente, la moto aporta el chasis	3	Moto de cilindrada alta, asientos 5 pasajeros, dirección de auto, suspensión trasera, vidrios, tablero, chasis monovolumen	1	Moto alta cilindrada, Suspensión delantera, dirección, 2 asientos, chasis tubular	3
Facilidad de Fabricación	Debemos adaptar los mecanismos de dirección y suspensión	3	Debemos adaptar los mecanismos antes mencionados, fabricar carrocería metálica, y chasis monovolumen	1	Construir chasis tubular y adaptar mecanismos de manejo, suspensión, dirección, no tiene puertas	2
Costos	2.000 usd	3	10.000 usd	1	4.000 usd	2
Estética	Es una moto muy deportiva y elegante	2	El diseño es muy anticuado, poco estético	1	Es un vehículo altamente deportivo, aerodinámico	3
Puntaje total		11		4		10

Elaborado por: Javier López y Patricio Maya.

Analizando los factores en los que basamos el criterio para escoger el modelo de vehículo a construir, podemos ver que la alternativa 1, es decir el vehículo c, es la de mayor puntaje respecto de las otras 2. Sin embargo dicho número es la suma de los puntajes parciales, pero no representa el % total respecto de la importancia de cada uno de los factores ponderados.

Tabla 7. Calificación individual de las 3 alternativas escogidas

PARAMETROS	FACTORES DE PONDERACIÓN	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
		CALIFI	VALOR	CALIFI	VALOR	CALIFI	VALOR
Disponibilidad elementos	15%	3	0,45	1	0.15	3	0.45
Facilidad de construcción	15%	3	0,45	1	0.15	2	0.30
Costo	20%	3	0.6	1	0.20	2	0,4
Estética	50%	2	1.0	1	0.5	3	1,5
Puntaje total	100%	11	2.50	4	1.00	10	2.65

Elaborado por: Javier López y Patricio Maya.

En esta tabla podemos ver que a pesar de que la alternativa 1 es la de mayor puntaje, no representa el 100%, y su valor es de 2,50/3 puntos. Así la alternativa 3 tiene una valoración superior, de 2,65/3, lo que significa que en términos generales tiene mayor porcentaje de relevancia respecto de los parámetros analizados.

3.7 Tipo de vehículo escogido para su diseño y construcción

Después de analizar los 5 tipos de vehículos anteriormente citados, y después de considerar todos los aspectos, tanto de lo que queremos realizar, de lo que disponemos en el medio y en base a la calificación obtenida al valorar las 3 alternativas escogidas en las tablas 6 y 7; decidimos diseñar y construir la alternativa 3, que es el modelo “e”. Ver figura 24.

CAPITULO 4: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

En vista de que ya hemos escogido el modelo y las características del prototipo que decidimos construir, y después de demostrar su factibilidad, empezamos por realizar una investigación que nos permitió determinar exactamente qué elementos vamos a ocupar en desarrollo de proyecto, es así que salimos a buscar en varios talleres de motos y autos dentro de la ciudad de Quito, comparamos precios, motorizaciones, años de fabricación, estado de las motos. Por otro lado conversamos con gente vinculada a la construcción de buggys, estructuras metálicas, mecánicos, fibrreros; y luego de barajar varias opciones, sugerencias, ideas y costos, nos decidimos por comprar y fabricar los siguientes componentes:

Moto: Kawasaki ZX-9R NINJA

Chasis: multitubular de acero negro

Tren delantero: Volkswagen Escarabajo 1972

Carrocería: tool laminado metálico y fibra de vidrio

Implementos: asientos modificados, faros, luces, guías, retrovisores

4.1 MOTOR DEL PROTOTIPO

Nuestra moto es una Kawasaki ZX-9R NINJA, y sus especificaciones técnicas son:

Tabla 8. Especificaciones de la moto

ESPECIFICACION	DETALLE
Modelo	Kawasaki ZX-9R ninja
Cilindraje	899 cc
Disposición	4 cilindros en linea
Clase	Motor de 4 tiempos
Orden de encendido	1 – 2 – 4 – 3
Potencia	139.00 hp @10500 rpm
Torque	94.15Nm @ 9000rpm
Valvulas por cilindro	4
Tipo de motor	Dohc
Refrigeracion	Radiador de agua
Relación de compresión	11,5 : 1
Relación peso/potencia	0,646 hp/kg
Peso de la moto sin modificar	215,00 kg

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/24572077/Kawasaki-ZX-9R-ZX900-B1-4-94-a-97-Service-Manual>

Después de ver estos datos, no podemos asegurar que esta moto, o propiamente dicho, que este motor, sea capaz de impulsar al prototipo terminado debido al incremento del peso, es por eso que hicimos un pequeño estudio de los posibles pesos totales, sacando el peso total de la moto por catálogo, consultando con un fabricante de buggys el peso aproximado de un chasis terminado (sólo la estructura tubular), pesando el tren delantero del VW escarabajo, asumiendo el peso promedio de 2 pasajeros (75kg por persona) y añadiendo pesos extras por asientos, carrocería, y accesorios. Así tenemos que:

Tabla 9. Pesos aproximados del prototipo

CARACTERISTICA	VALOR
Peso de la moto estándar	215 kg
Peso del chasis tubular	80 kg
Peso del tren delantero VW y mecanismos propios del tren	65 kg
Peso de asientos, mecanismos de manejo, carrocería, fibra de vidrio, extras.	70 kg
Peso del piloto y pasajero	150 kg
Peso del vehículo completo	580 kg (aproximado)
Nueva relación peso / potencia (estimada)	0.239 hp/kg

Elaborado por: Javier López y Patricio Maya.

Con esta estimación de pesos de la tabla 9, y basándonos en los datos técnicos de la tabla 8, podemos ver que la relación peso/potencia de la moto estándar es de 0,646 Hp/kg, la misma que bajó a 0,239 Hp/kg, debido a que se incrementó el peso de 215 a 430 kg. Ahora se deberá determinar si la nueva relación peso/potencia es suficiente para mover el prototipo, o si debemos conseguir un motor de mayor cilindrada que nos brinde más potencia y torque.

Para ello vamos a comparar estos números con los de un Suzuki Forza I.

Tabla 10. Comparación de datos con Suzuki Forza 1

VEHÍCULO	SUZUKI FORZA I	PROTOTIPO
Cilindrada	995 cc	900 cc
Peso	720 kg	430 kg
Potencia	50 hp	139 hp
Peso con pasajeros	1095 kg	580 kg
Rel. peso/potencia vacío / con pasajeros	0,069 hp/kg 0,045 hp/kg	0,323 hp/kg 0,239 hp/kg

Fuente: Diseño y construcción de un Cross-Car

Con este análisis se pretende demostrar teóricamente que si el Suzuki Forza I es capaz de desplazarse con facilidad, con 5 pasajeros a bordo, y con una relación de peso/potencia de 0,045 hp/kg, nuestro prototipo tripulado con 2 pasajeros, y con una relación mucho más alta, también lo hará sin inconvenientes.

4.1.1 Curvas de potencia y de torque del motor Kawasaki ZX-9R

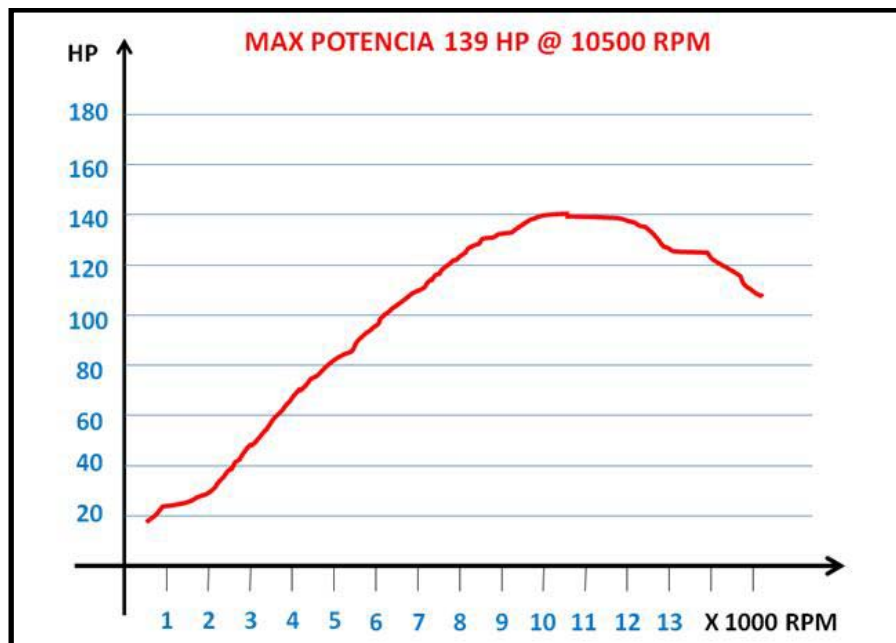


Figura 26: curva de potencia motor Kawasaki 900

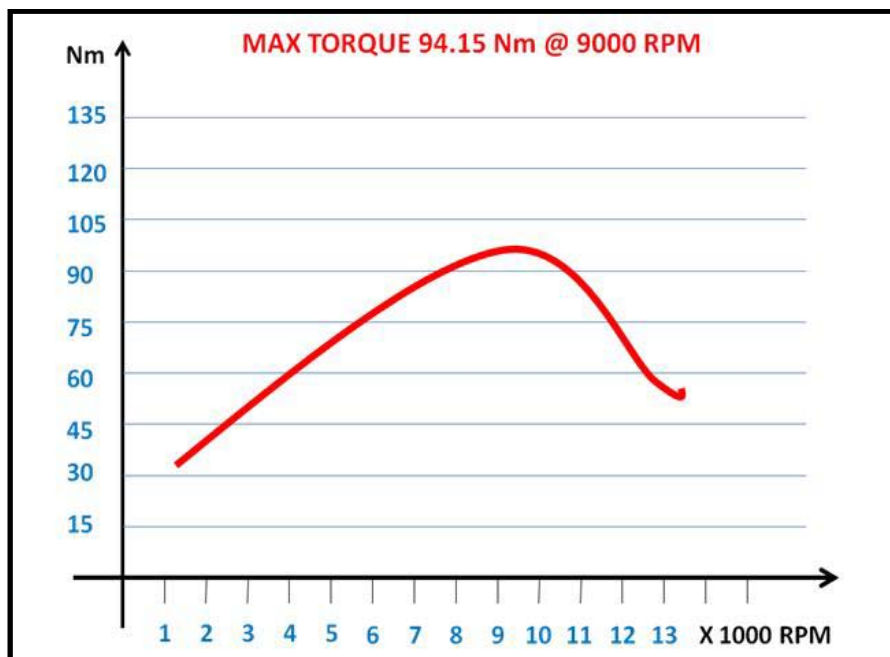


Figura 27: curva de torque motor Kawasaki 900

4.2 TRANSMISIÓN DEL PROTOTIPO

Contamos con una caja de cambios secuencial de 6 velocidades hacia adelante, y un embrague multidisco en baño de aceite. Debido a que ninguna motocicleta de 2 ruedas cuenta con marcha hacia atrás, y siendo una moto de pista la que usamos en nuestro proyecto, éste no tendrá retro, por lo tanto no podrá conducirse en reversa.

NOTA: Dejamos abierta la posibilidad de desarrollar un sistema de retro para el proyecto, como tema de investigación para futuras tesis.

La reducción primaria que tiene nuestra transmisión es de 1,534 (89/58). La transmisión secundaria: es la parte de la transmisión que conduce el movimiento desde el eje primario de cambio, al piñón de ataque, cadena,

catalina y rueda. La reducción secundaria que tiene nuestra transmisión es de 2,750 (44,16), y finalmente la relación de transmisión total es 4,656

Tabla 11. Datos técnicos de la caja de cambios de la Kawasaki zx9

Drive Train:			
Primary reduction system:			
Type	Gear	←	←
Reduction ratio	1.534 (89/58)	←	←
Clutch type	Wet multi disc	←	←
Transmission:			
Type	6-speed, constant mesh, return shift	←	←
Gear ratios:			
1st	2.857 (40/14)	(E)(FG)(IT)(NL) (SP)(UK)2.785 (39/14)	(AR)(GR)(NR) 2.785(39/14)
2nd	2.055 (37/18)	(E)(FG)(IT)(NL) (SP)(UK)2.000 (36/18)	(AR)(GR)(NR) 2.000(36/18)
3rd	1.650 (33/20)	(E)(FG)(IT)(NL) (SP)(UK)1.619 (34/21)	(AR)(GR)(NR) 1.619(34/21)
4th	1.391 (32/23)	←	←
5th	1.222 (33/27)	←	←
6th	1.103 (32/29)	←	←
Final drive system:			
Type	Chain drive	←	←
Reduction ratio	2.750 (44/16)	←	←
Overall drive ratio	4.656 @Top gear	←	←

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/24572077/Kawasaki-ZX-9R-ZX900-B1-4-94-a-97-Service-Manual>

Las ventajas de utilizar este tipo de transmisión en nuestro vehículo es que tenemos una buena relación de transmisión la cual nos permite un excelente desempeño de la motocicleta, sin embargo a variar su peso, variamos la relación peso/potencia y en el caso de que el torque del motor no sea suficiente para desplazar con agilidad al nuevo vehículo, la transmisión nos permite realizar un par de modificaciones para compensar la falta de fuerza, dichas modificaciones estarían directamente relacionadas con: piñón de ataque, variación del diámetro de la catalina y variación del tamaño de la cadena.

4.3 CHASIS DEL PROTOTIPO

4.3.1 Características del Chasis de la Kawasaki ZX-9R

Como ya lo mencionamos anteriormente contamos con una moto Kawasaki ninja ZX-9R del 94, y como se puede ver es una moto deportiva de altas prestaciones, por lo tanto cuenta con un chasis de aluminio muy robusto y de sección ancha, que permita albergar al potente motor de 900cc.



Figura 28: Kawasaki zx-9r

Cuadro: doble viga perimetral de aluminio con cuna auxiliar de acero

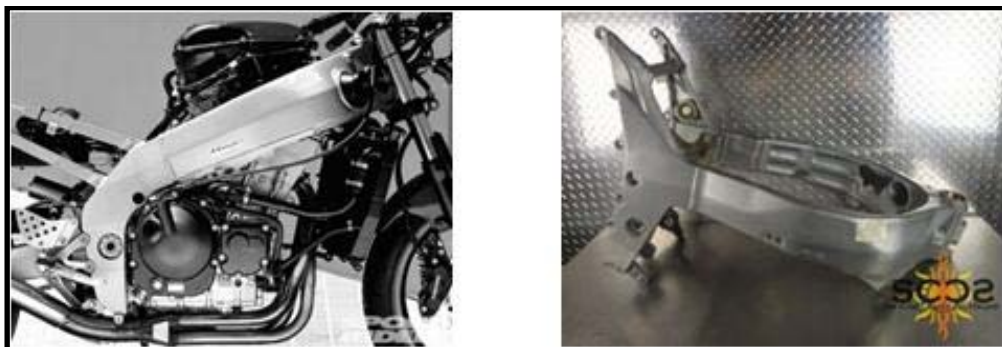


Figura 29: chasis de nuestra moto

Antes de escoger un chasis determinado, se realizará una selección entre varias alternativas, que nos permita escoger el mejor tipo de chasis de acuerdo a las necesidades y requerimientos del prototipo.

Se analizarán criterios de durabilidad, rigidez, costos, facilidad de construcción, costos, y disponibilidad de materiales.

Tabla 12. Análisis del tipo de chasis para el prototipo

CRITERIO DE TIPO DE CHASIS	ESTRUCTURA MONOCASCO	CHASIS MULTITUBULAR	BASTIDOR TIPO H
Diseño	Diseño complejo ya que es un solo cuerpo y debe albergar todos los mecanismos	Diseño sencillo, y permite variantes a la hora de acoplar mecanismos	Diseño bastante sencillo, estructura tipo H como escalera, soporta pesos.
Construcción	Muy compleja	Mediana complejidad	Súper sencillo de construir
Soldabilidad	Media	Alta	Alta
Rigidez	Más flexible	Medianamente flexible	Muy rígido
Material a usarse	Acero estampado en forma de chapa	Tubería de acero	Vigas metálicas
Disponibilidad de materiales	Mucho mas complejo de conseguir	Materiales de fácil acceso en nuestro medio	Se encuentran con menos facilidad
Durabilidad del chasis	Alta	Media	Baja
Recambio de piezas	Difícil	Más sencillo	Medianamente sencillo
Peso del material	Mediano	Ligero	Alto
Costo de fabricación	Muy alto	Bajo	Mediano

Elaborado por: Javier López y Patricio Maya.

Para nuestro proyecto el tipo de chasis más conveniente es el multitubular, debido a su facilidad de construcción, diseño sencillo y menor costo.

El prototipo cuenta con un chasis mixto o dos chasis diferentes, ya que la moto provee un chasis estándar de fábrica (al que denominaremos sección A), el

mismo que vimos y explicamos anteriormente, y a parte diseñaremos y construiremos un chasis delantero (al que denominaremos sección B) que nos sirva de habitáculo para los pasajeros y que también acople mecanismos como dirección, suspensión delantera, pedales de mando, sistema de frenos delanteros, tablero de instrumentos. Debe ser un chasis que brinde seguridad a sus pasajeros y tenga buena estabilidad.

4.3.2 Proceso de Construcción del Chasis

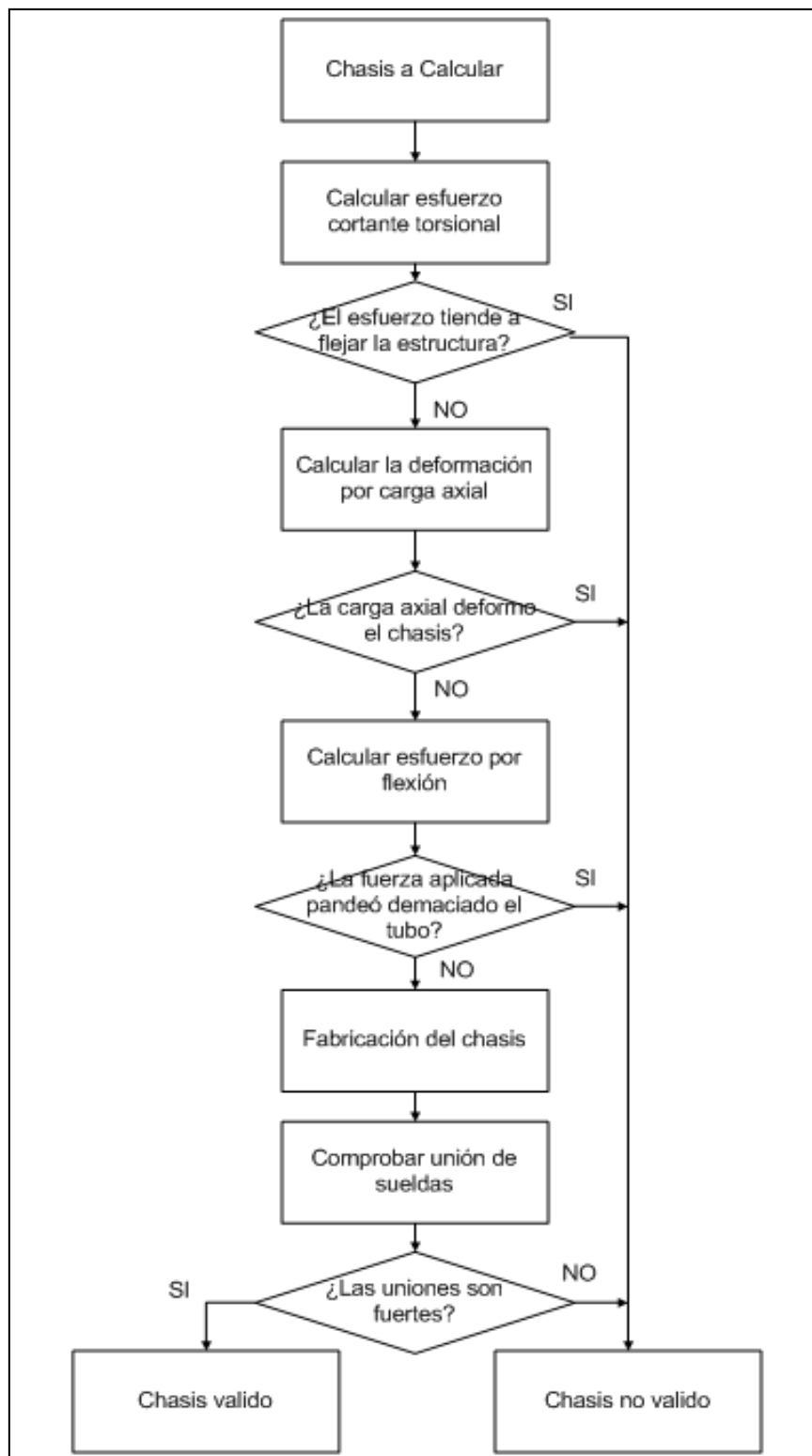


Figura 30: Flujograma de proceso de construcción del chasis

Elaborado por: Javier López y Patricio Maya.

4.3.3 Boceto inicial del Chasis

A continuación se presenta un boceto de como nosotros concebimos y visualizamos el diseño del chasis en primera instancia y la distribución de las partes de nuestro vehículo, estructuralmente debemos tener un chasis cuyo espacio interior albergue de una manera cómoda y confortable a 2 pasajeros y tenga el espacio necesario para poder conducirlo con normalidad. También debe tener barras laterales reforzadas, y un techo tipo rollbar por mayor seguridad.

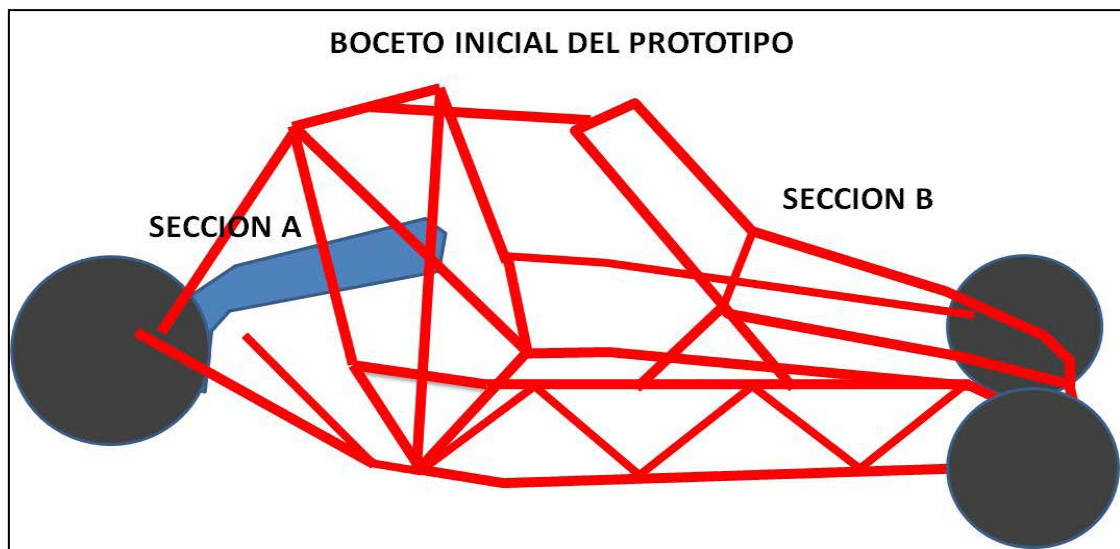


Figura 31: boceto inicial del prototipo
Elaborado por: Javier López y Patricio Maya.

4.3.4 Diseño del chasis

Debido a las características del vehículo a desarrollar, nuestro nuevo chasis (sección B) no albergará mecanismos muy pesados como son la transmisión y

el motor, ya que éstos están incluidos en la misma moto y siguen sujetos al chasis original (sección A); sin embargo la Sección B del chasis multitubular tendrá las siguientes funciones:

1. Formar una cabina para 2 pasajeros
2. Albergar instrumentos de mando como pedales de acelerador, freno, embrague y sistema de dirección (barras, caja, columna y volante)
3. Acoplar en su parte anterior todo el tren delantero de un Volkswagen Escarabajo, y con ello mecanismos como suspensión, sistema de frenos, barras de dirección, tambores, aros, neumáticos.
4. Incluir un tablero de instrumentos.

Al tener toda la fuerza motriz en la parte trasera del vehículo, el chasis estará sometido constantemente a esfuerzos de:

- Compresión
- Tracción
- Torsión

Dichos esfuerzos son factores muy importantes que deben ser tomados en cuenta para la decisión del tipo de material a usarse y el diseño de la estructura, así como los refuerzos necesarios en los puntos más débiles que encontremos para obtener una estructura rígida, robusta, estable, que nos brinde seguridad y fiabilidad el momento de conducir nuestro vehículo.

4.3.4.1 Primeros diseños reales

Basados en el boceto inicial, hemos tomado algunas medidas referenciales de autos pequeños, como el Chevrolet Spark (Anexo 1), Suzuki Forza 1, Volkswagen escarabajo (ancho interior de puerta a puerta 110 cm y distancia del piso al techo 125cm), para tener un buen criterio de medidas interiores del vehículo, tamaño de los asientos, altura del piso al techo y espacio desde el asiento del conductor hasta los pedales, de esta forma podemos diseñar y obtener una cabina cómoda para los pasajeros.

Así se empezó a diseñar los primeros planos de la sección B del chasis multitubular, basándonos en dichos parámetros. (Anexo 2). Planos dibujados manualmente en papel cuadriculado.

Una vez terminado el diseño inicial de dichos planos, se los realizó en Autocad, obteniendo vistas de cada superficie y una vista lateral y superior, que brinden un concepto mucho más claro y realista, tanto en 2 dimensiones como tridimensionalmente.

4.3.4.2 Dimensiones reales del chasis (SECCION B)

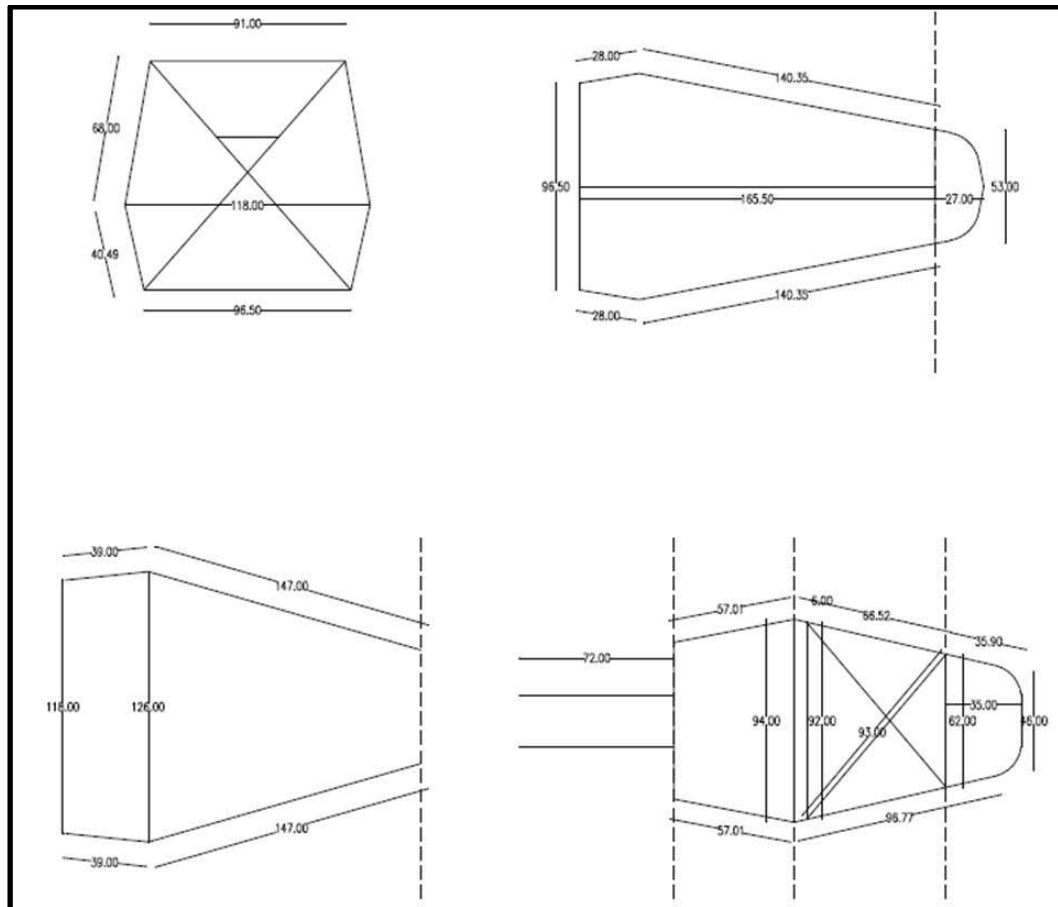


Figura 32: planos del chasis (sección B)

4.3.4.3 Vista superior y lateral del diseño (Anexo 3)

4.3.4.4 Diseño tridimensional (Anexo 4)

4.4 TUBOS ESCOGIDOS Y UTILIZADOS

Para la fabricación de nuestro chasis multitubular, vamos a trabajar con un mismo tipo de tubería de acero estructural, de diferentes secciones y forma, estas son:

- Acero negro estructural de 1 ¾" con sección redonda y pared de 2 mm
- Acero negro estructural de 1 ½ " con sección redonda y pared de 2 mm
- Acero negro estructural de 1" con sección redonda y pared 2 mm

Tabla 13. Características de los tubos usados

NOMBRE	NORMA	RECUBRIM.	DIAMETRO EXTERIOR	ESPESOR	PESO	AREA
Tubo redondo de 1¾" x 2mm	ASTM (American Standards and Testing Materials)	NEGRO	1 ¾" pulg. 44,45 mm	2 mm	2 kg/m	2,67 cm ²
Tubo redondo de 1 ½" x 2mm	ASTM (American Standards and Testing Materials)	NEGRO	1 ½" pulg. 38,10 mm	2 mm	1,78 kg/m	2,27 cm ²
Tubo redondo de 1" x 2mm	ASTM (American Standards and Testing Materials)	NEGRO	1" pulg. 25,4 mm	2 mm	1,15 kg/m	1,47 cm ²

Fuente: <http://www.ipac-acero.com/ipac/tben004.html>

4.5 TIPOS DE ESFUERZOS QUE SOPORTA ESTRUCTURA TUBULAR

Toda estructura o chasis utilizado en cualquier proyecto automotriz está constantemente sometido a varios esfuerzos, que son: su propio peso, el movimiento del vehículo, las curvas, pesos añadidos por pasajeros, equipaje, frenado y aceleración, etc. Esfuerzos que serán aplicados a toda la estructura y

que tienden a deformarla o romperla, de ahí que es necesario realizar un cálculo de esfuerzos en toda la estructura para garantizar que el material escogido y el tipo de suelda para construir dicho chasis cumplan con las características necesarias de dureza, rigidez y flexibilidad.

Los principales esfuerzos a estudiar son:

- Esfuerzo cortante torsional
- Deformación por carga axial
- Esfuerzo por flexión

4.5.1 Esfuerzo cortante torsional

Esfuerzo cortante torsional se refiere a la carga o fuerza que recibe una pieza estructural, y que trata de torcerla o flejarla, dicha carga o fuerza recibe el nombre de par de torsión o momento de torsión. Cuando se aplica un par de torsión a un elemento estructural o a una estructura propiamente dicha, se genera un esfuerzo cortante en ella, creando una deflexión torsional, formando un ángulo de torsión en ella.

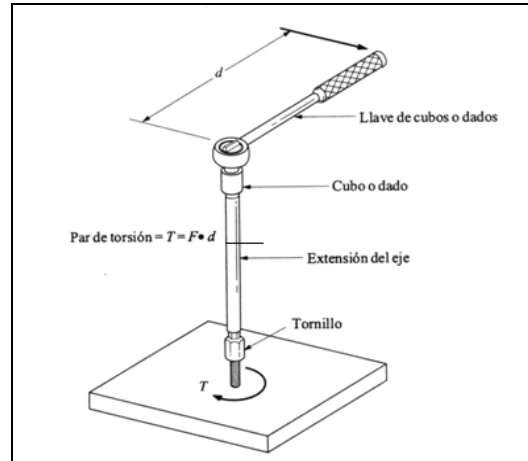


Figura 33: Llave con la que se aplica un par de torsión a un tornillo

En donde el torque es la resultante de la fuerza multiplicada por la distancia.

Sin embargo para la construcción de nuestro chasis usaremos tubos de acero negro huecos, no sólidos. Y la fórmula para el esfuerzo cortante torsional y el momento polar de inercia de un tubo hueco es:

$$T_{\max} = \frac{T \times c}{J}$$

En donde:

T = torque o $F \times d$

c = radio de la sección del tubo

J = momento polar de inercia

$$J = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4)$$

En donde:

D = diámetro externo del tubo

d = diámetro interno del tubo

4.5.2 Deformación por carga axial

Cuando hablamos de deformación, hacemos referencia a cualquier cambio en las dimensiones de un elemento estructural debido a la carga a la que ha sido sometido, es importante poder calcular la magnitud de la deformación del elemento para poder tener un buen criterio de diseño, y en base a este escoger el material apropiado.

La fórmula de la deformación por carga axial viene dada así:

$$\delta = \frac{F \times L}{A \times E}$$

En donde:

F = fuerza aplicada, que en este caso sería el peso

L = longitud del elemento estructural

A = área de la sección del elemento estructural

E = módulo de elasticidad

4.5.3 Esfuerzo por flexión

El momento en el que se aplica una carga o fuerza perpendicular sobre una viga, o varilla estructural, se produce un esfuerzo por flexión, debido a que dicha viga tiende a flejar en el punto donde se concentra la fuerza o carga aplicada.

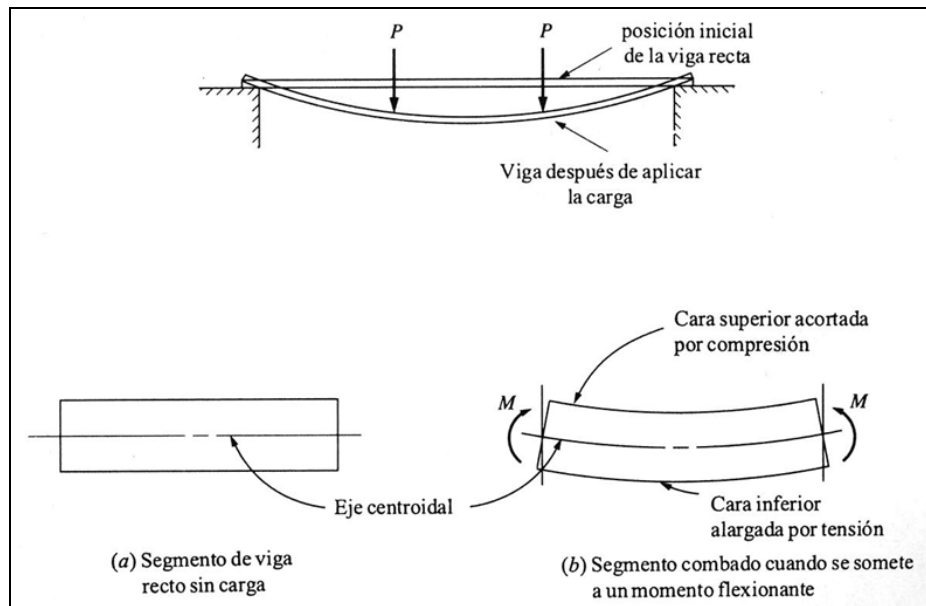


Figura 34: Viga sometida a esfuerzo por fricción.

La fórmula del esfuerzo por flexión viene dada de la siguiente manera:

$$\delta_{\max} = \frac{Mc}{I}$$

En donde:

$\delta_{\max}$ = esfuerzo máximo en la fibras externas de la viga

M = momento flexionante en la sección de interés

c = distancia del eje centroidal de la viga a las fibras externas

I = momento de inercia de la sección transversal

4.6 CALCULO DE ESFUERZOS DE LOS TUBOS PRINCIPALES USADOS

4.6.1 Esfuerzo cortante torsional. Tubería 1¾"

$$T_{\max} = \frac{T \times c}{J} \quad ; \quad J = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4)$$

Datos:

$$D = 0,04445 \text{ m}$$

$$d = 0,04045 \text{ m}$$

$$c = 0,022225 \text{ m}$$

$$r = 0,022225 \text{ m}$$

$$T = F \times L$$

$$F = \text{peso total del prototipo} = 430 \text{ kg}$$

$$L = \text{radio sección circular} = 0,022225 \text{ m}$$

Desarrollo:

$$J = \frac{\pi}{32} [(0,04445\text{m})^4 - (0,04045\text{m})^4]$$

$$J = 1,204 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$T = 430\text{kg} \times 0,022225\text{m}$$

$$T = 9,556 \text{ kgm} \times 9.8\text{N}$$

$$T = 93.65 \text{ Nm}$$

$$T_{\max} = \frac{93.65 \text{ Nm} \times 0,022225 \text{ m}}{1,204 \times 10^{-7} \text{ m}^4} = 17287136,63 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$T_{\max} = 17287136,63 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

4.6.2 Esfuerzo cortante torsional. Tubería 1"

$$T_{\max} = \frac{T \times c}{J} \quad ; \quad J = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)$$

Datos:

$$D = 0,0254 \text{ m}$$

$$d = 0,0214 \text{ m}$$

$$c = 0,0127 \text{ m}$$

$$r = 0,0127 \text{ m}$$

$$T = F \times L$$

$$F = \text{peso total del prototipo} = 430 \text{ kg}$$

$$L = \text{radio sección circular} = 0,0127 \text{ m}$$

Desarrollo:

$$J = \frac{\pi}{32}[(0,0254\text{m})^4 - (0,0214\text{m})^4]$$

$$J = 2,027 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$T = 430 \text{ kg} \times 0,0127 \text{ m}$$

$$T = 5,461 \text{ kgm} \times 9.8 \text{ N}$$

$$T = 53.517 \text{ Nm}$$

$$T_{\max} = \frac{53,517 \text{ Nm} \times 0,0127 \text{ m}}{2,027 \times 10^{-8} \text{ m}^4} = 33530631,48 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$T_{\max} = 33530631,48 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

4.6.3 Tensión soportada. Tubería de 1 3/4"

$$\theta = \frac{F}{A}$$

Datos:

$$D = 0,04445 \text{ m}$$

$$d = 0,04045 \text{ m}$$

F = Peso del prototipo / número de puntos de apoyo

A = área de la sección circular

Desarrollo:

$$A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$$

$$A = \frac{\pi}{4}(0,04445^2 - 0,04045^2)$$

$$A = 2,66 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F = \frac{430 \text{ kg}}{3} = 143.33 \text{ kg}$$

$$\theta = \frac{143.33 \text{ kg}}{2,66 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\theta = 538834,58 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\theta = 538834,58 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 9,80 \text{ N}$$

$$\theta = 5280578,95 \text{ MPa}$$

4.6.4 Tensión soportada. Tubería de 1"

$$\theta = \frac{F}{A}$$

Datos:

$$D = 0,0254 \text{ m}$$

$$d = 0,0214 \text{ m}$$

F = Peso del prototipo / número de puntos de apoyo

A = área de la sección circular

Desarrollo:

$$A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$$

$$A = \frac{\pi}{4}(0,0254^2 - 0,0214^2)m^2$$

$$A = 1,47 \times 10^{-4}m^2$$

$$F = \frac{430 \text{ kg}}{3} = 143.33 \text{ kg}$$

$$\theta = \frac{143.33 \text{ kg}}{1,47 \times 10^{-4}m^2}$$

$$\theta = 975034,01 \frac{\text{kg}}{m^2}$$

$$\theta = 975034,01 \frac{\text{kg}}{m^2} \times 9,80 \text{ N}$$

$$\theta = 9555333,33 \text{ MPa}$$

4.6.5 Deformación por carga axial. Tubería de 1 ¾"

$$\delta = \frac{F \times L}{A \times E}$$

Datos:

D = 0,04445 m

d = 0,04045 m

F = peso total del prototipo = 430 kg

F = 430 kg / 3 = 143.33 kg

F = 143.33 x 9.8m/s² = 1404,63 N

L = longitud del tubo a analizar

E = módulo de elasticidad = 207 x 10⁹ N/m²

A = área sección transversal = 2,66 x 10⁻⁴ m²

Nota: en este caso se escogió los principales tubos que soportan más peso y que están sometidos a mayores esfuerzos en la estructura del chasis.

L1= 0,965 m	L2= 1,270 m	L3= 1,655 m	L4 = 1,470 m	L5 = 0,390 m
L6 = 1,120 m	L7 = 0,740 m	L8 = 0,720 m	L9 = 0,910 m	L10= 0,940 m

$$\delta 1 = \frac{F \times L}{A \times E} = \frac{1404,63 \text{ N} \times 0,965 \text{ m}}{2,66 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 207 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = \frac{1355.46 \text{ Nm}}{55062000 \text{ m}^2 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 2,46 \times 10^{-5} \text{ m}$$

δ1= 2,46x10 ⁻⁵ m	δ2= 3,24x10 ⁻⁵ m	δ3= 4,22x10 ⁻⁵ m	δ4= 3,75x10 ⁻⁵ m	δ5= 9,94x10 ⁻⁶ m
δ6= 2,85x10 ⁻⁵ m	δ7= 1,88x10 ⁻⁵ m	δ8= 1,83x10 ⁻⁵ m	δ9= 2,32x10 ⁻⁵ m	δ10= 2,39x10 ⁻⁵ m

4.6.6 Deformación por carga axial. Tubería de 1"

$$\delta = \frac{F \times L}{A \times E}$$

Datos:

$$D = 0,0254 \text{ m}$$

$$d = 0,0214 \text{ m}$$

$$F = \text{peso total del prototipo} = 430 \text{ kg}$$

$$F = 430 \text{ kg} / 3 = 143.33 \text{ kg}$$

$$F = 143.33 \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 1404,63 \text{ N}$$

L = longitud del tubo a analizar

$$E = \text{módulo de elasticidad} = 207 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

$$A = \text{área sección transversal} = 1,47 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$L1 = 0,46 \text{ m} \quad L2 = 0,425 \text{ m} \quad L3 = 0,33 \text{ m}$$

$$\delta 1 = \frac{F \times L}{A \times E} = \frac{1404,63 \text{ N} \times 0,46 \text{ m}}{1,47 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 207 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = \frac{646,13 \text{ Nm}}{30429000 \text{ m}^2 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 2,12 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$\delta 1 = 2,12 \times 10^{-5} \text{ m}$	$\delta 2 = 1,96 \times 10^{-5} \text{ m}$	$\delta 3 = 1,52 \times 10^{-5} \text{ m}$
--	--	--

4.7 SUELDA UTILIZADA

Como ya se desarrolló y explicó anteriormente, la suelda que mejores resultados puede aportarnos, por todas sus ventajas y de acuerdo al trabajo a realizar, es la suelda MIG.

Con un diámetro de hilo de 9 mm, que garantice una buena cantidad de material de aporte, gran calidad de suelda y uniones fuertes y sólidas.



Figura 35: suelda MIG, boquilla e hilo de aporte

4.8 FABRICACIÓN DEL CHASIS

Después de tener el boceto inicial, posteriormente las medidas reales, el diseño en Autocad, el tipo y las dimensiones de tubería a usarse y la clase de suelda que emplearemos, estamos listos para empezar la fabricación del chasis.

El primer paso fue desmontar la dirección de la moto (retirar el volante, columna y llanta) para determinar la altura de los puntos de sujeción al nuevo chasis. También retiramos todas las partes que no nos van a ser útiles al final del proyecto.



Figura 36: desmontaje de partes que no usaremos

Luego continuamos con el corte, doblado y suelda de los tubos de acuerdo a los planos que revisamos anteriormente, se fabricarán plano por plano y luego se soldarán unos con otros para obtener la estructura completa. Así tenemos las siguientes imágenes.



Figura 37: primeros pasos para la construcción del chasis

Para obtener una estructura sólida y reforzada, es indispensable que las soldaduras garanticen una unión fuerte y homogénea, por lo que debemos soldar toda la sección de la tubería a unir.



Figura 38: uniones y sueldas

Los tubos principales del primer y segundo plano son de 1 3/4" pulg y a parte de estar unidos paralelamente desde el plano posterior hasta la parte delantera, están unidos entre sí longitudinalmente por tubería de 1 1/2" en secciones inclinadas en forma de zigzag, esto le brinda rigidez a la estructura y tenemos costados laterales que también hacen las veces de barras de seguridad.



Figura 39: refuerzos laterales

Con el afán de mantener el chasis lo más paralelo posible al piso, y obtener un prototipo bien nivelado con respecto a la línea horizontal, colocamos varios soportes o caballetes a una misma altura, y usamos el nivel de burbuja, para cerciorarnos de tener una buena alineación y que no nos quede inclinado el chasis respecto de la moto, ni la moto inclinada respecto del piso.



Figura 40: nivelación del chasis

Con el propósito de tener una suspensión ya diseñada, probada, rígida y confiable, adaptamos a la estructura tubular, todo el tren delantero de un Volkswagen escarabajo, el mismo que cuenta con sus mecanismos propios y nos provee del sistema de suspensión, dirección, tambores, aros y neumáticos.



Figura 41: instalación del tren delantero

Una vez terminada la estructura delantera o sección B, vamos a tener 5 puntos de sujeción al chasis de la moto o sección A (representados en color rojo), contando con un anclaje especial en el centro donde se unen las diagonales de la estructura trasera y ésta va sujeta en el lugar donde anteriormente estaba la columna de dirección de la moto, para obtener un punto robusto y original de anclado, también representamos con color anaranjado las extensiones de tubos que van desde los 4 extremos hacia la parte media alta y media baja del chasis de la moto o sección A.

Primeros pasos para anclar el chasis multitubular (sección B) al chasis de la moto (sección A)



Figura 42: anclaje de secciones A y B

El anclaje especial que mencionamos anteriormente, consta de 2 juegos de placas soldadas entre si y soldadas a la parte de intersección de los tubos diagonales del plano posterior de la estructura, una placa (A) va ubicada por encima del segmento del chasis de la moto donde se alojaba la columna de dirección, y la otra placa (B) va por debajo, uniendo todo el conjunto por medio de un eje de transmisión sólido, para evitar su deformación por esfuerzos de compresión y de tracción.

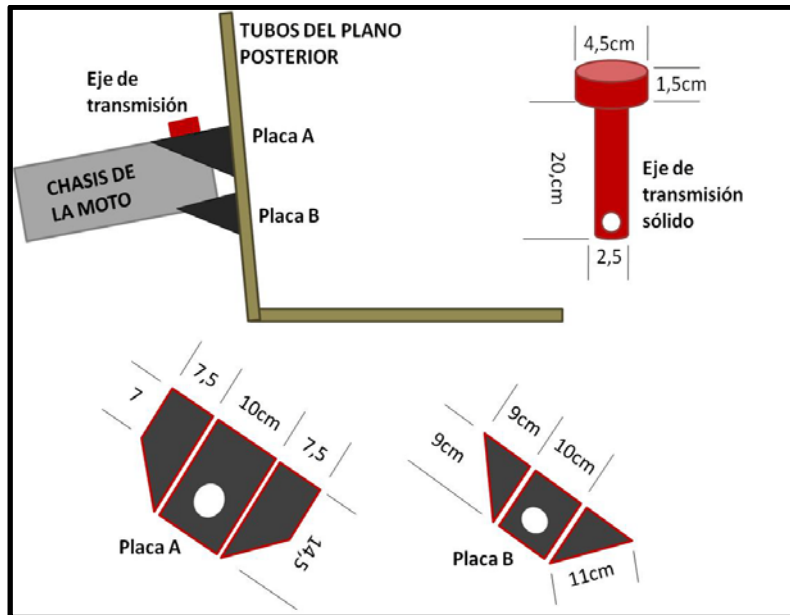


Figura 43: diseño de piezas de anclaje
Elaborado por: Javier López y Patricio Maya.

Las placas que usamos para anclar la sección A a la sección B del chasis son de acero negro de 6 mm de espesor. El conjunto ya anclado nos quedó así:



Figura 44: conjunto de anclaje terminado

Para reforzar el anclaje de las placas, se soldó un tubo transversal unos centímetros más arriba de la intersección de las diagonales del plano posterior.



Figura 45: vista superior del conjunto de anclaje

Como ya dijimos anteriormente, vamos a unir en 5 puntos las 2 secciones del chasis: A y B. Debido a que la Sección A es de aluminio y la sección B es de acero negro, no podemos soldar estos materiales entre sí, por lo que vamos a construir unas platinas de acero, las mismas que irán empernadas a las partes de aluminio, y en dichas placas soldaremos los tubos de 1 $\frac{3}{4}$ ", que a su vez irán situados en los 4 extremos de la parte posterior del la sección B del chasis.

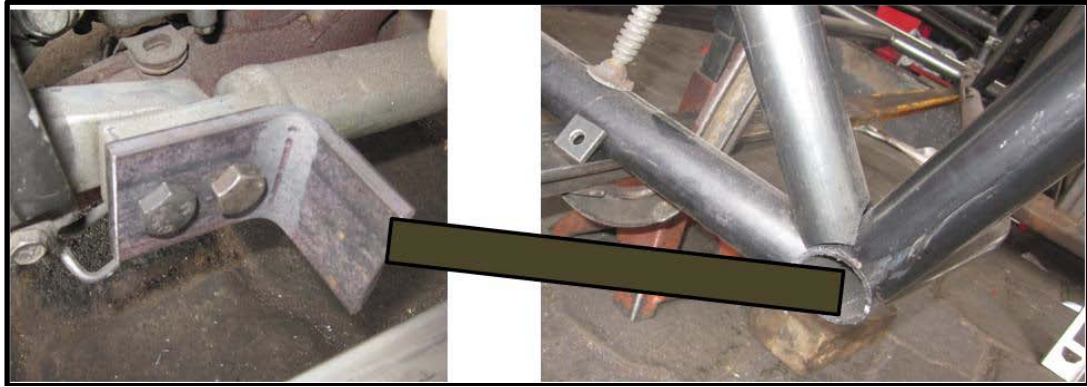


Figura 46: refuerzos y uniones entre secciones a y b

Una vez soldados y empernados todos los puntos de sujeción, entre las dos secciones del chasis, obtenemos una estructura universal, rígida que nos brinde seguridad y fiabilidad a la hora de conducir. Debido que ahora todo está debidamente sujetado, ya no hablaremos de las secciones A y B del chasis, sino de un solo conjunto al que llamaremos: chasis multitubular del prototipo.



Figura 47: sección a completamente anclada a la sección B

A continuación colocamos algunas imágenes del habitáculo, marco frontal (parabrisas), espacio interior para alojar pedalera, columna de dirección, tablero de instrumentos.



Figura 48: parte frontal - habitáculo

El siguiente paso en la construcción del chasis, fue la instalación del piso, el mismo que fue fabricado con tool laminado 1.1 mm, y se le hizo un proceso mecánico de rolado, que le da mayor rigidez al piso y evita su hundimiento.



Figura 49: instalación del piso

Una vez terminado completamente el proceso de unión de la tubería (remate de sueldas), y la instalación del piso, pintamos toda la estructura de negro mate anticorrosiva, para evitar su oxidación, en este punto nuestro prototipo luce así:



Figura 50: chasis multitubular terminado

A partir de esta etapa, empezamos la instalación de mecanismos para la conducción del vehículo, como el sistema de dirección, pedalera, sistema de frenos. (Ver capítulo 5)



Figura 51: chasis completo

En este punto de desarrollo del proyecto, simplemente colocamos ciertos mecanismos de manejo de una manera simple, sin ajustar o soldar del todo, con el afán de medir las distancias y proporciones que deben tener dichos

mecanismos con respecto del piloto y su pasajero, para obtener un espacio de cabina lo más cómodo posible, sin dificultar o estorbar la tarea del conductor.



Figura 52: confort en cabina para pasajeros

4.8.1 Peso del vehículo (pesos reales)

Una vez armado completamente nuestro nuevo vehículo, hemos quitado y añadido varias partes, y adaptamos todos los mecanismos necesarios para su correcto funcionamiento, por lo que evidentemente variamos el peso total del mismo, las nuevas medidas son:

Tabla 14. Pesos reales del vehículo

CARACTERISTICAS	VALOR
Peso de la moto estándar	215 kg
Peso del volante, columna de dirección, llanta delantera	35 kg (-)
Peso del chasis tubular (sección B)	70 kg
Peso del tren delantero VW y mecanismos propios del tren	65 kg
Peso de asientos y mecanismos de manejo y estética	70 kg
Peso del piloto y pasajero	150 kg
Peso del vehículo completo	535 kg
Nueva relación peso / potencia	0.26 hp/kg

Elaborado por: Javier López y Patricio Maya.

Basándonos en el método de investigación científica: comparación, hemos hecho un análisis de nuestro prototipo vs dos autos muy conocidos y comerciales que han sido probados en nuestro medio a lo largo del tiempo, y que transitan con regularidad en las calles y carreteras del país, ya sea a nivel del mar o a 2800 m.s.n.m. sin ningún tipo de inconvenientes y con su capacidad máxima de pasajeros.

Con este análisis queremos demostrar teóricamente que a pesar del incremento de peso que sufrió la motocicleta para llegar a convertirse en nuestro prototipo, éste se desempeñará con buenas prestaciones, ya que su resultante relación peso/potencia es de 0,259 hp/kg, mucho más alta que la del Suzuki Forza I y que la del Chevrolet Spark.

Tabla 15. Parámetros comparativos del prototipo vs vehículos que transitan en nuestro medio, con motores de similar cilindrada.

VEHÍCULO	KAWASAKI ZX9	SUZUKI FORZA I	CHEVROLET SPARK	PROTOTIPO KAWASAKI
Año fabrica	1994	1990	2011	2011
Cilindrada	900 cc	995 cc	995 cc	900 cc
Potencia	139 hp	50 hp	62 hp	139 hp
Torque	94 Nm	77 Nm	87 Nm	94 Nm
Peso	215 kg	720 kg	795 kg	385 kg
No. Pasajeros	1 de 75 kg	5 de 75 kg	5 de 75 kg	2 de 75 kg
Peso total	290 kg	1095 kg	1170 kg	535 kg
Rel peso / pot vacío	0,646 hp/kg	0,069 hp/kg	0.078 hp/kg	0,361 hp/kg
Rel peso / pot con pasajeros	0,479 hp/kg	0,045 hp/kg	0,053 hp/kg	0,259 hp/kg

Fuente: Catálogo Chevrolet Spark - Diseño y construcción Cross-Car

4.9 CARROCERÍA

Para la carrocería, vamos a forrar algunas partes del chasis con tool laminado metálico, en los puntos más importantes como el capot, el piso, dicho tool es de 1.1 mm de espesor y su soldabilidad al chasis tubular es muy buena.

En otros puntos, y más por aspectos estéticos, fabricamos e instalamos piezas en fibra de vidrio y en material plástico para forrar ciertas secciones laterales, con el afán de alivianar pesos, darle un aspecto deportivo y un fino acabado.

4.9.1 Proceso de preparación de fibra de vidrio y pintura

Para este proceso simplemente, mezclamos previamente la resina con los agentes acelerantes, y la esparcimos de una manera uniforme sobre la fibra de vidrio, obteniendo tiras con apariencia húmeda, que colocamos sobre el molde,

dándole la forma de la pieza a fabricar, debemos dejar que seque y posteriormente le aplicamos una capa de masilla para rellenar las imperfecciones. Una vez seca la masilla procedemos a lijar con lija de agua hasta obtener una superficie lisa y suave al contacto con la mano. Luego de este procedimiento, aplicamos una capa de fondo, volvemos a masillar pero esta vez con una masilla mucho más fina para corregir las últimas imperfecciones y estamos listos para pintar. Aquí se aplican una o dos manos de pintura, de acuerdo a las necesidades y el tipo de acabado final.



Figura 53: proceso de preparación de la fibra de vidrio

En nuestro medio existen bastantes locales de venta de pintura para uso automotriz, habiendo gran variedad de calidades y precios, sin embargo en nuestro prototipo la pintura que se utilizó en las piezas de fibra y en la carrocería metálica, fue una pintura a base de poliuretano, siendo ésta una de las mejores del mercado.

4.10 DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL PROTOTIPO

Con respecto a la parte eléctrica, nuestro prototipo dispone de los siguientes elementos (Anexo 5):

- Batería de 12 voltios
- Alternador
- Motor de arranque
- Bobina
- Cables de bujías
- Caja de fusibles
- CDI (control distribution ignition)
- Faros o luces delanteras
- Luz de stop y direccionales

CAPITULO 5: ADAPTACIÓN DE MECANISMOS

5.1 ADAPTACIÓN DE LOS MECANISMOS PROPIOS DE LA MOTO

La moto por si misma tiene todos los mecanismos necesarios para su funcionamiento correcto, pero al modificar su esencia, es decir, transformarla de una moto de pista a un prototipo cabinado, biplaza, con dos ruedas delanteras, una rueda trasera, y con el tipo de manejo similar al de un automóvil, debemos también modificar los mandos para poder conducir normalmente. Por lo tanto vamos a ingeniar mecanismos que logren transmitir los movimientos que realizamos con las manos en el manubrio de la moto al movimiento que realizamos con los pies y que son accionados por pedales en un auto, como embrague, acelerador, frenos. También acciones como la selección de marchas, que en la motocicleta la realizamos con el pie izquierdo, a una palanca selectora ubicada a la derecha del piloto y que será accionada con la mano.

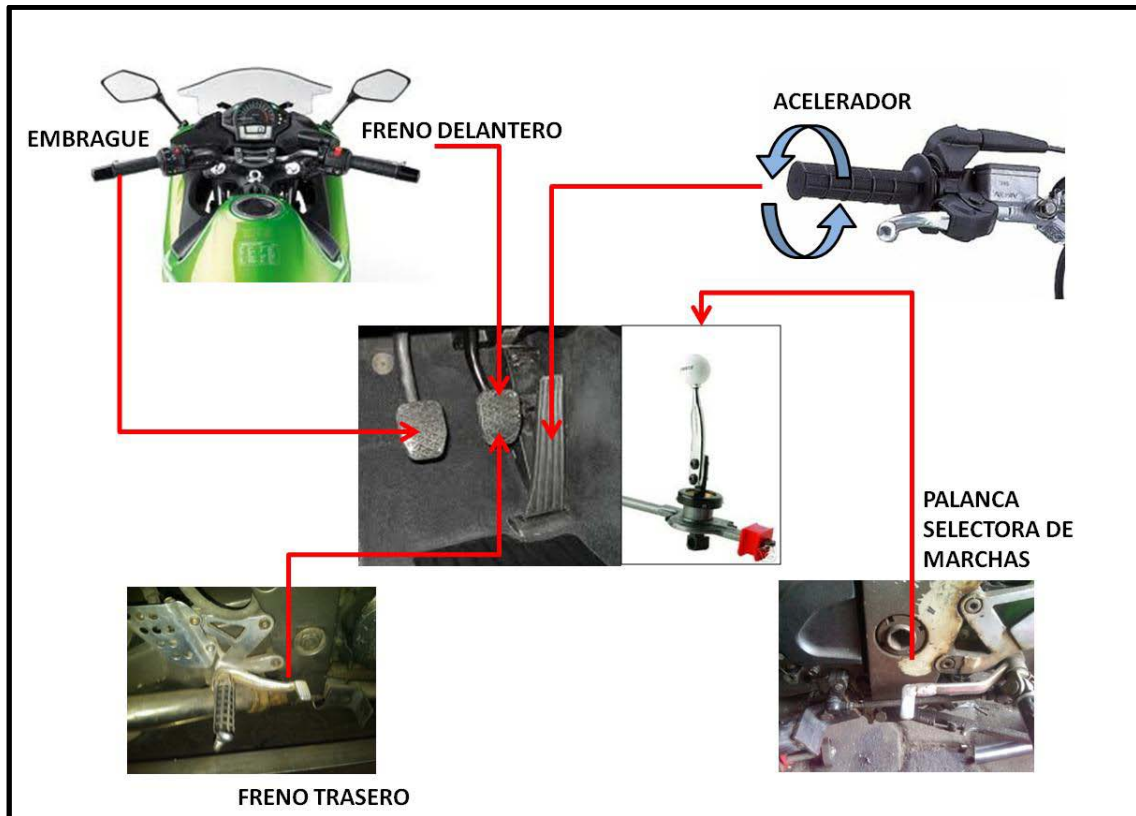


Figura 54: adaptación de mecanismos para conducción

5.1.1 Embrague

En nuestra moto disponemos de un embrague hidráulico, que acopla o desacopla los discos al comprimir la palanquita en el manillar con la mano izquierda. En este caso, vamos a extender la cañería hasta la pedalera y el mecanismo será accionado por el pedal de embrague por medio del pie izquierdo.

5.1.2 Freno trasero

Mantenemos el mismo sistema de freno, es decir la bomba y cañerías, pero para lograr accionarlo con el pedal de freno, invertimos la orientación de la

palanca de freno de la moto, de posición horizontal a una posición vertical, y colocamos un cableado perpendicular a la palanca para poder halarla al accionar el freno por medio del pie.

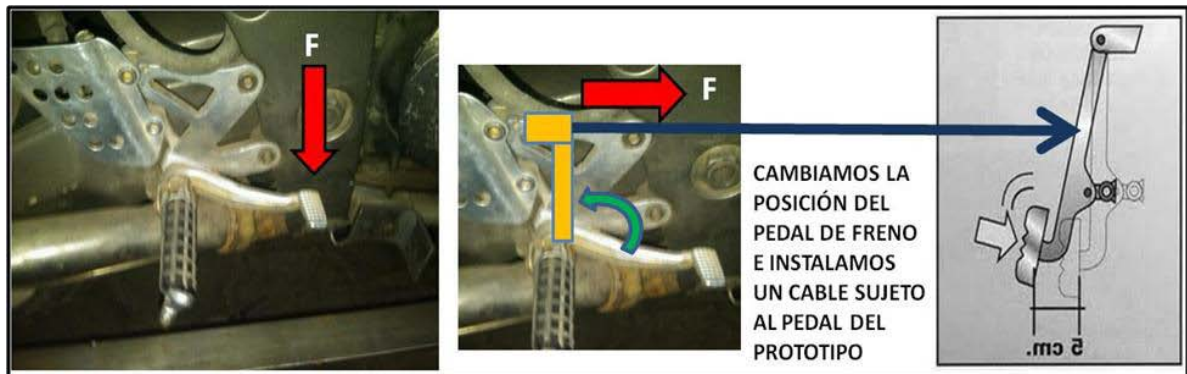


Figura 55: adaptación del pedal de freno

5.1.3 Selector de marchas de la caja de cambios

En el caso de la moto, la selección de marchas se la realiza al aplicar una ligera presión con el pie izquierdo sobre un pedal selector. En este caso, para pasar dicho movimiento a una palanca de cambios que será accionada con la mano derecha del piloto, vamos a utilizar un cable especial que nos permita halar y empujar el mecanismo selector de marcha, sin deformarse, de esta manera podremos subir o bajar la marcha, dicho cable será conectado en un extremo al selector de la moto y en el otro a la parte inferior de la palanca de cambios. Es un mecanismo sencillo ya que únicamente necesitamos realizar un movimiento bidireccional debido a que es una caja de cambios secuencial.

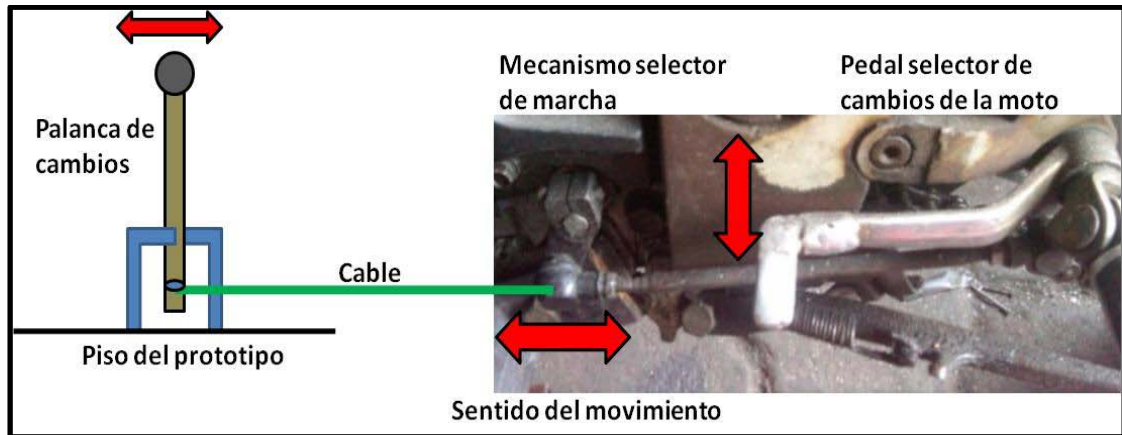


Figura 56: adaptación sistema selector de marchas

5.1.4 Acelerador

Debido a la sencillez del mecanismo del acelerador de la moto, éste será accionado por cable, el mismo que extenderemos desde el manillar de la moto hasta el pedal derecho de la pedalera del prototipo. Sujetándolo por todo su largo en el piso del vehículo.



Figura 57: pedalera: embrague - freno - acelerador

5.2 ADAPTACIÓN DE MECANISMOS EXTERNOS DE LA MOTO

Debido a que al empezar el proyecto, contamos con una moto de pista, y no tenemos una parte delantera que aporte con mecanismos para la construcción del prototipo, por lo que tuvimos que adaptar de la mejor manera, mecanismos como: suspensión delantera, dirección, frenos y un tablero de instrumentos que nos indique los parámetros de funcionamiento de nuestro vehículo.



Figura 58: mecanismos externos de la moto

Así, basándonos en los criterios expuestos en el capítulo 3, decidimos usar el tren delantero de un Volkswagen escarabajo 1972, con todos sus componentes completos, los mismos que son:



Figura 59: tren delantero VW escarabajo

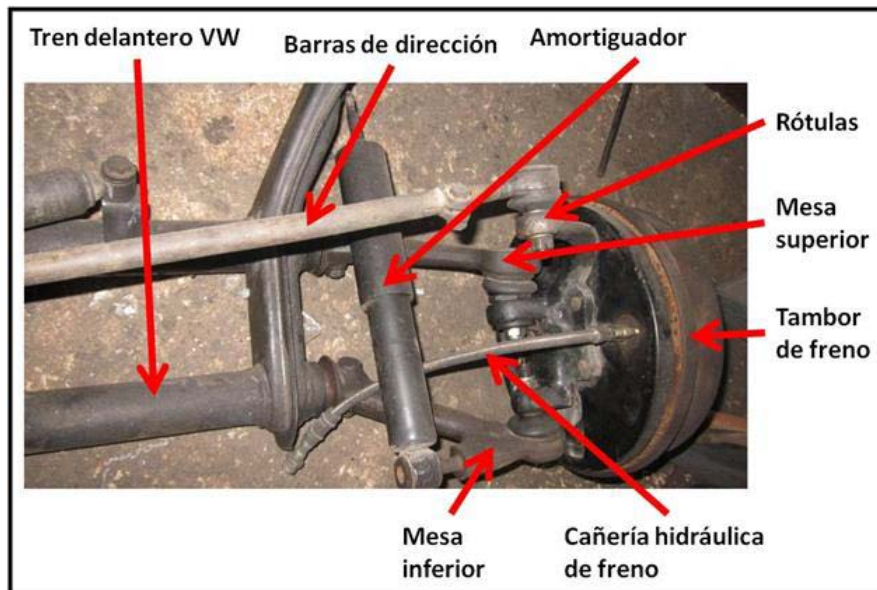


Figura 60: suspensión, dirección y freno delantero

5.2.1 Suspensión delantera

Esta suspensión es de tipo Independiente, con 2 brazos de torsión en cada lado, conectados por dos barras de torsión transversales. Dichas barras son laminadas de secciones cuadradas que accionan en tubos de eje, y el tipo de amortiguadores son amortiguadores telescópicos de doble acción.



Figura 61: suspensión prototipo

5.2.2 Dirección

La dirección del Volkswagen escarabajo es una dirección simple que consta de volante, columna de dirección, caja de la dirección con tornillo sin fin y brazos o barras de dirección.



Figura 62: mecanismo de dirección completo

5.2.3 Frenos delanteros

En este caso nuestro prototipo cuenta con sistema hidráulico de frenos, proveniente del Volkswagen escarabajo, el mismo que consta de una bomba hidráulica, cañerías de alta presión, pistones, zapatas y tambores, los cuales van sujetos a los aros y reciben la fuerza del frenado por medio de la fricción entre dichos tambores y las zapatas.



Figura 63: tambor - cañerías de freno

En el interior del tambor de freno del Volkswagen escarabajo, tenemos los siguientes componentes.



Figura 64: interior del tambor de freno

5.2.4 Tablero de instrumentos

Como cualquier vehículo urbano, nuestro prototipo cuenta con un tablero completo de instrumentos que nos dé los parámetros de manejo, velocidad del vehículo y revoluciones del motor, y que nos indique las condiciones de temperatura del agua y presión de aceite del motor. Así como el voltaje o carga de la batería.



Figura 65: velocímetro y tacómetro

5.2.5 Implementos:

En el mercado ecuatoriano existe gran cantidad y variedad de locales comerciales enfocados a la personalización de vehículos, en donde se pueden encontrar todo tipo de accesorios, tanto eléctricos, como mecánicos; es allí donde pudimos conseguir algunos instrumentos del tablero, luces de freno, faros delanteros, direccionales, espejos retrovisores.



Figura 66: faros, luces, direccionales

De esta manera hemos conseguido adaptar los mecanismos propios de la moto e instalar mecanismos ajenos a la misma, que nos permitirán conducir nuestro prototipo sin ningún inconveniente, y con todos los sistemas necesarios.

CAPITULO 6: DATOS FINALES DE PROTOTIPO

6.1 RADIO DE GIRO

El “**radio de giro**” es la distancia que necesita un vehículo (desde el centro de la curva) para cambiar de dirección completamente, es decir dar la vuelta en U o manejarlo en círculos. Todo vehículo tiene un radio de giro diferente debido a que éste viene en función de la distancia entre ejes (batalla) y de la distancia que existe entre sus llantas delanteras (vía). Sin embargo un cálculo muy aproximado dice que el radio de giro será 2 veces mayor que la distancia entre ejes.

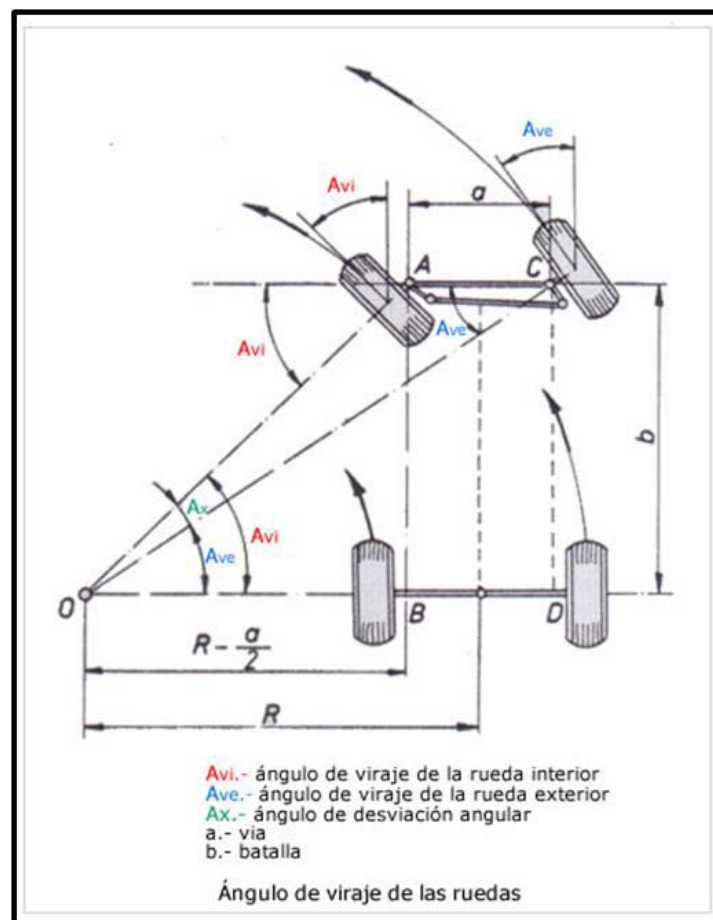


Figura 67: Ángulo de la dirección

Fuente: <http://www.autoescuela.tv/blog/img/radio-giro.jpg>

6.1.1 Radio de giro del prototipo

En este caso el sistema de dirección de nuestro prototipo proviene de un Volkswagen escarabajo 1964. Teniendo una distancia entre neumáticos de 1.35 metros y una distancia entre ejes de 2,97 meros. Obteniendo el siguiente gráfico.

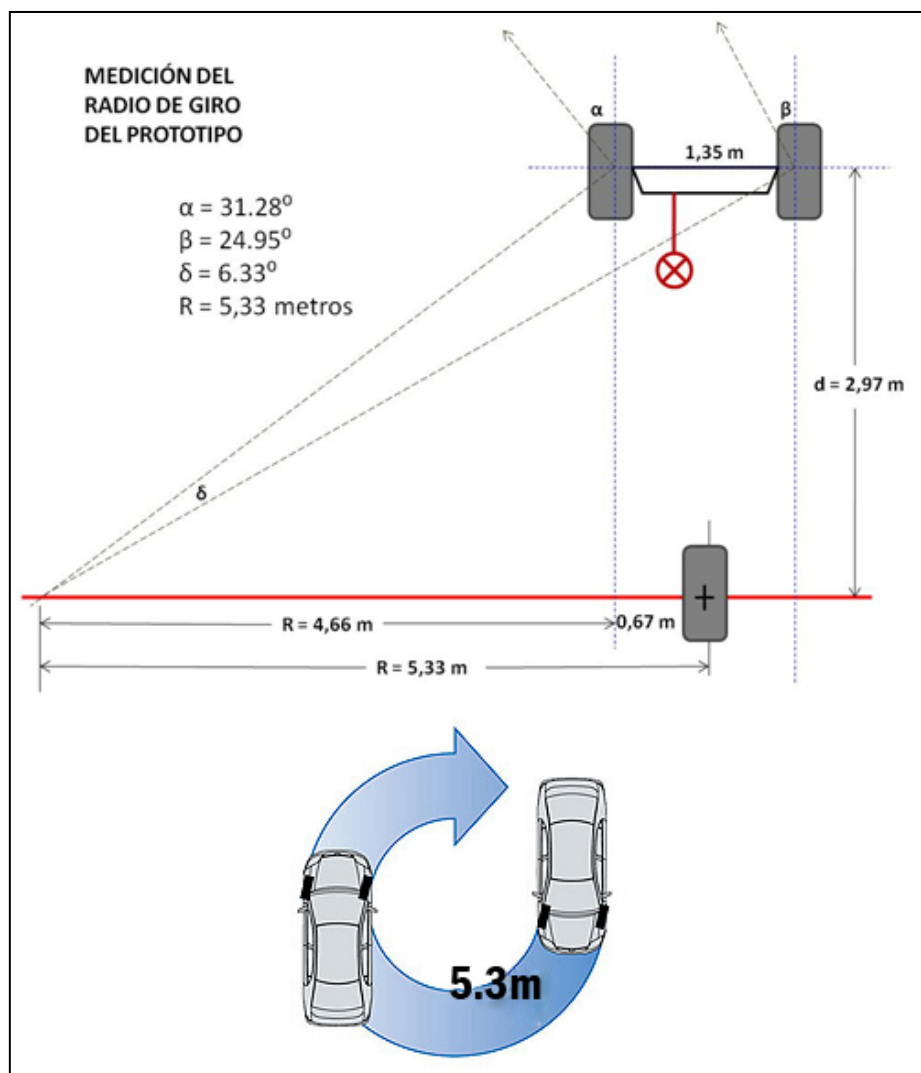


Figura 68: Ángulos de dirección y radio de giro del prototipo
Elaborado por: Javier López y Patricio Maya.

6.2 DISTRIBUCIÓN DE LOS PESOS DEL PROTOTIPO

El prototipo tiene un peso de 385 kg aproximadamente, peso que debe ser repartido entre sus tres únicos neumáticos. De tal forma que la resultante fuerza F que se opone a dicho peso y que es generada por la suspensión de cada llanta es:

$$W = \text{Peso total del prototipo} = 385 \text{ kg}$$

$$\Sigma f = 0$$

$$W - F_a - F_b - F_c = 0$$

$$W = F_a + F_b + F_c$$

$$F_a = 180 \text{ kg} \quad F_b = 100 \text{ kg} \quad F_c = 105 \text{ Kg}$$

$$\% \text{ Peso trasero} = \frac{180 \text{ kg}}{385 \text{ kg}} = 46,75\%$$

$$\% \text{ Peso delantero} = \frac{205 \text{ kg}}{385 \text{ kg}} = 53,25\%$$

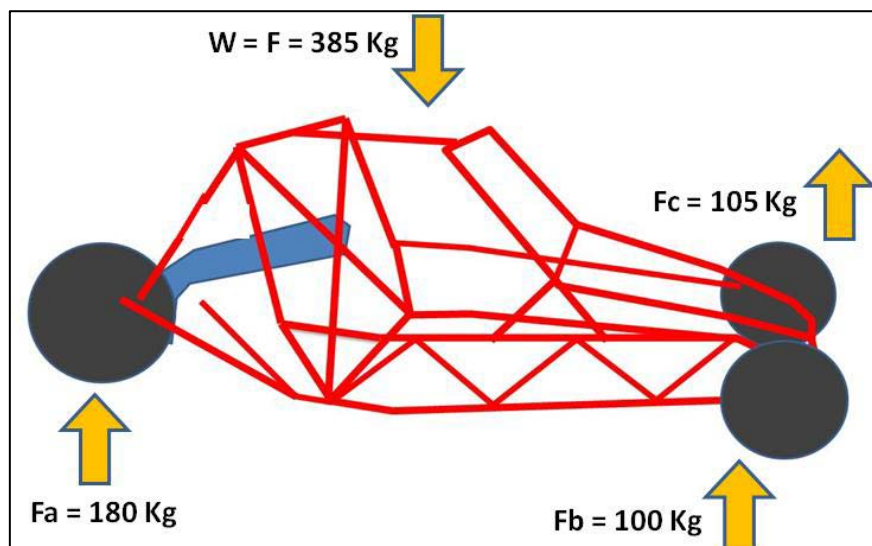


Figura 69: Distribución de pesos del prototipo
Elaborado por: Javier López y Patricio Maya.

6.3 CENTRO DE GRAVEDAD

El centro de gravedad o centro de masa es un punto del espacio, desde el cual se podría suspender un vehículo, y éste mantendría el equilibrio. El auto ideal sería el que posea el centro de gravedad (tanto lateral como vertical) completamente centrado, es decir en el medio del vehículo. Mientras más alto tenemos el centro de gravedad, mayor será transferencia del peso (carga vertical) que experimenta el auto. Para comprender de mejor manera este concepto, imaginemos un Go-Kart, donde el centro de gravedad está muy al medio y es bastante bajo con respecto al piso, lo que se traduce en mayor estabilidad; por otro lado imaginemos una Van o un Jeep, donde el centro de gravedad es mucho más alto y son vehículos muy inestables.

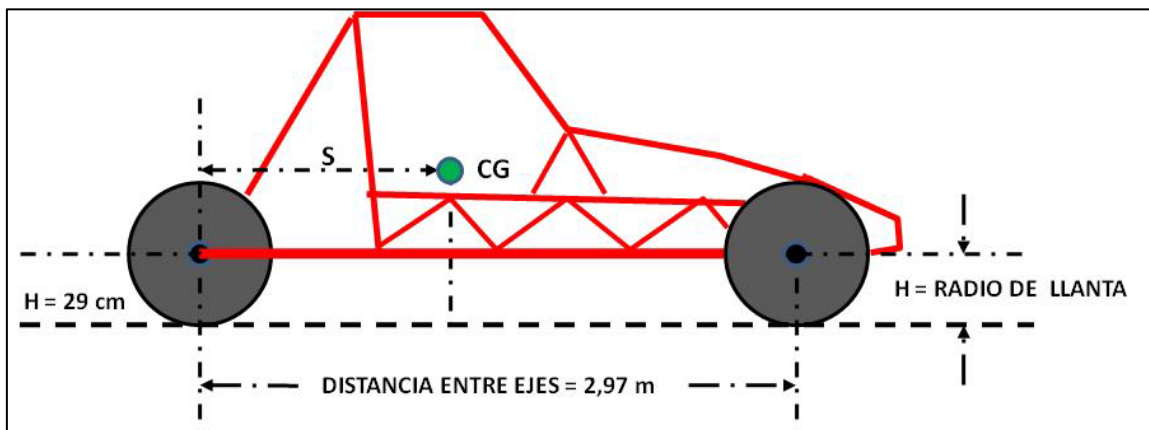


Figura 70: Centro de gravedad pesado sobre la horizontal
Elaborado por: Javier López y Patricio Maya.

En donde “S” es la distancia al centro de gravedad, pesando el vehículo sobre un plano horizontal. Y se calcula de la siguiente manera:

$S = \text{distancia entre ejes} \times \text{porcentaje del peso del eje delantero}$

$S = 2,97 \text{ metros} \times 0,5325$

$S = 1,58 \text{ m}$

6.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE OTROS VEHÍCULOS DE TRES RUEDAS

Con el propósito de sustentar de una mejor manera el desarrollo del proyecto, a continuación se presenta 4 vehículos de similares características, y se analiza sus rendimientos, peso, medidas, cilindradas de los motores, relación peso / potencia, entre otros, y se los comparan con el prototipo desarrollado por nosotros. (Anexo 6).

CAPITULO 7: ANALISIS ECONOMICO

En lo referente al costo del prototipo, este está dentro de los rangos considerados al inicio de la investigación como razonables. Casi todo el costo del prototipo está concentrado tanto en la moto que se usó tanto como en la fabricación del chasis. Todos los acabados adicionales apenas suman 24,93% del costo final. Cabe resaltar que la totalidad del proyecto fue financiado por los autores.

Tabla 16. Costos del Proyecto

ITEM	COSTO (usd)
Moto Kawasaki ZX9 1994	2.000,00
Fabricación del chasis multitubular (material y mano de obra)	2.500,00
Asientos / tapicero	220,00
Tren delantero VW	250,00
Llantas delanteras	40,00
Sistema de pedalera	25,00
Kit de luces (faros, direccionales, stop)	35,00
Materiales eléctricos	85,00
Gasolina	20,00
Papelería	30,00
Volante	35,00
Cable selector de marchas	105,00
Capot	50,00
Piezas en fibra de vidrio	200,00
Pintura total	300,00
Gastos varios	100,00
TOTAL	5.995,00

Elaborado por: Javier López y Patricio Maya.

CAPITULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- Con el desarrollo de este proyecto, aprendimos el proceso de fabricación de un chasis tubular, de similares características al que tienen los buggys y prototipos.
- Diseñamos un vehículo de apariencia deportiva, sin puertas ni ventanas, con el propósito de disfrutarlo en días soleados y captar la atención e interés de las personas que lo observan.
- Logramos adaptar de una manera precisa y confiable todos los mecanismos de conducción de una motocicleta, para obtener un tipo de manejo similar al de un automóvil convencional, es decir con pedales, volante, palanca de cambios.
- Cambiamos el concepto de una moto de pista de un solo pasajero a un vehículo cabinado biplaza, sin embargo mantuvimos la inevitable sensación de sentir el viento en nuestro rostro al conducir el prototipo sin parabrisas ni puertas laterales.

- Hicimos un recorrido por varios talleres y mecánicas de autos y de motos, en la ciudad de Quito, que nos permitió empaparnos un poco más del mundo tuerca a nivel local, y aprender a analizar y escoger, con un mejor criterio, la mejor opción de lo que estamos buscando.
- Vimos la sencillez y utilidad que puede brindar un elemento de casi 40 años de existencia, sin perder sus propiedades, aportando con un completo sistema de mecanismos, muy importante para el desarrollo de nuestro proyecto, como es el tren delantero del Volkswagen escarabajo.
- Pudimos darnos cuenta que cuando se trata de desarrollar, crear, innovar, adaptar, poner, quitar, construir o fabricar, cualquier proyecto que queramos hacer, no existe limitación alguna, podemos llegar tan lejos como nuestra propia imaginación, ingenio, criterio e inventiva nos lo permita.

8.2 RECOMENDACIONES

- Una de las principales recomendaciones al construir un vehículo a raíz de un chasis tubular es que siempre debemos realizar un proceso de pre-soldado, solo con pequeños puntos de suelda, hasta que éste esté completamente terminado y todas las dimensiones y especificaciones de los constructores estén correctas, así podremos separar con facilidad en caso de que algo no cuadre bien.
- Debemos escoger un motor con una cilindrada un poco alta, para garantizar que la relación peso / potencia no disminuya tanto al incrementar el peso del vehículo, y éste no tenga problemas de arranque o no se desplace con agilidad.
- Recomendamos el diseño e implementación del sistema de retro del nuestro vehículo, el mismo que no dispone por ser construido a partir de una moto de pista; consideramos que sería un excelente tema de investigación y desarrollo para futuras tesis de grado.
- Siempre que pensemos en desarrollar un nuevo proyecto, debemos cerciorarnos bien de que todos los elementos que necesitamos para su construcción, sean elementos de fácil acceso, valorando criterios de disponibilidad y costos.

BIBLIOGRAFÍA

1. J.M. ALONSO, "Técnicas del automóvil" Motores, 10ma Edición. Editorial Thomson Paraninfo, España, 2002. Páginas: 52, 53, 54.
2. Mott, R.L. Diseño de elementos de Máquinas, Segunda edición, México; Hispanoamérica. Páginas 115, 116, 117, 138,139,140, 275, 276.
3. J.M. ALONSO, "Técnicas del automóvil" Chasis, 7ma Edición. Editorial Thomson Paraninfo, España, 2001. Páginas: 18, 19.
4. "Manual del automóvil". Tomo IV. Reparación y mantenimiento: suspensión. Editorial CULTURAL S.A. Madrid, España, 2004. Páginas: 910, 911, 912.
5. Ojeda Villacís, Villota Zambrano, "Diseño y construcción de un Cross-Car". Quito, Ecuador, 2010. Páginas: 26, 62.
6. Cisneros Mendoza, Córdova Reyes, "Construcción de un vehículo tubular, cumpliendo las especificaciones técnicas de la FAU en la ciudad de Quito". Quito-Ecuador.
7. <http://es.scribd.com/doc/24572077/Kawasaki-ZX-9R-ZX900-B1-4-94-a-97-Service-Manual>
8. <http://es.scribd.com/doc/20314825/Diseno-y-tipos-de-chasis>
9. <http://www.ipac-acero.com/ipac/tben003.html>
10. <http://plazanorte.wordpress.com/2011/11/09/autos-de-tres-ruedas/>

ANEXOS

ANEXO 1: AFICHE DE DATOS TÉCNICOS CHEVROLET SPARK

ANEXO 2: PRIMEROS PLANOS DEL CHASIS DEL PROTOTIPO

ANEXO 3: PRIMEROS PLANOS DIBUJADOS EN AUTOCAD

ANEXO 4: DISEÑO TRIDIMENSIONAL (LAMINAS 5 6 7)

ANEXO 5: DIAGRAMA ELECTRICO DEL PROTOTIPO

ANEXO 6: CUADRO COMPARATIVO ENTRE 3 VEHÍCULOS DE SIMILARES
CARACTERÍSTICAS VS EL PROTOTIPO CONSTRUIDO