



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

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

AUTOR: DE LA CRUZ LAICA JORGE REYNALDO

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS
DE DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN, FRENOS Y PLEGADO, EN
UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE.”**

DIRECTOR: ING. DANILO ZAMBRANO

CODIRECTOR: ING. MAURICIO CRUZ

LATACUNGA, AGOSTO 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
CERTIFICADO

ING. DANILO ZAMBRANO (DIRECTOR)

ING. MAURICIO CRUZ (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN, FRENOS Y PLEGADO, EN UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE**”, realizado por *Jorge Reynaldo De La Cruz Laica*, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con normas y estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que contribuirá a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional de nuestros alumnos, si se recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a **JORGE REYNALDO DE LA CRUZ LAICA** que lo entregue al **ING. JUAN CASTRO**, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, agosto del 2014.

Ing. Danilo Zambrano

DIRECTOR

Ing. Mauricio Cruz

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS – ESPE

EXTENSIÓN LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo: Jorge Reynaldo De La Cruz Laica

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN, FRENOS Y PLEGADO, EN UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE”**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, agosto del 2014

Jorge Reynaldo De La Cruz Laica

C.C. 050340116-8

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

EXTENSIÓN LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo: Jorge Reynaldo De La Cruz Laica

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN, FRENOS Y PLEGADO, EN UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE**”, cuyo contenido, ideas y criterio son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, agosto del 2014

Jorge Reynaldo De La Cruz Laica

C.C. 050340116-8

DEDICATORIA

La culminación de mi carrera demuestra el sacrificio y la perseverancia con la que la he llevado, así como el apoyo incondicional de personas buenas y amables que han estado durante mi formación y a lo largo de mi vida, por esta razón dedico, especialmente:

A Dios y a la Virgen Santísima del Cisne por concederme la oportunidad de vivir, guiarme por el buen camino, darme fortaleza para saber afrontar toda adversidad y sobre todo por regalarme una familia maravillosa.

A ti madre Elsa, por tu infinito amor a quien siempre admiro por la forma de afrontar la vida, pues hiciste todo el sacrificio para que yo pudiera cumplir mi sueño.

A ti padre Ernesto por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba.

A ti Mónica que con tu paciencia, comprensión, y cariño me inspiraste a ser mejor para ti.

A ti hijo mío Matías Alejandro que llegaste a mi vida para iluminar mi sendero y de esta manera llenarla de mucha alegría.

A ustedes hermanos Richard y Estalín por ser la motivación a ser cada día mejor y de esta manera ejemplificar sus vidas.

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”. Thomas Chalmers

Jorge R. De la cruz L.

AGRADECIMIENTO

Expreso un infinito agradecimiento a Dios por protegerme y guiarme durante toda mi vida y etapa de formación, por darme fuerzas para enfrentar obstáculos y adversidades presentadas en el trayecto de mi vida.

A la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE por darme la oportunidad de cumplir mis sueños y ser un profesional, a todos los catedráticos que de una u otra manera aportaron en mi formación académica.

A mis padres que con su apoyo incondicional y esmerado fueron el pilar fundamental para cumplir esta etapa de mi vida, ya que sin ellos nada de esto podría ser.

A mis compañeros de promoción por su valiosa amistad y como no a mis compañeros de tesis John Tutillo Y Xavier Arias porque cada uno con sus valiosas aportaciones hicieron posible este proyecto y por la gran calidad humana que me han demostrado con su amistad.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

Jorge R. De la cruz L.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	I
CERTIFICADO.....	II
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	III
AUTORIZACIÓN.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE ECUACIONES	XVIII
RESUMEN.....	XX
ABSTRACT	XXI
CAPÍTULO 1	1
1 GENERALIDADES.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	2
1.4 OBJETIVOS	3
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.5 ÁREA DE INFLUENCIA	4
CAPÍTULO 2.....	5
2 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 INTRODUCCIÓN	5
2.1.1 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	5
2.1.2 HISTORIA DE LAS MOTOS ELÉCTRICAS	6
2.2 SISTEMA DE DIRECCIÓN	7
2.2.1 PARTES DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN	8
2.2.2 TIPOS DE SISTEMAS DE DIRECCIÓN	10
a. Sistema Hossack.....	10

b.	Sistema RADD	10
c.	Sistema Elf Honda.....	11
d.	Sistema Telelever / Duolever BMW.....	11
e.	Sistema Yamaha GTS 1000.....	11
f.	Sistema Yamaha CX125	12
g.	Bimota Tesi 1D.....	12
2.2.3	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN	13
2.3	SISTEMA DE SUSPENSIÓN	14
2.3.1	OSCILACIONES EN UNA MOTOCICLETA	14
2.3.2	PARTES DEL SISTEMA DE LA SUSPENSIÓN	16
2.3.3	ESTUDIO DE LOS ÓRGANOS CONSTRUCTIVOS.....	17
a.	Resortes o muelles.....	17
b.	Amortiguadores	18
2.3.4	TIPOS DE SUSPENSIÓN	19
a.	Suspensión delantera.....	19
b.	Suspensión trasera	23
c.	Tipos de basculante	26
2.4	SISTEMA DE FRENOS.....	28
2.4.1	PRINCIPIO DE FRENADO	28
a.	Ley de Pascal.....	29
b.	Fricción.....	29
2.4.2	PARTES DEL SISTEMA DE FRENOS	31
2.4.3	TIPOS DE SISTEMAS DE FRENOS.....	31
a.	Frenos mecánicos	31
b.	Frenos hidráulicos	32
c.	Frenos de disco.....	33
d.	Frenos de tambor	33
e.	Frenos ABS	34
2.5	SISTEMA DE PLEGADO	35
2.5.1	MISIÓN DEL PLEGADO EN LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA.....	35
2.5.2	DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS EN LA MOTOCICLETA	35
2.5.3	ESTUDIO DE LOS ÓRGANOS CONSTRUCTIVOS.....	36

a.	Sensores	36
b.	Unidad de control	37
c.	Actuadores	39
	CAPÍTULO 3	41
3	DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LOS SISTEMAS	41
3.1	MÓDULOS DE SIMULACIÓN	41
3.1.1	STATIC STRUCTURAL	41
3.1.2	TRANSIENT STRUCTURAL	41
3.2	TEORÍAS ESTÁTICAS.....	41
3.2.1	ESFUERZO.....	41
3.2.2	TENSIÓN DE VON MISES	42
3.2.3	DEFORMACIÓN	43
3.2.4	ENERGÍA DE DEFORMACIÓN	43
3.3	TEORÍAS DINÁMICAS.....	44
3.3.1	FACTOR DE SEGURIDAD	44
3.4	DISEÑO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	45
3.4.1	PARÁMETROS DE DISEÑO	46
3.4.2	SELECCIÓN DEL SISTEMA.....	47
3.4.3	MODELACIÓN DEL SISTEMA	47
3.4.4	SIMULACIÓN CAD-CAE DEL SISTEMA	48
a.	Análisis de la tija superior.....	48
b.	Análisis de la tija Inferior.....	51
3.5	DISEÑO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN	53
3.5.1	PARÁMETROS DE DISEÑO	54
3.5.2	SUSPENSIÓN DELANTERA	55
a.	Cálculo del resorte	57
b.	Simulación de la suspensión delantera.....	64
3.5.3	SUSPENSIÓN TRASERA.....	67
a.	Análisis de la suspensión con carga mínima.....	68
b.	Análisis de la suspensión con carga máxima de trabajo	69
c.	Simulación del basculante.....	70
3.6	DISEÑO DEL SISTEMA DE FRENOS	83

	x
3.6.1 CÁLCULO DEL FRENO DE DISCO DELANTERO.....	84
3.6.2 CÁLCULO DEL FRENO DE TAMBOR TRASERO	87
3.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE PLEGADO.....	91
3.7.1 DISEÑO Y REQUERIMIENTOS	91
3.7.2 DISEÑO CONCEPTUAL.....	92
3.7.3 SELECCIÓN DE ELEMENTOS	93
a. Medio de elevación	93
b. Medio de activación.....	94
c. Medio de ejecución	94
d. Medio de control.....	95
e. Medio de conexión	97
3.7.4 SIMULACIÓN DEL MECANISMO.....	100
CAPÍTULO 4.....	104
4 DESARROLLO DE LA MOTOCICLETA PLEGABLE.....	104
4.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO (FLOW SHEET)	104
4.2 DISEÑO DE PROCESOS	105
4.3 ENSAMBLE DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	106
4.3.1 PROCESO DE ENSAMBLAJE DEL SISTEMA.....	106
4.4 ENSAMBLE DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN.....	107
4.4.1 PROCESO DE ENSAMBLAJE DEL SISTEMA.....	108
a. Suspensión delantera.....	108
b. Suspensión trasera	108
4.5 ENSAMBLE DEL SISTEMA DE FRENOS	112
4.5.1 PROCESO DE ENSAMBLAJE DEL SISTEMA.....	112
4.6 ENSAMBLE DEL SISTEMA DE PLEGADO.....	114
4.6.1 PROCESO DE ENSAMBLAJE DEL SISTEMA.....	114
CAPÍTULO 5.....	120
5 PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	120
5.1 MODO DE FUNCIONAMIENTO	120
5.1.1 SISTEMA ELÉCTRICO.....	121
5.1.2 SISTEMA PLEGABLE.....	122
5.2 PRUEBAS.....	124

	xi
5.2.1 EN ESTADO ESTÁTICO.....	124
a. Carrocería y chasis	124
b. Tren motriz	125
c. Sistema de freno, suspensión, dirección y plegado	126
5.2.2 EN RUTA PARA EL SISTEMA DE TRACCIÓN	127
a. Autonomía	127
b. Velocidad.....	133
5.3 COMPARACIÓN MOTOCICLETA ELÉCTRICA – GASOLINA	134
5.3.1 CONSUMO DE ENERGÍA	134
5.3.2 IMPACTO AMBIENTAL.....	136
5.4 INTERPRETACIÓN Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS	137
CAPÍTULO 6.....	139
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	139
6.1 CONCLUSIONES	139
6.2 RECOMENDACIONES	140
BIBLIOGRAFÍA.....	142
NETGRAFÍA	144
ANEXOS.....	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Clasificación de los coeficientes de fricción	30
Tabla 2-2 Características de los tipos de actuadores	40
Tabla 3-1 Detalle de fuerzas que actúan sobre la motocicleta.	46
Tabla 3-2 Características del resorte seleccionado	63
Tabla 3-3 Características de la barra seleccionada	66
Tabla 3-4 Características del resorte seleccionado.	70
Tabla 3-5 Datos preliminares	71
Tabla 3-6 Características del disco seleccionado	86
Tabla 3-7 Características del freno de tambor seleccionado	91
Tabla 4-1 Diagrama de procesos de ensamble mecánico	104
Tabla 4-2 Diagrama de proceso eléctrico del plegado.....	105
Tabla 5-1 Parámetros de la motocicleta	125
Tabla 5-2 Parámetros de la motocicleta	127
Tabla 5-3 Comprobación de autonomía en ruta, fase1	129
Tabla 5-4 Comprobación de autonomía ruta, fase2.....	131
Tabla 5-5 Velocidad de la motocicleta en ruta	133
Tabla 5-6 Precios oficiales y octanaje de combustibles.....	135
Tabla 5-7 Precios oficiales kilovatio hora.....	135
Tabla 5-8 Comparación de impacto ambiental.....	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Venta de vehículos de combustión vs eléctricos	6
Figura 2-2 Mecanismo de dirección	8
Figura 2-3 Partes del sistema de dirección	8
Figura 2-4 Partes de la columna de dirección.....	9
Figura 2-5 Manillar de dirección.....	9
Figura 2-6 Sistema Hossack.....	10
Figura 2-7 Sistema RADD en la Yamaha XL 600	10
Figura 2-8 ELF Honda	11
Figura 2-9 Sistema Telelever y Duolever de BMW	11
Figura 2-10 Yamaha GTS 1000.....	12
Figura 2-11 Yamaha CX125	12
Figura 2-12 Bimota Tesi 1D	13
Figura 2-13 Relación masa - muelle - amortiguador	15
Figura 2-14 Características de amortiguamiento	16
Figura 2-15 Despiece suspensión trasera Honda Motor Company.....	16
Figura 2-16 Horquilla telescópica Harley Davidson Motor Company	17
Figura 2-17 Resortes horquilla telescópica.....	18
Figura 2-18 Partes de un amortiguador de expansión	18
Figura 2-19 Horquilla tipo girder.....	19
Figura 2-20 Brazo de palanca.....	20
Figura 2-21 Cargas estáticas en la horquilla telescópica.....	21
Figura 2-22 Sistema por rueda empujada.....	21
Figura 2-23 Sistema por rueda tirada	22
Figura 2-24 Sistema Hub Centre	22
Figura 2-25 Sistema doble brazo articulado	23
Figura 2-26 Sistema MC Pherson.....	23
Figura 2-27 Sistema plunger.....	24
Figura 2-28 Ducati 100 sport.....	24
Figura 2-29 Sistema mono-shock con amortiguador inclinado	25
Figura 2-30 Suspensión por sistema de bieletas	26

Figura 2-31 Basculante en U kawasaki 1400 GTR	27
Figura 2-32 Basculante Kawasaki zx10-r 2009.....	27
Figura 2-33 Basculante monobrazo BMW	28
Figura 2-34 Ley de pascal	29
Figura 2-35 Disposición del sistema de frenos	31
Figura 2-36 Esquema básico del sistema de freno mecánico.....	32
Figura 2-37 Esquema sistema de frenos hidráulico	32
Figura 2-38 Esquema básico del freno de disco	33
Figura 2-39 Despiece freno de tambor	34
Figura 2-40 Esquema sistema ABS	34
Figura 2-41 Sistema de plegado	35
Figura 2-42 Esquema básico de funcionamiento	36
Figura 2-43 Esquema de un sensor de proximidad	37
Figura 2-44 Partes de una tarjeta Arduino Uno	38
Figura 2-45 Módulos Bluetooth HC05 y HC06	38
Figura 2-46 Actuadores eléctricos DC	39
Figura 3-1 Diagrama de esfuerzos.....	42
Figura 3-2 Esfuerzo vs Deformación.....	44
Figura 3-3 Geometría de la motocicleta	45
Figura 3-4 Fuerzas por frenada	46
Figura 3-5 Modelación del sistema de dirección	47
Figura 3-6 Distribución de cargas sobre la tija superior	48
Figura 3-7 Mallado de la tija superior	48
Figura 3-8 Deformación total de la tija superior	49
Figura 3-9 Límite de elasticidad	49
Figura 3-10 Límite elástico de aleaciones de aluminio	50
Figura 3-11 Factor de seguridad.....	50
Figura 3-12 Fuerzas que actúan sobre la tija.....	51
Figura 3-13 Mallado de la tija inferior	51
Figura 3-14 Deformación total de la tija inferior	52
Figura 3-15 Límite de elasticidad	52
Figura 3-16 Factor de seguridad de la tija inferior.....	53

Figura 3-17 Esfuerzos generados sobre las ruedas.....	53
Figura 3-18 Fuerzas que actúan sobre la rueda delantera	55
Figura 3-19 Razón de deflexión vs longitud libre al diámetro medio	63
Figura 3-20 Esfuerzos que actúan sobre la suspensión delantera	64
Figura 3-21 Mallado del sistema	64
Figura 3-22 Deformación total del sistema	65
Figura 3-23 Límite de elasticidad	65
Figura 3-24 Factor de seguridad.....	66
Figura 3-25 Fuerzas de carga mínima	67
Figura 3-26 Fuerzas de carga máxima	67
Figura 3-27 Distribución de cargas mínimas.....	68
Figura 3-28 Distribución de cargas máximas	69
Figura 3-29 Basculante	72
Figura 3-30 Distribución de esfuerzos sobre la base	72
Figura 3-31 Mallado de la base.....	73
Figura 3-32 Deformación total de la base	73
Figura 3-33 Límite elástico de la base	74
Figura 3-34 Factor de seguridad de la base	74
Figura 3-35 Distribución de esfuerzos en la base del CVT	75
Figura 3-36 Mallado de la base del CVT.....	76
Figura 3-37 Deformación de la base del CVT	76
Figura 3-38 Límite de elasticidad de la base del CVT	77
Figura 3-39 Factor de seguridad de la base del CVT	77
Figura 3-40 Distribución de cargas sobre el soporte.....	78
Figura 3-41 Mallado del soporte	78
Figura 3-42 Deformación total del soporte	79
Figura 3-43 Límite elástico del soporte	79
Figura 3-44 Factor de seguridad del soporte de la rueda	80
Figura 3-45 Distribución de cargas sobre el soporte del basculante.....	80
Figura 3-46 Mallado del soporte del basculante	81
Figura 3-47 Deformación total del soporte del basculante	81
Figura 3-48 Límite elástico del soporte del basculante	82

Figura 3-49 Factor de seguridad del soporte del basculante	82
Figura 3-50 Disco de freno	85
Figura 3-51 Frenos de zapatas internas	87
Figura 3-52 Ubicación del medio de elevación	93
Figura 3-53 Ubicación de la pistola eléctrica	94
Figura 3-54 Ubicación del actuador lineal.....	95
Figura 3-55 Simulación del circuito en proteus	96
Figura 3-56 Diagrama de flujo de la programación	98
Figura 3-57 Interfaz principal para la aplicación	99
Figura 3-58 Interfaz para el plegado automático	99
Figura 3-59 Interfaz para el plegado manual	100
Figura 3-60 Momento generado en la bisagra	101
Figura 3-61 Distribución de cargas sobre la bisagra.....	101
Figura 3-62 Mallado de la bisagra.....	102
Figura 3-63 Deformación total de la bisagra	102
Figura 3-64 Límite de elasticidad	103
Figura 3-65 Factor de seguridad de la bisagra	103
Figura 4-1 Ensamble sistema de dirección	106
Figura 4-2 Par de apriete de los pernos.....	107
Figura 4-3 Ensamble culminado	107
Figura 4-4 Ensamble del sistema de suspensión delantera.....	108
Figura 4-5 Construcción de la base del motor	109
Figura 4-6 Soporte de la rueda	109
Figura 4-7 Soporte basculante.....	110
Figura 4-8 Base del CVT	110
Figura 4-9 Amortiguadores	111
Figura 4-10 Basculante.....	111
Figura 4-11 Tren de potencia.....	112
Figura 4-12 Disco de freno	112
Figura 4-13 Mordaza de freno delantero.....	113
Figura 4-14 Sistema de freno de disco sobre la rueda delantera.....	113
Figura 4-15 Sistema de frenos de zapatas	114

Figura 4-16 Tambor a la rueda	114
Figura 4-17 Construcción de la bisagra	115
Figura 4-18 Ubicación de la bisagra en el bastidor	115
Figura 4-19 Ubicación de la gata eléctrica.....	116
Figura 4-20 Ubicación del actuador lineal.....	116
Figura 4-21 Comprobación de la automatización.....	117
Figura 4-22 Imagen 3D del circuito en Ares para la construcción del circuito.	117
Figura 4-23 Fabricación del circuito de control	118
Figura 4-24 Ubicación del circuito sobre la motocicleta	118
Figura 4-25 Propuesta final.....	119
Figura 5-1 Ubicación de los elementos del sistema eléctrico motriz.....	122
Figura 5-2 Interfaz principal APP	122
Figura 5-3 Ubicación de los elementos del plegado	124
Figura 5-4 Longitud de la motocicleta	124
Figura 5-5 Peso de la motocicleta.....	125
Figura 5-6 Sonómetro activado.....	126
Figura 5-7 Ángulo de lanzamiento	126
Figura 5-8 Pruebas en los patios de la institución.....	129
Figura 5-9 Pruebas en la ciudad	130
Figura 5-10 Voltaje vs Tiempo	132
Figura 5-11 Voltaje vs Velocidad	132
Figura 5-12 Pruebas en las calles de Latacunga	133
Figura 5-13 Espacio de aparcamiento en Latacunga.....	136
Figura 5-14 Estacionamiento de la motocicleta	137
Figura 5-15 Protocolo de prueba	138

ÍNDICE DE ECUACIONES

3.1	Ec. Tensión de Von Mises.....	43
3.2	Ec. Energía de distorsión	43
3.3	Ec. Deformación axial	43
3.4	Ec. Fuerza de trabajo mínima	56
3.5	Ec. Fuerza de trabajo máxima.....	56
3.6	Ec. Fuerza máxima de trabajo en función del lanzamiento	56
3.7	Ec. Resultante de la fuerza normal.	56
3.8	Ec. Resultante de la fuerza de fricción	56
3.9	Ec. Constante del resorte	57
3.10	Ec. Diámetro medio de la espira	58
3.11	Ec. Factor cortante directo	58
3.12	Ec. Esfuerzo cortante de la espira.....	59
3.13	Ec. Resistencia máxima a la tensión	59
3.14	Ec. Límite elástico a la torsión.....	59
3.15	Ec. Factor de seguridad contra la fluencia	59
3.16	Ec. Número de espiras del resorte	60
3.17	Ec. Número total de espiras	60
3.18	Ec. Altura cerrada.....	60
3.19	Ec. Deflexión inicial	60
3.20	Ec. Deflexión de golpe	61
3.21	Ec. Longitud libre.....	61
3.22	Ec. Deflexión hasta la altura de cierre.....	61
3.23	Ec. Fuerza para la deflexión.....	61
3.24	Ec. Esfuerzo de altura de cierre	62
3.25	Ec. Factor de seguridad de cierre	62
3.26	Ec. Fuerza normal	68
3.27	Ec. Trabajo mecánico.....	83
3.28	Ec. Cantidad de trabajo absorbido por los frenos.....	83
3.29	Ec. Espacio recorrido por frenada	84
3.30	Ec. Momento de frenado	84
3.31	Ec. Fuerza de aplicación del freno	84
3.32	Ec. Área necesaria para frenada	84

		xix
3.33	Ec. Área del sector menor	86
3.34	Ec. Área del sector mayor	86
3.35	Ec. Momento de frenada	87
3.36	Ec. Presión máxima de la zapata izquierda.....	87
3.37	Ec. Momento de las fuerzas de rozamiento	88
3.38	Ec. Momento de las fuerzas normales	88
3.39	Ec. Momento total de frenada	90
3.40	Ec. Momento existente en la bisagra	100
3.41	Ec. Autonomía de motocicleta.....	128

RESUMEN

El continuo adelanto tecnológico de la sociedad en cuanto a uso de recursos renovables y por ende a la disminución del impacto ambiental, ha motivado a la Ingeniería Automotriz a generar nuevos proyectos en donde se den prioridad al medio ambiente y la utilización de tecnología nueva. El presente proyecto recopila información importante de los sistemas complementarios de la motocicleta eléctrica; así como también el estudio de varios de los elementos que los constituyen. Los sistemas de dirección, suspensión, frenos y plegado son indispensables en todo tipo de vehículo por tal razón la selección de los elementos que los conforman se realiza a partir de parámetros de construcción generados en el diseño del bastidor, de la misma manera la propuesta se da después de un estudio en base a un software CAD-CAE teniendo en cuenta los factores de seguridad establecidos. Los mismos que fueron diseñados en base a estudios previos del comportamiento de los elementos mecánicos, reduciendo de esta manera los tiempos de construcción ya que existe la posibilidad de cambiar las fases de diseño antes de realizar los mecanismos tangibles. Además se toma la iniciativa de automatización de dichos elementos con la utilización de sensores, actuadores, unidad de potencia, un microcontrolador y un Smartphone para su control.

Ingeniería Automotriz / Vehículos Biplaza Ecológicos / Motocicletas Eléctricas – Sistemas Complementarios

ABSTRACT

Continuous technological advancement of society in terms of use of renewable resources and therefore to reduce environmental impact, has motivated the Automotive Engineering to generate new projects where priority is to consider the environment and the use of new technology. This project gathers critical supplementary electric motorcycle; as well as the study of several of the constituent elements. Steering systems, suspension, brakes and folding are essential in all types of vehicle for that reason the selection of the elements that make up is made from construction parameters generated in the design of the frame, just as the proposal given after a study based on a CAD-CAE software considering the safety factors set. They were designed based on previous studies of the behavior of mechanical components, thus reducing construction time as there is the possibility of changing the design phases before tangible mechanisms. Also take the initiative automation of these elements with the use of sensors, actuators, power unit, a microcontroller and a Smartphone for control.

Engineering Automotive / Car Tandem Organic / Motorcycle Electric - Additional Systems

CAPÍTULO 1

1 GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Uno de los problemas más comunes que hoy en día se da en las grandes ciudades ha sido el tráfico vehicular a gran escala en determinadas horas, creando pérdida de tiempo vital en los usuarios de vehículos, además la problemática que asecha la ciudadanía en encontrar puestos de aparcamiento de los vehículos en espacios muy reducidos, ha sido motivo de incentivo para la ingeniería automotriz a generar nuevas ideas innovadoras y creativas de transporte tomando en cuenta los avances tecnológicos y limitantes medioambientales para satisfacer a los beneficiarios.

Propendiendo que en el futuro existan vehículos que logren tiempos eficientes de movilización, obtengan espacios de aparcamiento satisfactorios y a más de eso preserven el medio ambiente evitando el uso de combustibles fósiles y poniendo énfasis en la utilización de energía renovable y limpia.

De esta manera conseguir la satisfacción de las exigencias del medio, teniendo prestaciones óptimas de transporte, evitando el congestionamiento vehicular, y de una u otra manera los usuarios de vehículos satisfagan sus necesidades siempre con seguridad y confort, minimizando los altos gastos económicos de mantenimiento que se producen en la actualidad. Y logrando así una forma de entender la relación entre la ciudad, sus ciudadanos y sus vehículos.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La demanda de vehículos para las ciudades van día a día acrecentándose siendo esto una causa para que el tráfico urbano sea el problema principal de la pérdida de tiempo en la movilización a determinados lugares. Esto ha marcado

verdaderos perjuicios en gran medida a la población por falta de tiempo para realizar determinadas tareas o el hecho de no cumplir con la puntualidad con los lugares de trabajo.

Los lugares de aparcamiento para determinados vehículos dentro de la ciudad de Latacunga han sido totalmente nulos debido a los reducidos y pocos espacios que la ciudad tiene, especialmente en horas pico convirtiéndose en otro problema que hoy en día a traviesa la ciudad, existe un organismo municipal de dicha ciudad llamado SIMTEL que controla tiempos, costos y espacios de estacionamiento pero no han sido lo suficientemente controlados por la demanda en el parque automotor que la ciudad posee. Estas particularidades son entes portadores para cambiar el ritmo de vida de la mayoría de los ciudadanos.

En la actualidad todos estamos involucrados directa o indirectamente con la contaminación ambiental el alto índice de contaminación se ve reflejada en el incremento del parque automotor, el mismo que se encuentra en mal estado por falta de mantenimiento o reparación de sus sistemas, de esta manera emanando mayor cantidad de elementos contaminantes, siendo perjudiciales para la salud, para el deterioro de la edificaciones de la ciudad y daños en el capa de ozono.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Ante los requerimientos actuales de optimización del tiempo de movilización y encontrar un puesto óptimo de aparcamiento dentro de la ciudad de Latacunga conjuntamente con las exigentes normas ambientales, se ve la necesidad de la creación de un vehiculó eléctrico plegable que permita movilizarse sin obstáculos, fácil de parquear y aprovechando las energías limpias y renovables.

Además es necesario tener en cuenta que las vías urbanas de las principales ciudades del Ecuador, se saturan provocando un caos vehicular,

debido al crecimiento del parque automotor y a la falta de espacios para estacionar los vehículos, por lo que la importancia de diseñar una motocicleta eléctrica plegable, el mismo, que permitirá que el vehículo ocupe el menor espacio posible al estacionarse, y dar una solución a este problema en las grandes urbes.

La optimización del tiempo, el caos vehicular, cumplir con las normas medioambientales, y normas de seguridad y confort son factores por los cuales es de mucha importancia diseñar e implementar los sistemas de dirección, suspensión, frenos y plegado en dicha moto eléctrica plegable. La implementación de estos sistemas es imprescindible en cualquier tipo de vehículo y por ende es sumamente importante incorporarlo en la motocicleta eléctrica plegable para cumplir con normas de seguridad y confort que requerirá el usuario.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar los sistemas de dirección, suspensión, frenos y plegado, en una motocicleta eléctrica plegable, para ayudar a la seguridad y confort del ocupante.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el estudio previo de cada uno de los sistemas para la aplicación en la motocicleta eléctrica plegable.
- Diseñar cada uno de los sistemas para la implementación en la motocicleta eléctrica plegable.
- Implementar cada uno de los sistemas en la motocicleta eléctrica plegable para la seguridad y confort del ocupante.

- Desarrollar las pruebas de rodaje de la motocicleta eléctrica plegable con el propósito de asegurarse que cada uno de los sistemas funcionen correctamente.

1.5 ÁREA DE INFLUENCIA

Este proyecto se realizará en la ciudad de Latacunga, el mismo que servirá como complemento de la elaboración de la moto eléctrica plegable utilizando de esta manera a dicho vehículo como transporte en zonas urbanas así como también contribuirá con información técnico-científica para los estudiantes de Ingeniería Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

CAPÍTULO 2

2 MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

Los vehículos eléctricos presentan varias ventajas frente a los vehículos impulsados por energía de combustibles fósiles, entre las ventajas más sobresalientes se pueden destacar que estos vehículos no emanan CO₂ al medio Ambiente otra de las ventajas claras es la oportunidad de utilizar eficientemente energías renovables así como también el costo económico que este presenta por movilidad. De esta manera este tipo de vehículo contribuye eficientemente a la sociedad actual del país y del mundo entero enalteciendo la preservación del medio ambiente que tan afectada se ha visto en los últimos años siendo un problema global para todas las nacionalidades.

Al utilizar energía eléctrica se disminuye la dependencia peligrosa de la utilización del petróleo, ya que como se estipula este oro negro no dura mucho tiempo. Existen varias formas para la obtención de energía eléctrica a partir de gas natural, petróleo, energía solar, eólica, hidráulica, biomasa, geotérmica o nuclear, o una combinación entre ellas. Destacando a las formas de obtención de energía a partir de recursos renovables que en la actualidad son las mejores opciones para la generación de electricidad.

En el Ecuador se están construyendo 8 nuevas estaciones hidroeléctricas pretendiendo que el país sea un potente generador de energía eléctrica para dentro de dos años (2016), con esto se incrementa la viabilidad de construcción de vehículos eléctricos.

2.1.1 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Los vehículos eléctricos convierten del 59 al 62% de la energía eléctrica acumulada en la red para hacer funcionar las ruedas, los vehículos

convencionales de gasolina convierten solo del 17 al 21% de la energía guardada en la gasolina para hacer funcionar las ruedas del automóvil. Los motores eléctricos ofrecen una operación silenciosa, suave y de buen funcionamiento y una mayor aceleración; y requieren menos mantenimiento que los motores de combustión interna.¹

Cabe destacar que ya existen muchas las empresas que se han aventurado a fabricar vehículos eléctricos (véase Figura 2-1), en donde se visualiza como se incrementa la venta de Vehículos Eléctricos y como la curva de ventas de vehículos de combustión tiende a permanecer constante, para el 2030.²

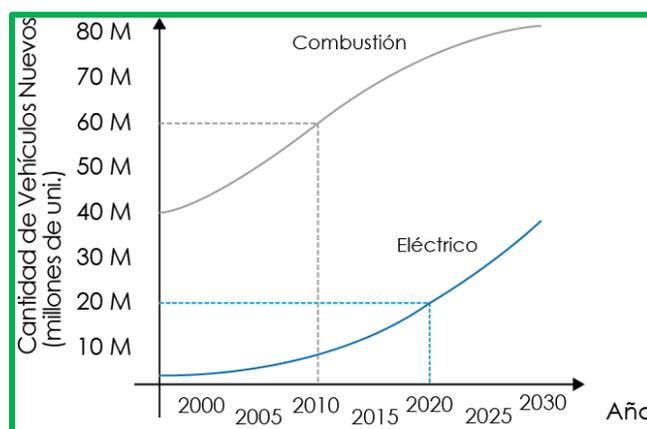


Figura 2-1 Venta de vehículos de combustión vs eléctricos

Fuente: Fuelling Europe's Future

2.1.2 HISTORIA DE LAS MOTOS ELÉCTRICAS

Las motocicletas eléctricas estaban disponibles desde 1911, de acuerdo con la revista "Popular Mechanics", y su artículo explicativo. En el año de 1920, Ransomes, un fabricante actual de carretillas elevadoras, exploró el uso de una

¹ Energy Efficiency & Renewable Energy, Vehículos Todo Eléctrico. <http://www.fueleconomy.gov/feg/esevtech.shtml> [Citado el 20/02/2014]

² Fuelling Europe's Future, sf, Motores de Combustión-Motores Eléctricos. <http://www.fuellingeuropesfuture.eu/es/el-refino-en-europa/economia-del-refino/motores-de-combustion-motores-electricos> [Citado el 20/02/2014]

motocicleta con motor eléctrico. Este y otros acontecimientos ayudaron a pavimentar el camino de la empresa a utilizar los coches eléctricos mineros.³

En 1921, la Empresa de Transmisión Eléctrica Automática de Buffalo, Nueva York, construyó un vehículo llamado Automatic Electric. Este fue un pequeño “dos asientos” con una velocidad máxima de 18 kilómetros por hora y un alcance de 75km por carga. Tenía una distancia de 1651mm entre ejes y pesaba 408kg. Se vendió por 1.200 dólares.

En 1941, el racionamiento de combustible en la Europa ocupada alentó a la empresa austriaca Socovel para crear una motocicleta eléctrica pequeña. Aproximadamente 400 fueron fabricadas. En 1973, Mike Corbin establecer la primera motocicleta eléctrica tierra récord de velocidad de 118km/h. En 1974, Corbin-Gentry, Inc., comenzó la venta motocicletas eléctricas.

A finales del año 1990, Scott Cronk y EMB EMB Lectra creó el VR24 moto eléctrica. Esta máquina fue pionera en el uso de motores de reluctancia variable 2001, “Vogelbilt Corporation” produce el primer prototipo de” Electra Cruiser”, con una velocidad de 95km/h y una aceleración de 80km/h en 6 a 8 segundos. Un motor de 120V y 200W.⁴

En la actualidad se han visto varios modelos consiguiendo mejoramiento en algunos elementos así como en su autonomía, se pretende tomar en cuenta cada uno de estos y de esta manera mejorarlo eficientemente.

2.2 SISTEMA DE DIRECCIÓN

El sistema de dirección tiene la función de direccionar el vehículo al querer del conductor, el sistema dirección como en todo transporte es un sistema indispensable ya que es de suma importancia para poder maniobrar el vehículo.

³Piccardo, José 2012.Vehículo Eléctrico de Producción Nacional. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Industrial. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo. Buenos Aires, Argentina

⁴ Some EV History - Page A, Items of Historical Interest in the Development and commercialization of EVs. <http://www.electrifyingtimes.com/bill.html> [Citado el 10/03/2014]

Para el caso de las motocicletas no es la excepción, con un sistema diferente pero de funcionalidad igual a todo tipo de sistema de dirección.

Todo tipo de bastidor tiene un medio de soporte de la rueda delantera que permite que ésta pivote transversalmente, en donde justamente va montado todos los elementos del sistema.

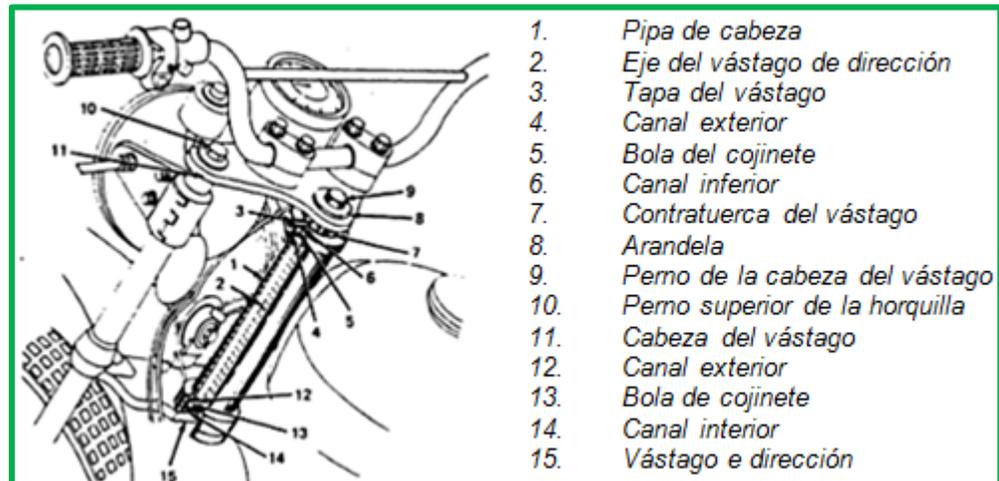


Figura 2-2 Mecanismo de dirección

Fuente: *Mecánica de la motocicleta*, William H. Crouse, Donald L. Anglin

2.2.1 PARTES DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

Los elementos principales que conforman el sistema de dirección son:

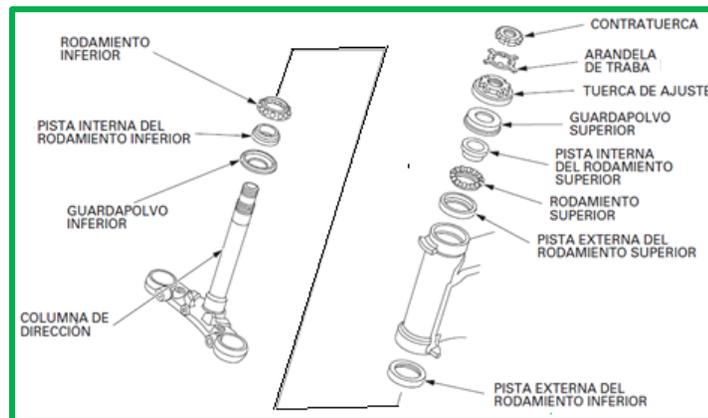


Figura 2-3 Partes del sistema de dirección

Fuente: *Manual De Mantenimiento Honda CBF 250*

La columna de dirección es el elemento principal del sistema ya que van alojados todos los elementos como: timón o manillar, rodamientos, guardapolvos, las barras telescópicas de la suspensión estos a su vez soportan la rueda delantera y partes del sistema de frenos, etc. La columna de dirección conecta directamente con el pivote del bastidor formando un solo cuerpo, en donde este bascula para darle sentido de giro a la rueda delantera.

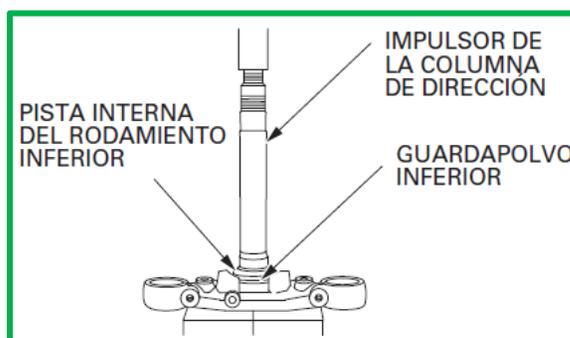


Figura 2-4 Partes de la columna de dirección

Fuente: Manual De Mantenimiento Honda CBF 250

El timón o manillar es indispensable para este tipo de vehículos, se lo puede comparar con un volante ya que cumple con la misma función que es la de permitir al conductor establecer contacto directo con la rueda y así maniobrar según los requerimientos necesarios del piloto. El modelo del manillar varía de acuerdo al tipo de motocicleta.



Figura 2-5 Manillar de dirección

Fuente: Día A Día Recuperado en: <http://www.diaadia.com.ar/tu-dia/tu-moto/traba-manubrio-evita-robos>

2.2.2 TIPOS DE SISTEMAS DE DIRECCIÓN SEGÚN CONFIGURACIÓN DE LA SUSPENSIÓN DELANTERA

a. Sistema Hossack

Sistema basado en dos triángulos que con el correspondiente amortiguador conforman el sistema universalmente utilizado en la F1.



Figura 2-6 Sistema Hossack

Fuente: la Moto2 Recuperado en: <http://www.lamoto2.es/>

b. Sistema RADD

Este sistema consiste en colocar a la rueda delantera sobre un mono basculante con amortiguador, haciéndose cargo de la dirección un mono brazo independiente.



Figura 2-7 Sistema RADD en la Yamaha XL 600

Fuente: Barlovento Recuperado en: <http://motosbarlovento.com/>

c. Sistema Elf Honda

Combina el mono brazo de Yamaha con un amortiguador central situado sobre la columna de dirección.



Figura 2-8 ELF Honda

Fuente: Barlovento Recuperado en: <http://motosbarlovento.com/>

d. Sistema Telelever / Duolever BMW

Se basa en utilizar la horquilla telescópica para guiar la rueda delantera, la suspensión y la amortiguación corre por cuenta de un conjunto central, que integra el muelle helicoidal de suspensión y el amortiguador que va montado entre el trapecio oscilante y el bastidor.



Figura 2-9 Sistema Telelever y Duolever de BMW

Fuente: Wikilson Recuperado en: <http://www.vivetumoto.com/>

e. Sistema Yamaha GTS 1000

Dispone de un mono brazo para direccionar la rueda y un mono basculante anclado directamente al bastidor muy parecido al sistema RADD.



Figura 2-10 Yamaha GTS 1000

*Fuente: Motos y Ultraligeros Recuperado en:
<http://www.motosultraligeros.com/>*

f. Sistema Yamaha CX125

Modelo que se asemeja a los trenes de aterrizaje de los aviones, con un amortiguador encima del mono brazo delantero.



Figura 2-11 Yamaha CX125

Fuente: Barlovento Recuperado en: <http://motosbarlovento.com/>

g. Bimota Tesi 1D

Dispone de basculante delantero con amortiguador y con el sistema de dirección a base de reenvíos por barras de control.



Figura 2-12 Bimota Tesi 1D

Fuente: Motocicletas: Comportamiento Dinámico y Diseño de Chasis. Tony Foale

2.2.3 CARACTERÍSTICAS QUE DEBE REUNIR TODO SISTEMA DE DIRECCIÓN

De este sistema depende la seguridad de las personas; deben proporcionar también seguridad y comodidad necesaria en la conducción.

- **Seguridad:** depende de la fiabilidad del mecanismo y de la calidad de los materiales empleados.
- **Suavidad:** se consigue con un montaje preciso, una desmultiplicación adecuada y un perfecto engrase.
- **Precisión:** se consigue haciendo que la dirección no sea muy dura ni muy suave. Si la dirección es muy dura por un excesivo ataque (mal reglaje) o pequeña desmultiplicación (inadecuada), la conducción se hace fatigosa e imprecisa; por el contrario, si es muy suave, por causa de una desmultiplicación grande, el conductor no siente la dirección y el vehículo sigue una trayectoria imprecisa.
- **Irreversibilidad:** consiste en que el volante debe mandar el giro a las ruedas pero, por el contrario, las oscilaciones que toman estas, debido a las incidencias del terreno, no deben ser transmitidas al volante.⁵

⁵ AFICIONADOS A LA MECÁNICA. Sistema de Dirección.
<http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion.htm>: [Citado el 15/03/2014]

2.3 SISTEMA DE SUSPENSIÓN

El sistema de suspensión tiene como objetivo principal absorber las vibraciones originadas por las irregularidades del suelo, mejorando el confort del piloto y a su vez la estabilidad de la motocicleta, la suspensión ayuda a mantener las ruedas un contacto íntimo con el suelo para conseguir un control y un máximo agarre con la carretera.

Las principales funciones del sistema de suspensión son:

- Reducción de fuerzas producidas por el estado del terreno
- Control en la dirección de la motocicleta
- Mantener en contacto las ruedas con el suelo
- Mantener las ruedas correctamente alineadas
- Mantener la altura óptima de la motocicleta

2.3.1 OSCILACIONES QUE SE PRESENTAN EN UNA MOTOCICLETA

En la siguiente gráfica se muestra una relación de un sistema masa – muelle – amortiguador ante una oscilación forzada, equivalente al movimiento vertical de una moto en función de la variación de altura de la superficie de la carretera. La escala vertical de la gráfica se conoce como factor de transmisión y muestra la amplitud del pico de movimiento de la masa en relación con el movimiento de entrada. Un valor de 1 significa que los dos movimientos son iguales. La escala horizontal es la relación de frecuencias, un valor de 1 indica la resonancia o frecuencia natural, un valor de 2 significa que el movimiento de entrada tiene una frecuencia de 2 veces mayor que la frecuencia natural. Cada curva muestra el efecto de la relación de amortiguación, que es el grado de amortiguación comparado con la amortiguación crítica. Un valor de cero

significa que no hay amortiguación y un valor de 1.0 indica amortiguamiento crítico.⁶

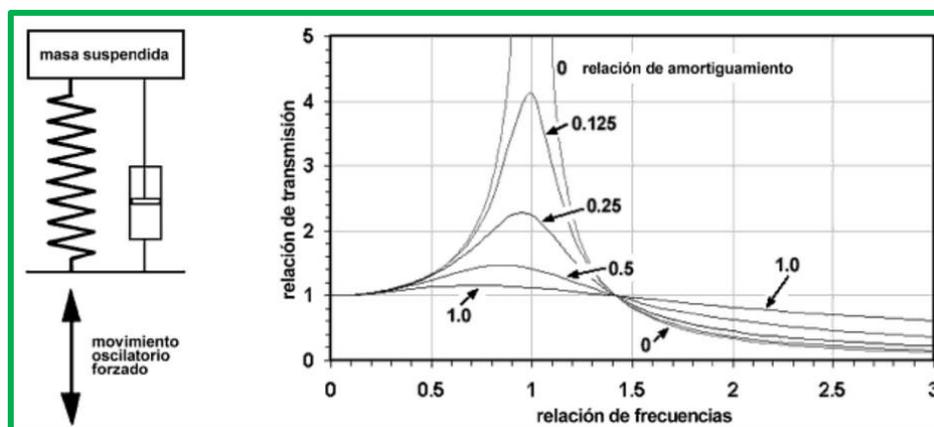


Figura 2-13 Relación masa - muelle - amortiguador

Fuente: Motocicletas: Comportamiento Dinámico y Diseño de Chasis. Tony Foale

A continuación se detallarán características de varios tipos de amortiguamiento:

En la figura 2-14 muestra la curva A un amortiguamiento viscoso, que es directamente proporcional a la velocidad. La curva B muestra un amortiguamiento hidrodinámico que aumenta según la velocidad al cuadrado, destacando la poca amortiguación a baja velocidad y una excesiva resistencia a velocidades altas. La curva C muestra una modificación de amortiguamiento de acuerdo a especificaciones del fabricante considerando la apertura y cierres de válvulas V1, V2 para llegar a una amortiguación ideal.⁷

⁶ Foale T. (2003). *Motocicletas: comportamiento dinámico y diseño de chasis; el arte y la ciencia.*S/Ed.España, Ediciones ISBN.

⁷ Foale T. (2003). *Motocicletas: comportamiento dinámico y diseño de chasis; el arte y la ciencia.*S/Ed.España, Ediciones ISBN.

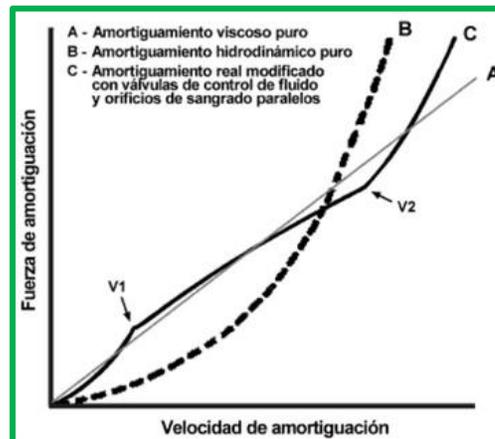


Figura 2-14 Características de amortiguamiento

Fuente: *Motocicletas: Comportamiento Dinámico y Diseño de Chasis*. Tony Foale

2.3.2 PARTES DEL SISTEMA DE LA SUSPENSIÓN

Se presentarán a continuación la disposición de un sistema de suspensión trasera con basculante y de doble amortiguador así como también la suspensión delantera la tradicional horquilla telescópica

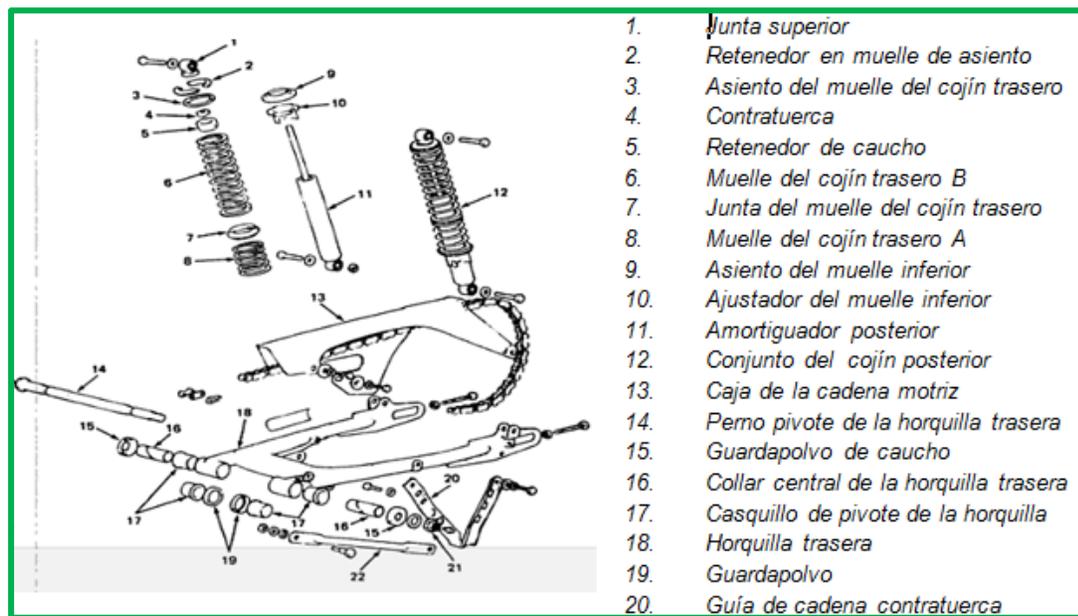


Figura 2-15 Despiece suspensión trasera Honda Motor Company

Fuente: *Mecánica de la motocicleta*, William H. Crouse, Donald L. Anglin

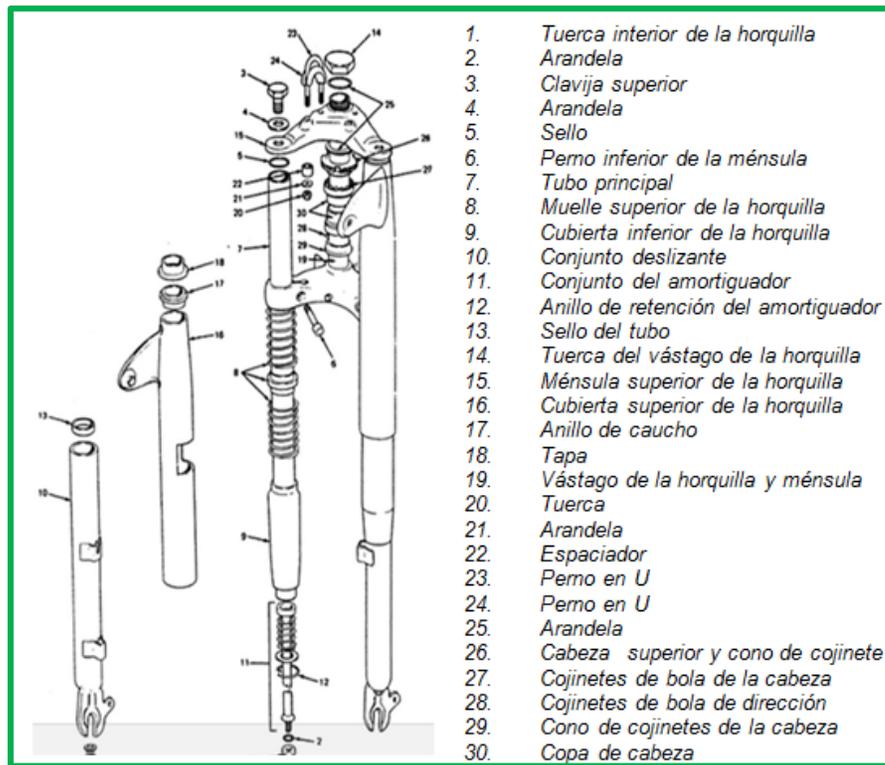


Figura 2-16 Horquilla telescópica Harley Davidson Motor Company

Fuente: *Mecánica de la motocicleta*, William H. Crouse, Donald L. Anglin

2.3.3 ESTUDIO DE LOS ÓRGANOS CONSTRUCTIVOS

a. Resortes o muelles

Sirven para el almacenamiento y la transformación de energía, ya que aprovechan las propiedades elásticas de los materiales. Las funciones principales de los muelles y resortes técnicos son:⁸

- Absorción de golpes y vibraciones
- Distribución y compensación de fuerzas
- Retención de tensiones previas

⁸ ZWICK/ROELL. Aplicaciones. <http://www.zwick.es/es/aplicaciones/muelles-y-resortes.html>: [citado el 16/03/2014]

- Mantenimiento de posiciones determinadas
- Medición, regulación de fuerzas y momentos



Figura 2-17 Resortes horquilla telescópica

Fuente: Motobancadalaser Recuperado en: <http://motobancadalaser.com/-que-es-la-horquilla-de-la-moto-.html>

b. Amortiguadores

El funcionamiento del amortiguador se basa en la circulación de aceite entre los dispositivos internos a través de un conjunto de válvulas que generan una resistencia al paso del mismo entre las cámaras del amortiguador. De esta forma se controlan las oscilaciones de la suspensión, existen dos tipos: de expansión y de compresión.⁹

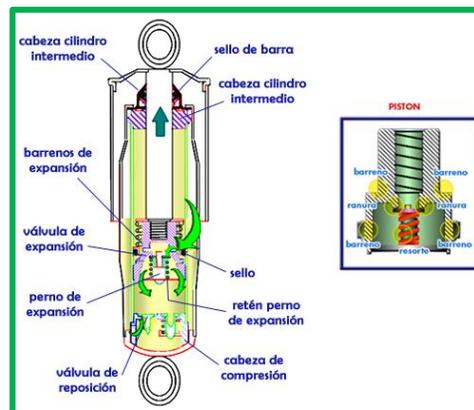


Figura 2-18 Partes de un amortiguador de expansión

Fuente: Gabriel Amortiguadores y Struts. Recuperador en: <http://www.gabriel.com.mx/>

⁹ Gabriel Amortiguadores y Struts: <http://www.gabriel.com.mx/> [Citado el 16/03/2014]

2.3.4 TIPOS DE SUSPENSIÓN ¹⁰

a. Suspensión delantera

Existen varios tipos de suspensión delantera algunos de estos fueron descritos en el apartado 2.2.2, sin embargo nos enfocaremos a las tradicionales horquillas telescópicas, la horquilla tipo Girder fue la primera en aparecer. Luego en los primeros años 50, la horquilla telescópica fue estableciéndose debido a que mejoraba la conducción respecto a las girders sin amortiguación o con amortiguación mediante fricción.

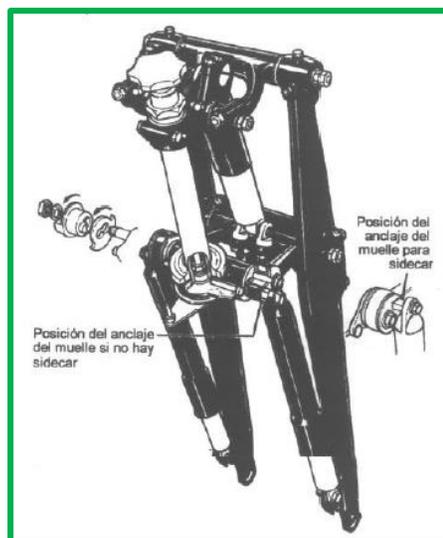


Figura 2-19 Horquilla tipo girder

Fuente: Motocicletas: Comportamiento Dinámico y Diseño de Chasis. Tony Foale

➤ Horquillas con pipa de dirección

El uso de las horquillas telescópicas es prácticamente universal en todas las motocicletas excepto en algunos scooters y en pequeñas motos utilitarias. Algunas de las desventajas que presentan este tipo de suspensión son:

¹⁰ Foale T. (2003). *Motocicletas: comportamiento dinámico y diseño de chasis; el arte y la ciencia.* S/Ed. España, Ediciones ISBN.

El esquema de la figura 2-20 muestra como cualquier flexión lateral de las barras de la horquilla influyen para que la huella de contacto del neumático se mueva, alejándose del eje de dirección, otra desventaja que presenta la horquilla es el gran brazo de palanca que existe sobre la pipa de dirección, especialmente al frenar. Esto da lugar a fuerzas muy grandes que tiene que resistir un robusto y pesado chasis.

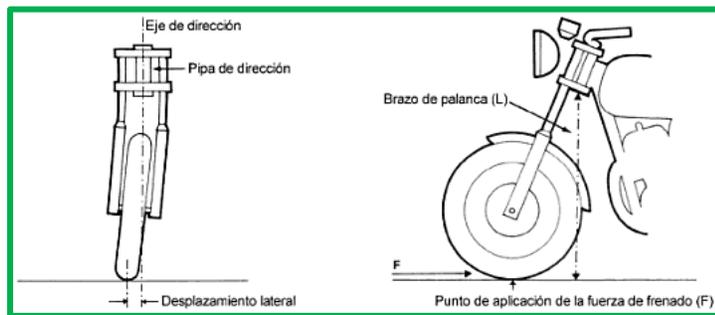


Figura 2-20 Brazo de palanca

Fuente: Motocicletas: Comportamiento Dinámico y Diseño de Chasis. Tony Foale

Las causas por las que una horquilla telescópica sufre deformaciones son:

- Cuando la horquilla está totalmente extendida existe una sujeción mínima de las botellas
- Las barras se pueden mover de forma independiente excepto por el efecto de refuerzo del eje de la rueda en la parte inferior.
- Si se considera las cargas y los brazos de palanca que soportan, las barras tiene un diámetro muy pequeño (normalmente de unos 35 – 38 mm)
- Este tipo de horquillas suele estar sometidas a un gran hundimiento en las frenadas.
- Debido al ángulo de lanzamiento, aparecen cargas de flexión en las barras de la horquilla, debidas a cargas estáticas, dando lugar a un rozamiento al inicio del movimiento, que endurece la respuesta ante pequeños baches.

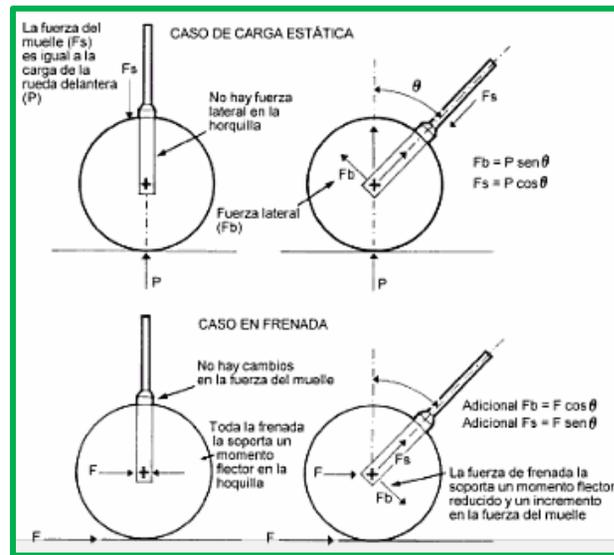


Figura 2-21 Cargas estáticas en la horquilla telescópica

Fuente: *Motocicletas: Comportamiento Dinámico y Diseño de Chasis*. Tony Foale

➤ Suspensiones por rueda empujada

En líneas generales, consisten en una estructura tubular o de acero estampado que conecta la columna de dirección con dos brazos articulados, y que incorporan también anclajes para los amortiguadores. Los brazos articulados pueden ser independientes o tener forma de U alrededor de la parte trasera de la rueda. Los beneficios de este tipo de horquilla dependen en gran medida de la calidad del diseño de detalle.

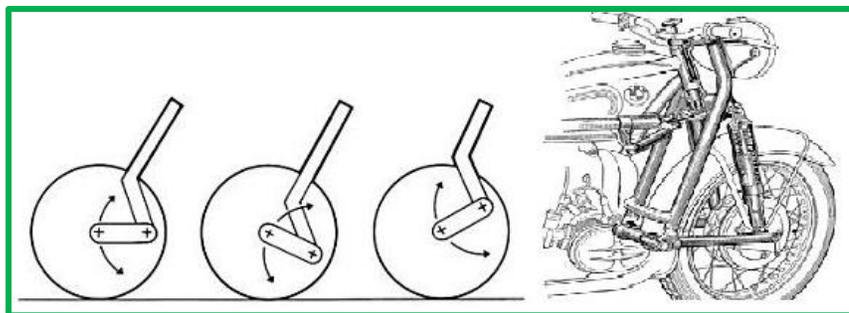


Figura 2-22 Sistema por rueda empujada

Fuente: *Motocicletas: Comportamiento Dinámico y Diseño de Chasis*. Tony Foale

➤ Suspensión por rueda tirada

Las suspensiones por rueda tirada se diferencian de las de rueda empujada en que los brazos articulados quedan por delante del eje de la rueda, en vez de por detrás. Su desventaja es que posee una mayor inercia alrededor del eje de dirección, ya que la mayor parte de la masa está relativamente lejos del eje de dirección.

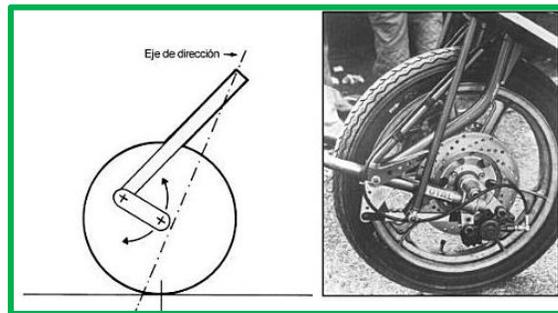


Figura 2-23 Sistema por rueda tirada

Fuente: Motocicletas: Comportamiento Dinámico y Diseño de Chasis. Tony Foale

Otras alternativas a la horquilla que se monta en la pipa de dirección: existen varias posibilidades para dividir este grupo en categorías, por ejemplo en los siguientes cuatro grupos:

- Tipo hub centre.- este tipo tiene el anclaje principal y el sistema de dirección montada en el interior del buje de la rueda.



Figura 2-24 Sistema Hub Centre

Fuente: ISR. Recuperado en: <http://www.isrbrakes.se>

- Doble Brazo Articulado: es parecido al sistema de doble brazo que se usa en automóviles, pero girado 90 grados.

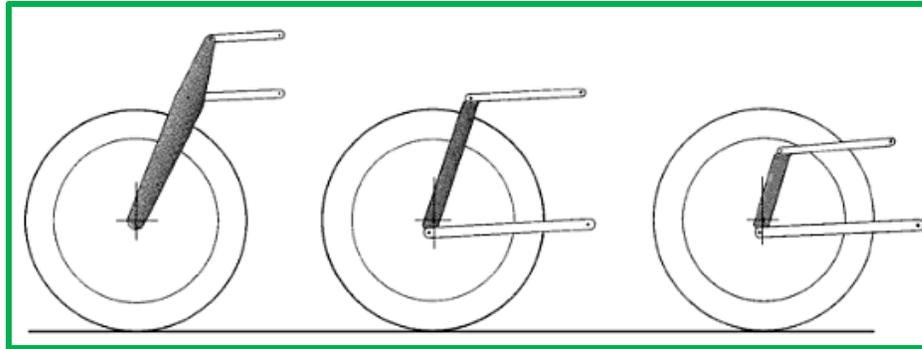


Figura 2-25 Sistema doble brazo articulado

Fuente: Motocicletas: Comportamiento Dinámico y Diseño de Chasis. Tony Foale

- Tipo McPherson

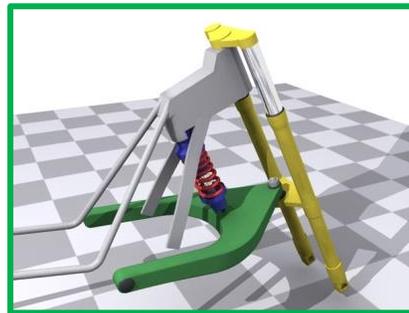


Figura 2-26 Sistema MC Pherson

Fuente: La Moto2 Recuperado en: <http://www.lamoto2.es/>

b. Suspensión trasera

Los primeros sistemas de suspensión trasera fueron muy simples técnicamente y eran sistemas orientados a su montaje y adaptación en chasis rígidos. Uno de los sistemas más populares durante los años 50 fue el "Plunger". Pronto el sistema por brazo oscilante se impuso como solución generalizada en el mundo de la motocicleta. Los primeros diseños estaban formados por un tubo transversal que alojaba los rodamientos de giro del

basculante respecto al resto del bastidor y por dos tubos longitudinales que soportaban la rueda trasera y los amortiguadores, uno a cada lado del basculante.



Figura 2-27 Sistema plunger

Fuente: Lamaneta. Recuperado en: <http://www.lamaneta.org/>

➤ **Diseño tradicional**

En el diseño tradicional los amortiguadores se fijan por su extremo inferior al extremo del brazo oscilante y por su extremo superior a la parte trasera del bastidor, por encima de la rueda trasera. De este modo el peso sobre la parte trasera de la motocicleta se equilibra directamente por los amortiguadores y no existe ninguna carga inducida sobre el anclaje del basculante al bastidor. En este caso la constante efectiva de la rueda será la misma que la del muelle.



Figura 2-28 Ducati 100 sport

Fuente: aRodar. Recuperado en: <http://www.arodar.com.ar/>

➤ **Diseño “mono – shock”**

Este diseño suele utilizar un basculante triángulado con un solo amortiguador. En este caso la constante efectiva de la rueda no es igual a la constante efectiva del amortiguador sino que normalmente será menor. La relación entre ambas constantes es cuadrática, lo que implica que, en caso de que el brazo de palanca, tenga una longitud que haga que el desplazamiento de la rueda sea el doble que el del amortiguador y que el amortiguador esté dispuesto en posición horizontal, entonces la constante efectiva real del muelle será cuatro veces la constante efectiva requerida en la rueda.



Figura 2-29 Sistema mono-shock con amortiguador inclinado

Fuente: La Moto2 Recuperado en: <http://www.lamoto2.es/>

➤ **Diseño con sistema de bieletas**

Estos sistemas permiten un magnífico control de las propiedades de la constante efectiva del muelle, se puede conseguir con pequeños cambios geométricos progresividad en la dureza de la suspensión, regresividad o la combinación de ambas. Por otro lado permite grandes desplazamientos en la rueda trasera que no eran posibles con los sistemas anteriores y sin la necesidad de utilizar amortiguadores de longitudes elevadas.

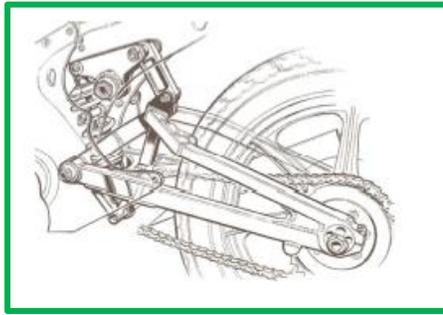


Figura 2-30 Suspensión por sistema de bieletas

Fuente: Motocicletas: Comportamiento Dinámico y Diseño de Chasis. Tony Foale

c. Tipos de basculante¹¹

El diseño de brazos oscilantes o basculantes ha mejorado considerablemente en constancia con los métodos de fabricación y los materiales utilizados. Esto ha permitido pasar de un diseño básico tubular a los diseños actuales utilizados en las motocicletas deportivas y en las distintas competiciones. A continuación se hace un breve repaso a los diseños más significativos hasta el momento.

➤ **Basculantes tubulares**

Los primeros diseños, que partían como adaptaciones para los bastidores rígidos, eran de construcción muy sencilla, normalmente basada en el uso de un tubo transversal que alojaría el eje pivotante del basculante respecto al resto del bastidor y dos tubos longitudinales soldados formando una U con el tubo transversal. En los extremos libres de los tubos longitudinales se situaba el anclaje para el eje de la rueda y en la mayor parte de los casos de los amortiguadores.

¹¹ Foale T. (2003). *Motocicletas: comportamiento dinámico y diseño de chasis; el arte y la ciencia.*S/Ed.España, Ediciones ISBN.



Figura 2-31 Basculante en U kawasaki 1400 GTR

Fuente: Soymotero.net. Recuperado en: <http://www.soymotero.net/>

➤ **Basculante de sección variable**

Mientras la fabricación de los basculantes tubulares consiste en la conformación de los mismos mediante la utilización de tubos y chapas dobladas soldados entre sí, en el caso de los basculantes de sección variable, su fabricación resulta más compleja. Esto es debido a la complejidad intrínseca de su estructura que requiere de distintas piezas con secciones variables, chapas dobladas, etc., que finalmente formarán la pieza terminada. Al contrario que en los basculantes tubulares, muchas de las piezas que formarán los basculantes de sección variable no están estandarizadas y requerirán de su fabricación por fundición o incluso por forja y finalmente serán unidas mediante soldadura para formar el conjunto acabado.

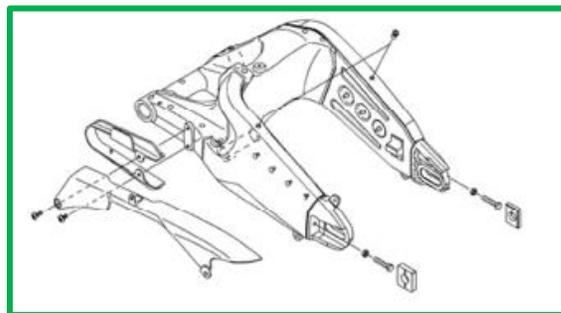


Figura 2-32 Basculante Kawasaki zx10-r 2009

Fuente: Soymotero.net. Recuperado en: <http://www.soymotero.net/>

➤ **Basculantes monobrazo**

En los casos anteriores el basculante conserva su forma original en U y el eje de la rueda está anclado al basculante por ambos extremos. En el caso de los basculantes monobrazo el eje está sujeto al basculante por uno solo de sus extremos y el brazo oscilante solo rodea la rueda por uno de sus lados.



Figura 2-33 Basculante monobrazo BMW

Fuente: Motocicletas: Comportamiento Dinámico y Diseño de Chasis. Tony Foale

2.4 SISTEMA DE FRENOS¹²

El sistema de frenos es uno de los más importantes en un vehículo en lo que a seguridad y confort concierne, ya que ayuda a detener el vehículo cuando el conductor así lo requiera, considerándolo uno de los más vitales ya que la vida de quienes viajan depende de él. Este es un mecanismo de absorción de energía que convierte el movimiento del vehículo en calor mientras detiene las ruedas.

2.4.1 PRINCIPIO DE FRENADO

El sistema de frenos fundamenta su funcionamiento en dos principios básicos de la física:

¹²Dobac. Sistema de Frenos.

<http://dobac.com/capac/Sistema%20de%20Frenos%20Hidr%C3%A1ulicos.pdf> [citado el 18/03/2014]

- La Ley de Pascal
- La Fricción

a. Ley de Pascal

Establece que cuando se aplica presión a un líquido confinado en un recipiente cerrado la fuerza se transmite igual y sin disminución en todas direcciones.

Se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$F = P * A \text{ Dónde:}$$

F: fuerza (lb) o (N)

P: presión (lb/pulg²) o (kg/cm²)

A: área (pulg²) o (cm²)

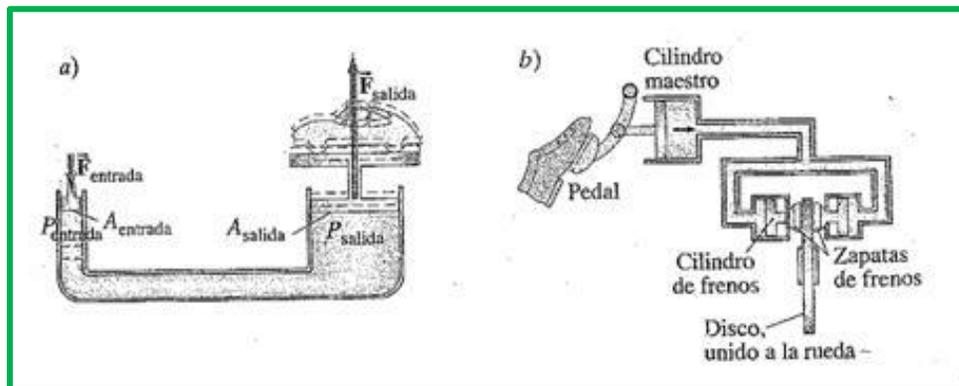


Figura 2-34 Ley de pascal

Fuente: Fisi Joven. Recuperado en: <http://fisijoven.wikidot.com/fluidos>

b. Fricción

La ley de conservación de la energía establece que “la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma”. Cuando un vehículo se encuentra en movimiento tiene una cierta energía cinética y si queremos detenerlo tenemos

que transformar esa energía en otro tipo de energía que no involucre el movimiento del vehículo, tal como la energía calórica.¹³ Esto se da por fricción, que es la fuerza que se opone al movimiento entre dos objetos que se encuentran en contacto. La fricción de un material se determina por su coeficiente de fricción, designado por la letra griega μ (**miu**), donde $\mu = 0$ significa que no hay fricción entre las superficies en contacto y $\mu = 1$ significa que hay una fricción máxima entre las superficies de contacto. La codificación en cuanto a los coeficientes de fricción ha sido establecida por la **SAE** (*Society of Automotive Engineers*), según lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 2-1 Clasificación de los coeficientes de fricción

	μ
código C	0,00-0,15
código D	0,15-0,25
código E	0,25-0,35
código F	0,35-0,45
código G	0,45-0,55
código H	0,55 y mayor
código Z	sin calificación

Fuente: SAE International. Recuperado en: <http://www.sae.org/>

En la anterior tabla se describe el código de borde que es un término utilizado para los frenos de vehículos y se refiere a una asignación de letras impresas en el borde de los discos porta frenos o las láminas de fricción de la pastilla que describen las características de fricción del material. La primera letra describe el coeficiente normal de fricción. La segunda letra describe el coeficiente “caliente” de fricción o la resistencia al desgaste por fricción.

La fricción es directamente proporcional al peso, esto significa que conforme el cuerpo aumenta en peso también aumenta la fricción al ponerse en contacto

¹³ Crouse W. H., Donald L. A., *Mecánica de la motocicleta, s/ed., España, Ediciones Marcombo*

con otro cuerpo. La fricción depende del material de fricción, temperatura y acabado de la superficie del tambor o rotor.

2.4.2 PARTES DEL SISTEMA DE FRENOS

Básicamente existe dos tipos de sistemas de frenos utilizados en las motocicleta, los de disco o tambor, sabiendo destacar que en la mayoría de motocicletas utilizan el sistema mixto, de disco en la parte delantera y de tambor en la parte trasera.

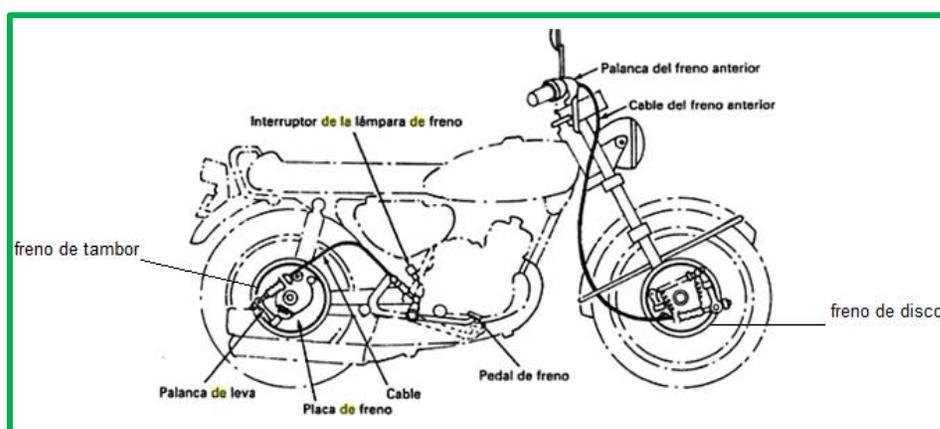


Figura 2-35 Disposición del sistema de frenos

Fuente: Mecánica de la motocicleta, William H. Crouse, Donald L. Anglin

2.4.3 TIPOS DE SISTEMAS DE FRENOS¹⁴

a. Frenos mecánicos

Estos son accionados mediante un alambre, palancas u otros mecanismos que se encuentra desde el manillar de la dirección o desde el pedal de freno tal como se indica en la figura 2-36 hasta la primera palanca de leva ubicada justamente en la rueda.

¹⁴ Crouse W. H., Donald L. A., *Mecánica de la motocicleta, s/ed., España, Ediciones Marcombo*

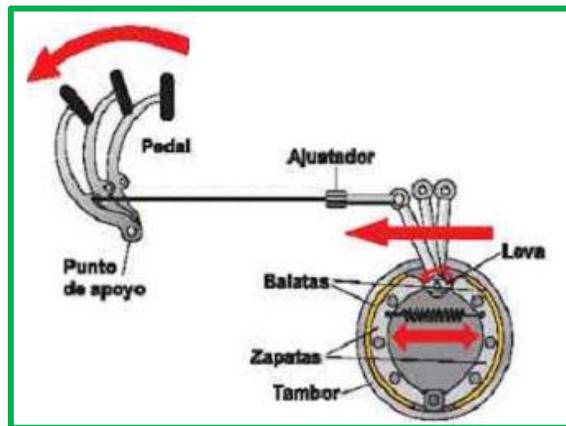


Figura 2-36 Esquema básico del sistema de freno mecánico

Fuente: *Consejos mecánicos*. Recuperado en:
<http://consejosmecanicos.blogspot.com/>

b. Frenos hidráulicos

Los frenos accionados hidráulicamente utilizan líquido DOT 2 por lo general, que a partir de un depósito envía líquido a presión pasando por el cilindro principal o maestro y por la manguera hasta llegar a accionar las mordazas, la palanca de mando de freno es accionada directamente por el conductor, tal como se indica en la figura 2-37.

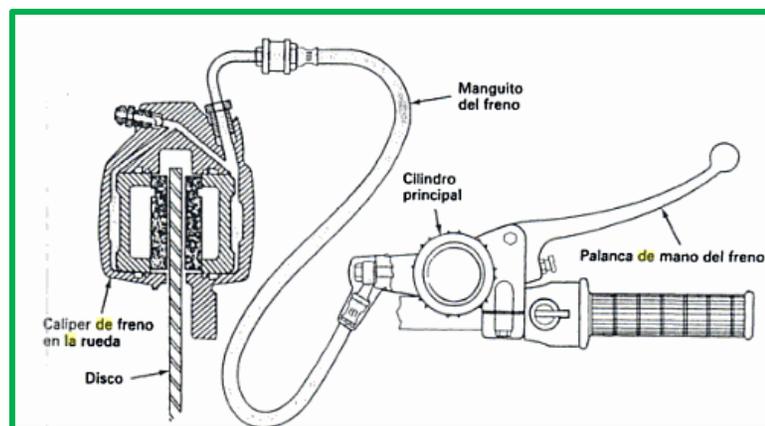


Figura 2-37 Esquema sistema de frenos hidráulico

Mecánica de la motocicleta, William H. Crouse, Donald L. Anglin

c. Frenos de disco

Los frenos de disco al contrario que los de tambor tiene un accionamiento totalmente externo lo que mejora la disipación de calor y aumenta el rendimiento debido a que el reciben un flujo de aire que constantemente está enfriando la superficie del disco y las pastillas de freno por otra parte los elementos que componen este sistema son de fácil adaptación y montaje.

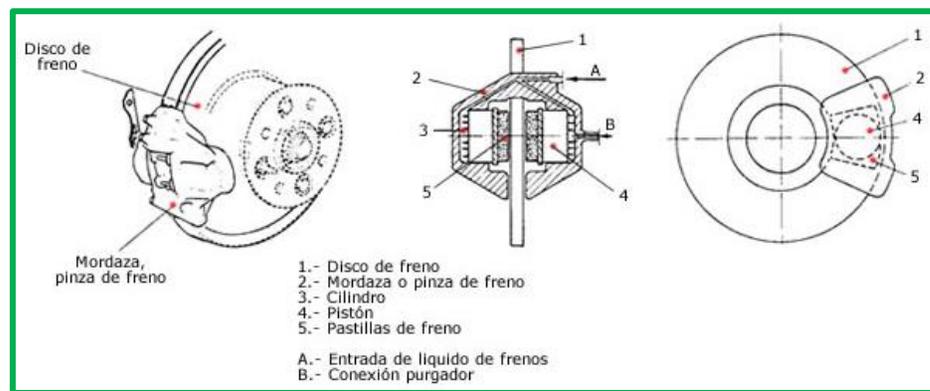


Figura 2-38 Esquema básico del freno de disco

*Fuente: aficionados a la mecánica. Recuperado en:
<http://www.aficionadosalamecanica.net/>*

d. Frenos de tambor

Este tipo de freno no es tan eficiente como el freno de disco debido a que trabaja en un entorno cerrado lo que limita la disipación de calor producto de las frenadas, la mayor parte del calor producido se transfiere a la campana o tambor, de esta se transfiere a las paletas del rin donde ambos elementos están expuestos al ambiente que se encarga de disipar el calor producido.

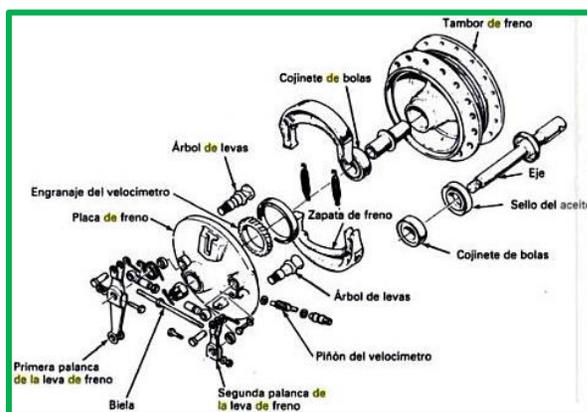


Figura 2-39 Despiece freno de tambor

Fuente: Mecánica de la motocicleta, William H. Crouse, Donald L. Anglin

e. Frenos ABS

El sistema antibloqueo de frenos (ABS) funciona en conjunto con el sistema de frenado tradicional. Consiste en una bomba que se incorpora a los circuitos del líquido de freno y en unos sensores que controlan las revoluciones de las ruedas. Si en una frenada brusca alguna o ambas ruedas reducen repentinamente sus revoluciones, el ABS lo detecta e interpreta que las ruedas están a punto de quedar bloqueadas sin que la moto se haya detenido.¹⁵

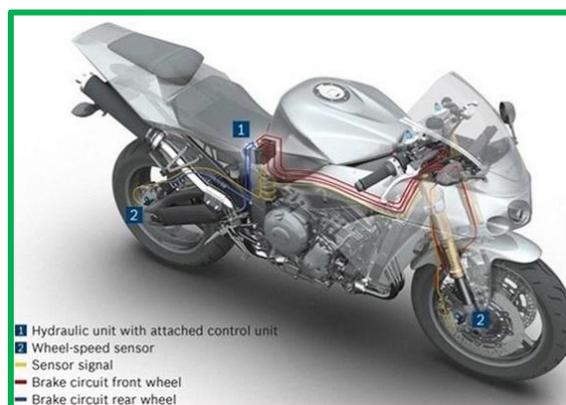


Figura 2-40 Esquema sistema ABS

*Fuente: Águilas Libres Custom Club. Recuperado en:
<http://aguilaslibres.superforos.org/>*

¹⁵ La Moto. Sistema ABS. <http://www.lamotodigital.com.ar/nota-589--abs-el-mejor-complemento> [Citado el 21/03/2014]

2.5 SISTEMA DE PLEGADO

El sistema de plegado surge de la necesidad de reducir espacios en el aparcamiento en zonas urbanas donde la movilidad es reducida y se va reduciendo día a día, mucho más en las grandes urbes como lo son Guayaquil y Quito.

2.5.1 MISIÓN DEL PLEGADO EN LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE

El sistema de plegado tiene como misión reducir el tamaño de la motocicleta para optimizar el espacio de aparcamiento en las zonas urbanas de la ciudad de Latacunga

2.5.2 DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS SOBRE LA MOTOCICLETA

Cabe destacar que el mecanismo de plegado que se observa en la siguiente imagen es una breve tentativa de diseño a realizarse para cumplir con el objetivo, la ubicación de los demás elementos serán detallados posteriormente conforme se cumple con este proyecto.

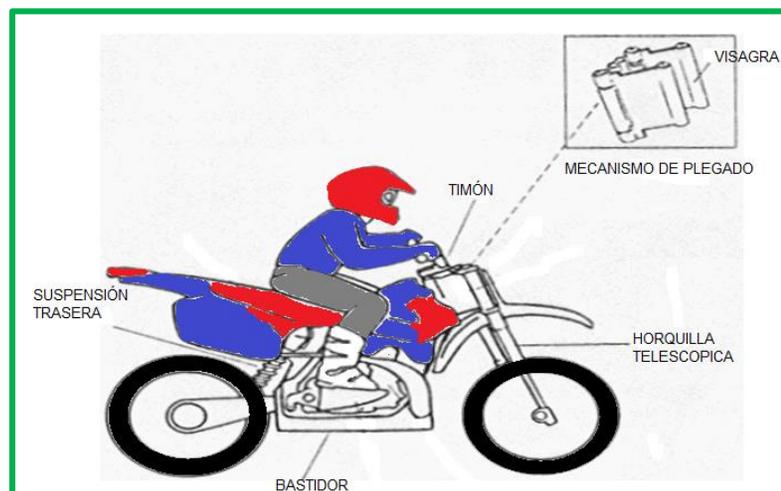


Figura 2-41 Sistema de plegado

Fuente: El Autor

2.5.3 ESTUDIO DE LOS ÓRGANOS CONSTRUCTIVOS

Los elementos que forman parte del sistema de plegado se dividen en tres partes esenciales como son: sensores, unidad de control y actuadores, destacando además la unidad de potencia que esencialmente son las fuentes de energía.

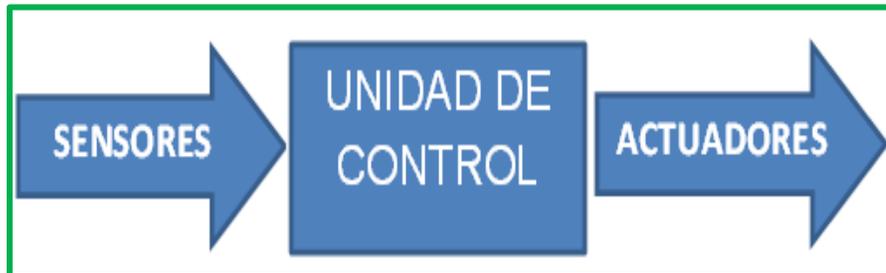


Figura 2-42 Esquema básico de funcionamiento

Fuente: el Autor

a. Sensores

Los sensores son dispositivos eléctricos y/o mecánicos que convierten magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud.¹⁶ Existen diferentes tipos de sensores, en función del tipo de variable que tengan que medir o detectar:

- De contacto
- Ópticos
- Térmicos
- De humedad
- Magnéticos
- De infrarrojos

¹⁶ Recusostic. Sensores;
http://recusostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecnologia/quincena11/4quincena11_contenidos_3a.htm [citado el 22/03/2014]

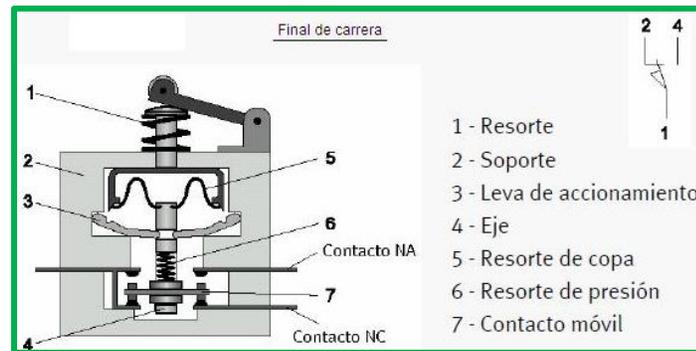


Figura 2-43 Esquema de un sensor de proximidad

Fuente: Sensores de Proximidad Recuperado en:
<http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/>

b. Unidad de control

➤ Tarjetas Arduino

Es una herramienta para hacer que los ordenadores puedan sentir y controlar el mundo físico a través de un ordenador personal. Es una plataforma de desarrollo de computación física de código abierto, basada en una placa con un sencillo microcontrolador y un entorno de desarrollo para crear software.

Arduino puede tomar información del entorno a través de sus pines de entrada de toda una gama de sensores y puede afectar aquello que le rodea controlando luces, motores y otros actuadores. El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing).¹⁷

¹⁷ ARDUINO. What is Rduino. <http://www.arduino.cc/es/> [Citado el 17/03/2014]

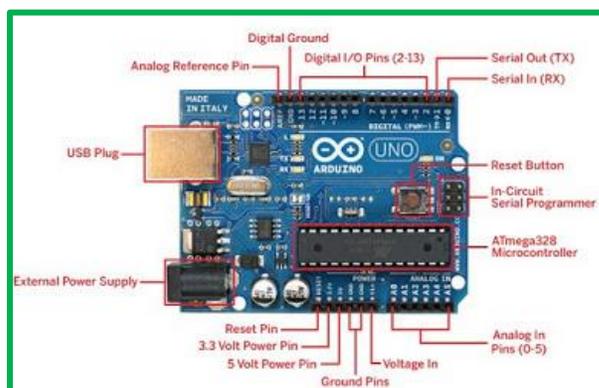


Figura 2-44 Partes de una tarjeta Arduino Uno

Fuente: Corto Circuito. Recuperado en: <http://www.cortoc.com/p/arduino.html>

➤ Módulo Bluetooth

El Bluetooth es una tecnología inalámbrica utilizada para conectar entre sí dispositivos electrónicos con altos niveles de seguridad. A través del Bluetooth, podemos transmitir cómodamente datos entre aparatos tan empleados en la actualidad como los teléfonos móviles, los ordenadores, la PDA o las cámaras de fotografía digital.

La tecnología Bluetooth transmite por radiofrecuencia ondas de radio de corto alcance y tiene como principal virtud permitir la conexión entre dispositivos sin necesidad de cables.¹⁸

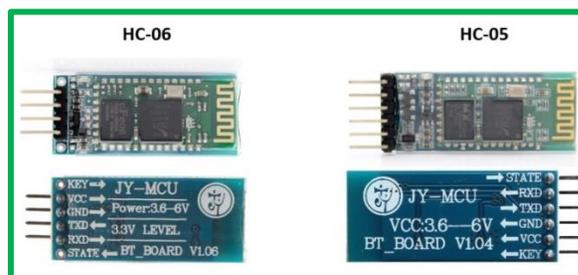


Figura 2-45 Módulos Bluetooth HC05 y HC06

Fuente: Diymakers. Arduino+Bluetooth. Recuperado en: <http://diymakers.es/>

¹⁸ CANAL TOTAL. Que es un Bluetooth. <http://www.canaltotal.com/que-es-el-bluetooth/> [Citado el 17/03/2014]

c. Actuadores

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una acción a partir de impulsos enviados con una señal de un sensor a través de la unidad de control. Pueden ser de tres grupos según la energía que utilicen: hidráulicos, neumáticos y eléctricos.¹⁹



Figura 2-46 Actuadores eléctricos DC

Fuente: Capsulabs. Recuperado en: <http://hangar.org/webnou/wp-content/uploads/2012/01/capsulab101.pdf>

¹⁹ INTEF. Actuadores. <http://platea.pntic.mec.es/> [Citado el 17/03/2014]

Tabla 2-2 Características de los tipos de actuadores**CARACTERÍSTICAS DE LOS TIPOS DE ACTUADORES**

	NEUMÁTICOS	HIDRÁULICOS	ELÉCTRICOS
ENERGÍA	Aire (5-10 bar)	Aceite mineral (50-100bar)	Corriente eléctrica
OPCIONES	Cilindros, motor de paletas, motor de pistón	Cilindros, motor de paletas, motor de pistones axiales	Corriente continua, alterna, motor paso a paso, servomotor
VENTAJAS	Baratos, rápidos, sencillos, robustos	Rápidos, potencia alta, auto lubricantes, alta capacidad de carga, estabilidad frente a cargas estáticas	Precisos, fiables, fácil control sencilla instalación, silenciosos
DESVENTAJAS	Dificultad de control continuo, instalación especial, ruidoso	Difícil mantenimiento, instalación especial, frecuentes fugas, elevados precios	Potencia limitada

Elaborado por: De La Cruz J.

Fuente: Intef. Actuadores. Recuperado en:

http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/ctrl_rob/robotica/sistema/actuador.es.htm

CAPÍTULO 3

3 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LOS SISTEMAS

3.1 MÓDULOS DE SIMULACIÓN²⁰

3.1.1 STATIC STRUCTURAL

Se puede determinar parámetros de comportamiento del elemento en forma estática realizando análisis por simulación, generando modelos matemáticos bajo cargas mecánicas.

3.1.2 TRANSIENT STRUCTURAL

Se puede realizar análisis transitorios estructurales conocido también como ciclo de análisis por tiempo, con este análisis se puede determinar desplazamientos variables de tiempo en el que involucra conocer tensiones, fuerzas y las fracturas que se puede generar en un elemento mecánico bajo cargas por ciclos dinámicos.

3.2 TEORÍAS ESTÁTICAS²¹

3.2.1 ESFUERZO

Los esfuerzos con dirección normal a la sección, se denotan como δ (sigma) que representa un esfuerzo de tracción cuando apunta hacia afuera de la sección, tratando de estirar al elemento analizado. En cambio, representa un esfuerzo de compresión cuando apunta hacia la sección, tratando de aplastar al elemento analizado.

El esfuerzo con dirección paralela al área en la que se aplica se denota como τ (tau) y representa un esfuerzo de corte. Este esfuerzo, trata de cortar el elemento analizado, las unidades de los esfuerzos son las mismas que para

²⁰ ²¹Suntaxi Llumiquinga, C. A. (2014). Diseño y construcción de un sistema de dirección para un vehículo trimoto. (Tesis pregrado inédita). Departamento de Energía y Mecánica. Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

la presión, fuerza dividida por área, se utilizan con frecuencia: *MPa*, *psi*, *Kpsi*, *Kg/mm²*, *Kg/cm²*.

Se analizará la situación de un trozo pequeño de material ubicado dentro de una viga u otro elemento estructural. Este pequeño trozo tendrá forma de cubo con aristas infinitesimales de valor: dx , dy , dz . Este cubo tiene seis caras y en cada una de ellas se considerará que actúan tres esfuerzos internos: uno normal y dos de corte. La notación utilizada es: S_x para el esfuerzo normal aplicado en la cara normal al eje x , de igual forma se definen S_y , S_z . Para los esfuerzos cortantes, la notación es t_{ab} que denota el esfuerzo de corte que actúa en la cara normal al eje 'a' y que apunta en la dirección del eje 'b'. De esta forma se tienen: t_{xy} t_{xz} t_{yx} t_{yz} t_{zx} t_{zy} .

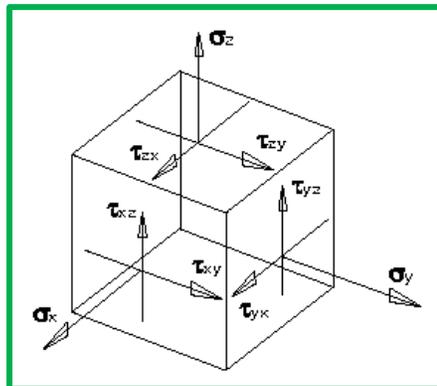


Figura 3-1 Diagrama de esfuerzos

Fuente: Robert L. Mott.

3.2.2 TENSIÓN DE VON MISES

La tensión de Von Mises es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión. En ingeniería estructural se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles.

La tensión de Von Mises puede calcularse fácilmente a partir de las tensiones principales del tensor tensión en un punto de un sólido deformable, mediante la expresión:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_4)^2}{2}}$$

3.1 Ec. Tensión de Von Mises

Siendo $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, las tensiones principales, y habiéndose obtenido la expresión a partir de la energía de distorsión en función de las tensiones principales:

$$E_{def,dist} = \frac{1}{6G} \left[\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_4)^2}{2} \right]$$

3.2 Ec. Energía de distorsión

3.2.3 DEFORMACIÓN

La deformación es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica.

La magnitud más simple para medir la deformación es lo que en ingeniería se llama deformación axial o deformación unitaria se define como el cambio de longitud por unidad de longitud:

$$\varepsilon = \frac{\Delta_s}{s} = \frac{s' - s}{s}$$

3.3 Ec. Deformación axial

3.2.4 ENERGÍA DE DEFORMACIÓN

Es la energía necesaria para deformar un material. En el figura 3-2 se muestra el área bajo la curva en el diagrama esfuerzo-deformación hasta un punto de deformación específico que demuestra la deformación que puede existir en determinado elemento.

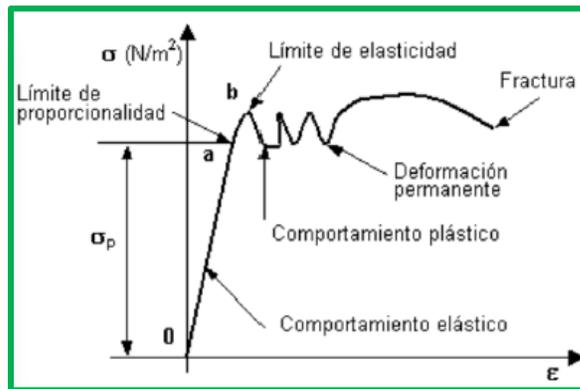


Figura 3-2 Esfuerzo vs Deformación

Fuente: Robert L. Mott.

3.3 TEORÍAS DINÁMICAS

3.3.1 FACTOR DE SEGURIDAD²²

La resistencia de una estructura es la capacidad de ésta de soportar y transmitir cargas sin fallar. Debido a las incertidumbres existentes en el diseño de una estructura, ésta se diseña con una resistencia mayor que la requerida. La relación entre la resistencia de diseño y la requerida se conoce como factor de seguridad.

A continuación, se enumeran algunos de los criterios que deben tenerse en cuenta para la determinación del factor de seguridad de una estructura:

- El tipo (estáticas, dinámicas, cíclicas) y magnitud de las cargas que está previsto actúen sobre la estructura a lo largo de su vida útil.
- La calidad prevista de la construcción.
- La calidad de los materiales empleados en la construcción de la estructura.
- Los efectos producidos por las condiciones medioambientales.

²² Fallo de las Estructuras. Factor de seguridad para el Diseño;
http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/10673/mod_resource/content/1/html/elasticidad/node60.html
 [citado el 27/07/2014]

- La naturaleza del fallo previsto. El fallo gradual permite reforzar la estructura antes de su colapso.
- Las consecuencias del fallo. Si las consecuencias son catastróficas es necesario incrementar el factor de seguridad.
- El coste del incremento del factor de seguridad.
- Los efectos de las simplificaciones utilizadas en el cálculo de la estructura.

Para el presente proyecto se tomara como valor mínimo un factor de seguridad de 1, lo que permitirá validar el proceso de diseño, recurriendo también al anexo A para respaldar este valor.

3.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

El sistema de dirección es muy importante en todos los vehículos ya que cumple con el objetivo de direccionar al mismo, por ende todos sus elementos deben estar bien constituidos cumpliendo los requerimientos necesarios de este mecanismo. La figura 3-3 muestra los parámetros establecidos por la pipa de la dirección que son generados a partir del diseño del bastidor. De esta figura podemos mencionar que tenemos como lanzamiento de 31.4° creando un avance de 0,16m y una distancia entre ejes 1.45m.

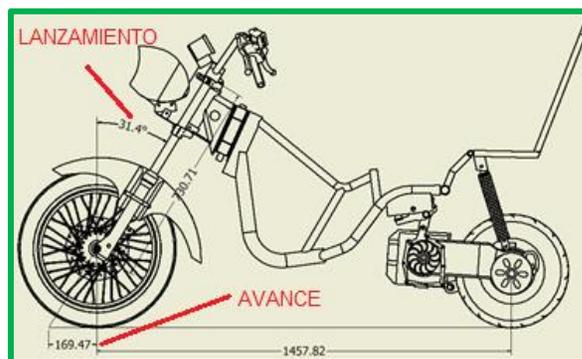


Figura 3-3 Geometría de la motocicleta

Fuente: Arias Pérez, X. A. (2014). Diseño de la Bastidor, Chasis y Sistemas Auxiliares de una Motocicleta Eléctrica Plegable. (Tesis pregrado inédita). Universidad De Las Fuerzas Armadas- ESPE

3.4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Los requerimientos necesarios que se establecen en este sistema son las fuerzas que actúan por frenada en la rueda delantera y por ende estas a su vez por reacción a las tijas de dirección. En la figura 3-4 muestra cómo actúan estas fuerzas mientras que en la tabla 3-1 se ve los valores generados en el diseño del bastidor.

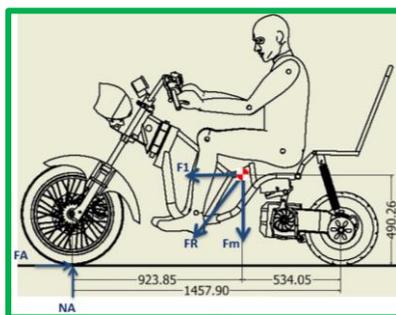


Figura 3-4 Fuerzas por frenada

Fuente: Arias Pérez, X. A. (2014). *Diseño de la Bastidor, Chasis y Sistemas Auxiliares de una Motocicleta Eléctrica Plegable. (Tesis pregrado inédita).* Universidad De Las Fuerzas Armadas- ESPE

Tabla 3-1 Detalle de fuerzas que actúan sobre la motocicleta.

Designación	Valor
Masa eje trasero (N_{Bmin})	138.48 Kg (1357.1N)
Masa eje delantero (N_{Amin})	80.11 Kg (785.07N)
N_{Amax}	2144.4 N
F_1	4039.34 N
F_R	4573.26 N
Masa suspendida	193 Kg
Masa no suspendida	25.6 Kg
Masa total	218.6 Kg
N_{Bmax}	2144.4 N
F_1'	2336.96 N

Elaborado por: El Autor

3.4.2 SELECCIÓN DEL SISTEMA

Para la selección de las tijas de dirección se ve necesario partir de un diseño establecido que exista en el mercado, debido a que en la mano factura ecuatoriana no satisface las necesidades de construcción de este tipo de elementos aun en la actualidad. Debido a esto se parte del sistema de dirección de la Yamaha DT 50, que cumple con los valores de lanzamiento y avance requeridos por el diseño del bastidor (ver anexo B) que están dentro del rango y además este tipo de elementos son de fácil acceso ya que hay una gran demanda por estas motocicletas.

3.4.3 MODELACIÓN DEL SISTEMA

El sistema de dirección consta de dos tijas una superior y una inferior, a continuación se realiza la simulación de estos dos elementos principales del sistema que como se mencionó anteriormente existen en el mercado, pero sin embargo se realiza los estudios para comprobar los parámetros requeridos para este proyecto. Los materiales que constituye la tija superior son de aleación de aluminio 2014 T4 como se puede observar el anexo C, mientras que la tija inferior es de acero estructural ASTM A36 ver anexo C.



Figura 3-5 Modelación del sistema de dirección

Fuente: El Autor

3.4.4 SIMULACIÓN CAD-CAE DEL SISTEMA

a. Análisis de la tija superior

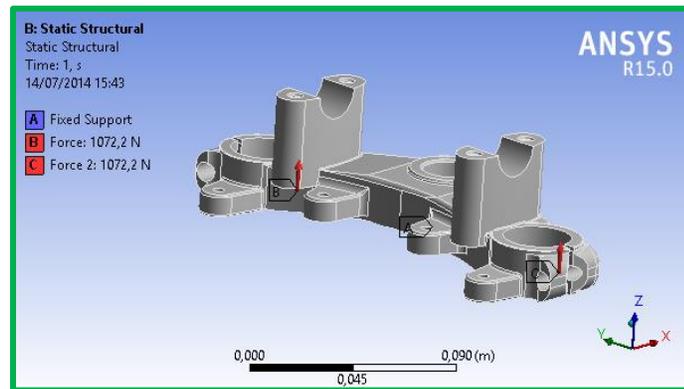


Figura 3-6 Distribución de cargas sobre la tija superior

Fuente: El Autor

En la figura 3-6 se puede observar las fuerzas que actúan sobre este elemento que es N_A con valor de 2144.4N valor que se toma como esfuerzo Máximo en frenada esto es dividido en dos segmentos de 1072.2N ya que esta fuerza es transmitida por las dos barras telescópicas y a su vez son accionadas en estos dos puntos en la tija superior como se puede observar en la figura B,C, mientras que A es el soporte del pivote en el bastidor.

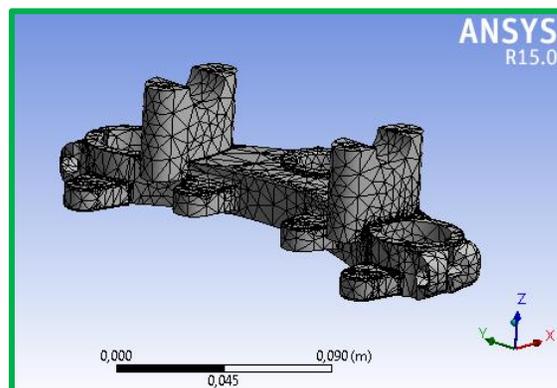


Figura 3-7 Mallado de la tija superior

Fuente: El Autor

Para el análisis de este elemento y todos los demás se lo realizan por cuerpos finitos. En la figura 3-7 se puede observar la distribución de nodos y elementos para el estudio respectivo, cabe destacar que mientras más refinada sea la malla mejor precisión tendrá en los resultados, en este elemento disponemos de 28589 nodos y un total de 16541 elementos para el análisis respectivo.

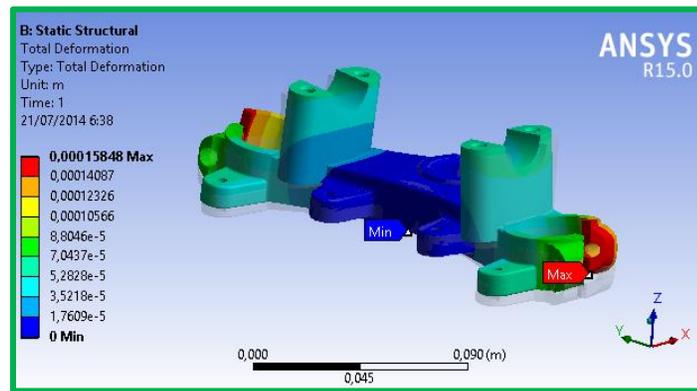


Figura 3-8 Deformación total de la tija superior

Fuente: El Autor

La deformación total que se da en este elemento es de 0,000158m equivalente a 0.158mm como máxima y 0mm como mínima como se puede observar en la figura 3-8 valores que detalla que no habrá deformación alguna.

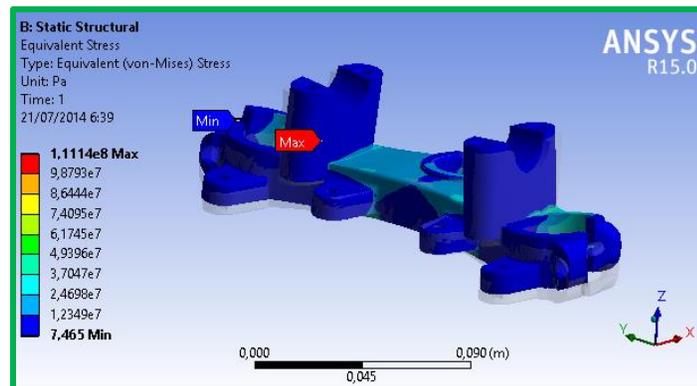


Figura 3-9 Límite de elasticidad

Fuente: El Autor

Como se puede observar en la figura 3-9 el valor máximo de esfuerzo es en los puntos de apoyo de las barras telescópicas valor que no supera el límite de fluencia del material que constituye este elemento para dicho esfuerzo que presenta $1.1114 \times 10^8 \text{ Pa (N/m}^2\text{)}$ o $111.14 \text{ (N/mm}^2\text{)}$, que comparándolo con el esfuerzo que soporta este material figura 3-10 es de $270 \text{ (N/mm}^2\text{)}$. Valores que determinan la efectividad de este elemento para el proyecto.

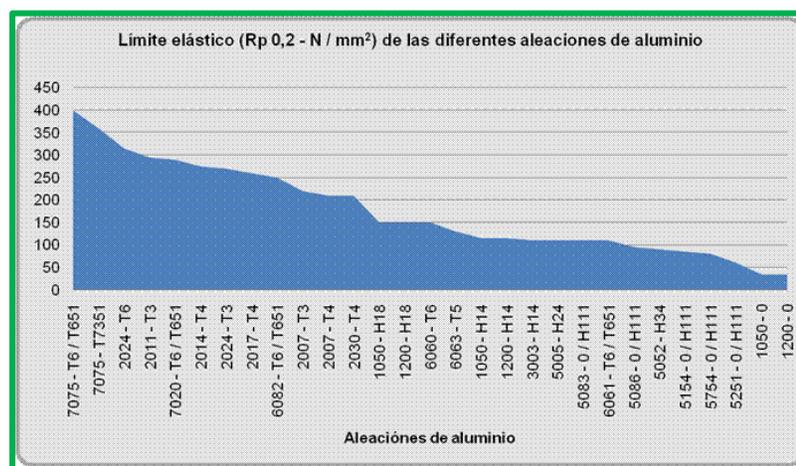


Figura 3-10 Límite elástico de aleaciones de aluminio

Fuente: Ingemecanica. Propiedades mecánico – químicas del aluminio.
Recuperado en: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn110.html>

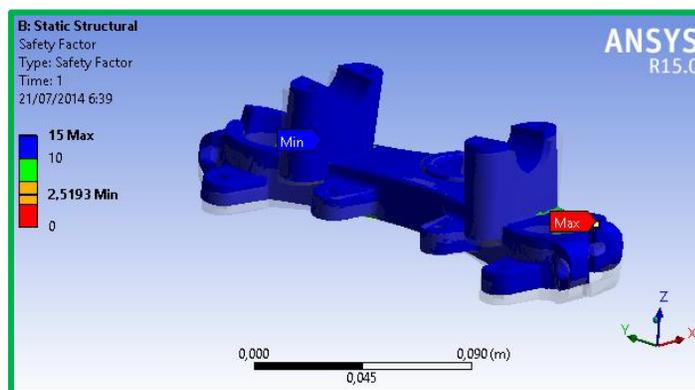


Figura 3-11 Factor de seguridad

Fuente: El Autor

Para la comprobación de la efectividad de los anteriores análisis para este elemento tenemos el factor de seguridad que es bastante eficiente por su valor

de 2.51 como mínimo como se puede ver en la figura 3-11 validando así su versatilidad.

b. Análisis de la tija Inferior

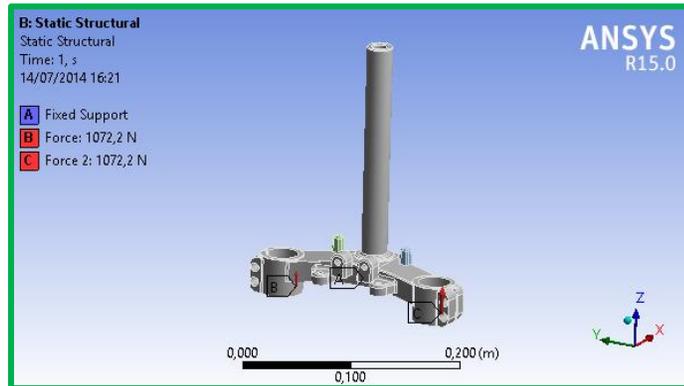


Figura 3-12 Fuerzas que actúan sobre la tija

Fuente: El Autor

Al igual que las fuerzas actúan sobre la tija superior estas también actúan sobre la tija inferior donde podemos evidenciar los valores en la figura 3-12.

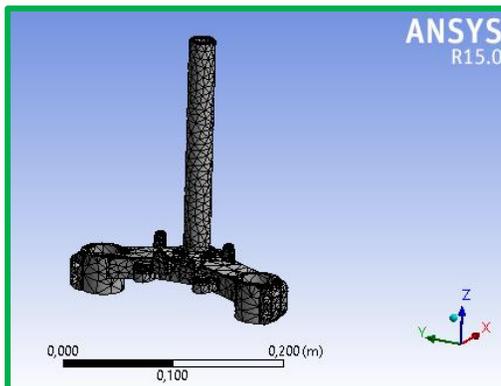


Figura 3-13 Mallado de la tija inferior

Fuente: El Autor

El número de nodos existentes es de 21030 y de elementos 11315 para el análisis por elementos finitos que nos genera Ansys como podemos observar en la figura 3-13.

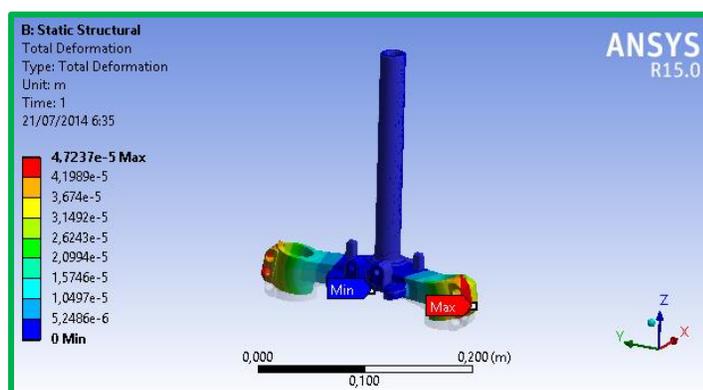


Figura 3-14 Deformación total de la tija inferior

Fuente: El Autor

La deformación que se da en la tija inferior es de $4.7237e^{-5}m$ equivalente a 0.0472mm como deformación máxima que se puede dar en este elemento, por su valor podemos deducir que es bastante aceptable.

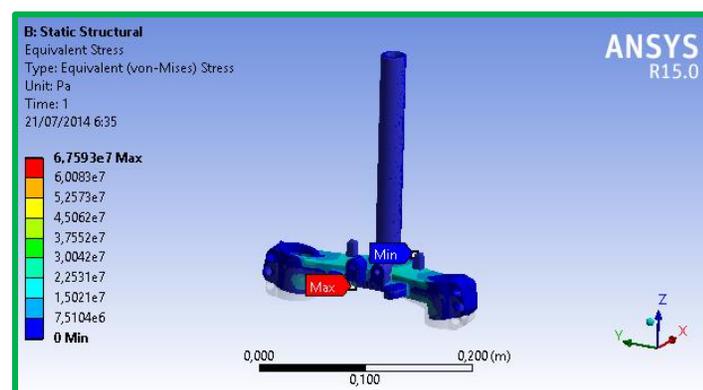


Figura 3-15 Límite de elasticidad

Fuente: El Autor

El valor que se puede observar en la figura 3-14 es de $6.759e^7$ Pa equivalente a 67.59 MPa el mismo que no sobre pasa el valor del material del cual está hecho este elemento que es de 250 MPa, por lo cual se deduce que el uso de este elemento es accesible para el proyecto.

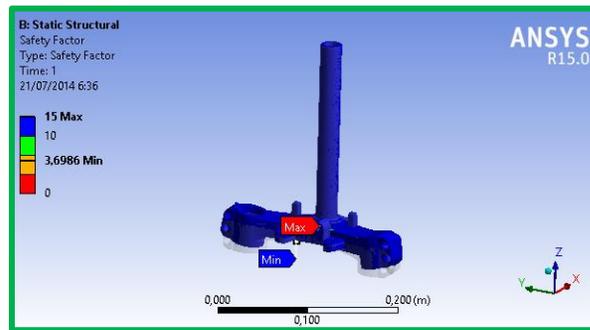


Figura 3-16 Factor de seguridad de la tija inferior

Fuente: El Autor

Para comprobar los análisis anteriormente realizados tenemos el factor de seguridad que como mínimo nos genera el software con un valor de 3.69 como se puede ver en la figura 3-16, el mismo que evidencia la accesibilidad del mismo para el proyecto.

3.5 DISEÑO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Para el diseño de la suspensión debemos reunir varios parámetros que constan en el diseño de bastidor, los mismos servirán para realizar el cálculo adecuado y dando cumplimiento a los requerimientos en el diseño de poder seleccionar los elementos adecuados para implementarlos en la motocicleta plegable.

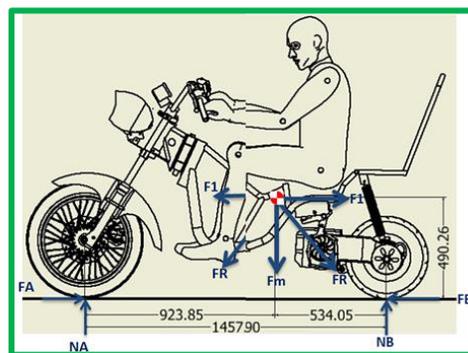


Figura 3-17 Esfuerzos generados sobre las ruedas

Fuente: Arias Pérez, X. A. (2014). Diseño de la Bastidor, Chasis y Sistemas Auxiliares de una Motocicleta Eléctrica Plegable. (Tesis pregrado inédita). Universidad De Las Fuerzas Armadas- ESPE

De la figura 3-3 tomamos los valores de las resultantes de los esfuerzos generados en frenada, asumiendo que la única llanta que frena es la delantera, y los valores de aceleración, cuando todo las cargas se mueven hacia la rueda posterior, de la anterior grafica se destaca los valores generados en el diseño del bastidor ver Tabla 3-1.

3.5.1 PARÁMETROS DE DISEÑO²³

Para poder controlar los parámetros anteriormente descritos, las suspensiones están constituidas por los sistemas: el resorte y el amortiguador. El resorte por lo general es un muelle helicoidal que está encargado de absorber la energía que se produce mediante el desplazamiento de la masa suspendida regresándola a su posición inicial. El sistema hidráulico es utilizado para evitar que el resorte se mantenga en compresión y extensión durante un tiempo considerable a diferencia del resorte que depende de la fuerza que le sea aplicada en el amortiguador depende de la velocidad del desplazamiento es decir la amortiguación se endurece cuando la velocidad aumenta. En este caso para diseñar la suspensión se analizaran dos casos extremos que fueron utilizados para el análisis del bastidor.

- Cuando la motocicleta frena solo la rueda delantera haciendo que la trasera pierda contacto con el suelo.
- Cuando la aceleración es tan fuerte que la rueda delantera se eleva dejando de hacer contacto con el suelo.

Con estos dos análisis encontraremos que para el primer caso todo el peso de la motocicleta se transfiere directamente a la rueda delantera haciendo que la horquilla telescópica actúe rápidamente y al máximo, y en el segundo caso la carga se transfiere directamente a la rueda trasera en este caso el que actúa es el basculante. Para el cálculo tanto de la suspensión delantera como de la

²³ Sarmiento J. Delgado J. (2009). Diseño y construcción de una motocicleta deportiva. (Tesis pregrado inédita). Facultad de ingenierías físico – mecánicas. Universidad Industrial de Santander.

trasera se despreciara el efecto de amortiguación que tienen las llantas o gomas y se asume que todo este proceso lo soportan los resortes de las barras.

3.5.2 SUSPENSIÓN DELANTERA

Para la suspensión delantera normalmente se utiliza la horquilla telescópica donde existen dos fuentes de hundimiento asociadas con este tipo de suspensión, una es el efecto debido a la transferencia de carga cuando ocurre una frenada, y el otro efecto es producto del ángulo de lanzamiento de la horquilla telescópica este ángulo hace que la fuerza de frenada en el neumático delantero pueda tener dos componentes una que actúa directamente de la suspensión y otra que trata de doblar las barras telescópicas como veremos en siguiente análisis.

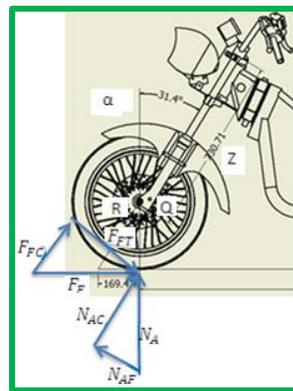


Figura 3-18 Fuerzas que actúan sobre la rueda delantera

Fuente: El Autor

En la figura 3-18 observamos que cuando se frena la motocicleta la rueda delantera aparecen las componentes de la fuerza de fricción además las componentes de la fuerza normal a la rueda producto del peso de la motocicleta y del conductor.

La fuerza de trabajo mínima en las barras telescópicas se rige por la siguiente ecuación.

$$F_{Tmin} = N_{Amin} * \cos \alpha$$

3.4 Ec. Fuerza de Trabajo mínima

El valor de la fuerza máxima de trabajo de las barras se da en una frenada de la rueda delantera ya que todo el peso de la motocicleta se concentra en la parte delantera además de las fuerzas de fricción.

$$F_{Tmax} = F_{FC} + N_{AC}$$

3.5 Ec. Fuerza de trabajo máxima

$$F_{Tmax} = F_F * \sin \alpha + N_{Amax} * \cos \alpha$$

3.6 Ec. Fuerza máxima de trabajo en función del lanzamiento

Además de las fuerzas de compresión que actúan en el resorte, también aparecen unas fuerzas que intentan doblar las barras que contiene los resortes luego es posible determinar el valor de estas fuerzas para poder analizar las barras.

$$N_{AF} = N_A * \sin \alpha$$

3.7 Ec. Resultante de la fuerza normal.

$$F_{FT} = F_F * \cos \alpha$$

3.8 Ec. Resultante de la fuerza de fricción

Las ecuaciones anteriores invierten en la flexión de las barra telescópicas pero actúan en sentidos contrarios lo cual nos indica que cuando se frena la rueda delantera aparece una fuerza que trata de evitar la flexión de las barras debido al ángulo de lanzamiento.

a. Cálculo del resorte

Para comenzar el cálculo del resorte se determina el valor de la fuerza mínima de trabajo que se da cuando la moto se presenta en estado estático y con piloto para esto se utiliza la ecuación 3.4.

Conociendo el valor de la reacción en la rueda delantera con $N_{Amin} = 785.07N$ de los parámetros establecidos según la tabla 3-1 y reemplazando en la ecuación 3.4 tenemos:

$$F_{Tmin} = 670.09N$$

Y la fuerza máxima de trabajo está dada por la ecuación 3.5 donde:

$$F_F = \mu_1 * N_{Amax}$$

Con

$$\mu_1 = 0.8 \text{ y } N_{Amax} = 2144.4N$$

$$F_{Tmax} = 2724.156N$$

Se propone una deflexión de trabajo del resorte de $\delta_{Trabajo} = 0.090m$

Ahora con la fuerza máxima, mínima y la deflexión del resorte se calculara el valor de la constante elástica.

$$K = \frac{F_{Tmax} - F_{Tmin}}{\delta_{Trabajo}}$$

3.9 Ec. Constante del resorte

Reemplazando los dos valores anteriores en la ecuación anterior se encuentra el valor de K

$$K = 21.54$$

En base al valor obtenido de la fuerza máxima de trabajo, se propone un diámetro de alambre de 6mm de cuerda de piano A228 (acero al carbono templado) que son los existentes en este material (ver Anexo D).

Calculando en diámetro medio de la espira:

$$D = C * d$$

3.10 Ec. Diámetro medio de la espira

Dónde:

C= índice del resorte

d= diámetro del alambre

Ahora se define el índice del resorte (C) como una medida de la curvatura de las espiras Como recomendación práctica puede tomarse para C, el rango de valores dado por:

$$4 \leq C \leq 12$$

Entonces para un C = 4.5 y un diámetro d = 6mm el valor del diámetro medio es:

$$D = 27mm$$

➤ **Factor de cortante directo K_s**

$$K_s = 1 + \frac{0.5}{C}$$

3.11 Ec. Factor cortante directo

De donde tenemos que:

$$K_s = 1.11$$

➤ **Esfuerzo cortante en la espira τ**

$$\tau = K_S * \frac{8 * F * D}{\pi * d^3}$$

3.12 Ec. Esfuerzo cortante de la espira

Reemplazando los datos anteriores en la ecuación 3.12 tenemos el valor del esfuerzo cortante.

$$\tau = 962509.62 \text{ KPa}$$

➤ **Resistencia máxima a la tensión S_{ut}**

$$S_{ut} = A * d^b$$

3.13 Ec. Resistencia máxima a la tensión

Del anexo F rescatamos $A = 2153500 \text{ KPa}$ y $b = -0.1625$ por el material escogido para el diseño. Posteriormente procedemos a sacar el valor requerido.

$$S_{ut} = 5094038.82 \text{ KPa}$$

➤ **Límite elástico a la torsión S_{ms}**

$$S_{ms} = 0.60 * S_{ut}$$

3.14 Ec. Límite elástico a la torsión

$$S_{ms} = 3056423.29 \text{ KPa}$$

➤ **Factor de seguridad contra la fluencia N_s**

$$N_s = \frac{S_{ms}}{\tau}$$

3.15 Ec. Factor de seguridad contra la fluencia

$$N_s = 3.17$$

➤ **Numero de espiras del resorte N_a**

$$N_a = \frac{d^4 * G}{8 * D^3 * K}$$

3.16 Ec. Número de espiras del resorte

El material utilizado para este resorte es alambre cuerda de piano A228 cuyo límite elástico por cortadura es $G=82737086.4$ KPa. Y reemplazando en la ecuación se encuentra el número de espiras activas

$$N_a = 38$$

Para extremos cuadrados y rectificados el número total de espiras es

$$N_t = N_a + 2$$

3.17 Ec. Número total de espiras

$$N_t = 40$$

➤ **Altura cerrada L_c**

$$L_c = d * N_t$$

3.18 Ec. Altura cerrada

$$L_c = 240mm$$

➤ **Deflexión inicial $\delta_{Inicial}$**

$$\delta_{Inicial} = \frac{F_{min}}{K}$$

3.19 Ec. Deflexión inicial

$$\delta_{Inicial} = 36.44mm$$

➤ **Deflexión de golpe δ_{Golpe}**

Asumiendo un golpeo inicial del 15% de la deflexión de trabajo se tiene que la deflexión de golpe es igual a.

$$\delta_{golpe} = 0.15 * \delta$$

3.20 Ec. Deflexión de golpe

$$\delta_{golpe} = 10.93 \text{ mm}$$

➤ **La longitud libre L_f**

$$L_f = L_c + \delta_{Golpe} + \delta_{Trabajo} + \delta_{Inicial}$$

3.21 Ec. Longitud libre

$$L_f = 341.6 \text{ mm}$$

➤ **La deflexión hasta la altura de cierre δ_{Cierre}**

$$\delta_{cierre} = L_f - L_c$$

3.22 Ec. Deflexión hasta la altura de cierre

$$\delta_{cierre} = 101.16 \text{ mm}$$

➤ **Fuerza para la deflexión hasta la altura de cierre F_{cierre}**

$$F_{cierre} = K * \delta_{cierre}$$

3.23 Ec. Fuerza para la deflexión

$$F_{cierre} = 2188.46 \text{ N}$$

➤ **Esfuerzo de altura de cierre τ_{cierre}**

$$\tau_{cierre} = K_s \frac{8 * F_{cierre} * D}{\pi * d^3}$$

3.24 Ec. Esfuerzo de altura de cierre

$$\tau_{cierre} = 773235.38 \text{ KPa}$$

➤ **Factor de seguridad altura de cierre N_{cierre}**

$$N_{cierre} = \frac{S_{ms}}{\tau_{cierre}}$$

3.25 Ec. Factor de seguridad de cierre

$$N_{cierre} = 3.9$$

➤ **Verificación por pandeo**

$$\frac{L_f}{D} = 16.08$$

$$\frac{\delta_{inicial} + \delta_{Trabajo}}{L_f} = 0.37$$

Con los valores que se detallan anteriormente se puede deducir si el resorte padea o no, por lo mismo nos referiremos a la figura 3-19 para verificar este estado.

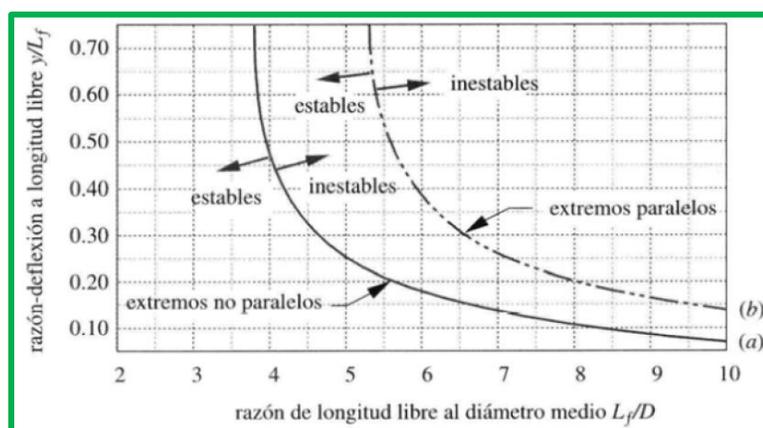


Figura 3-19 Razón de deflexión vs longitud libre al diámetro medio

Fuente: NORTON, ROBERT.L. *Diseño de Maquinas*, Prentice Hall, México, 1999.

Está claro que el resorte pandea pero en este tipo de suspensión telescópica el resorte se encuentra dentro de un tubo que evita el pandeo por lo tanto las características para la selección del resorte de material A228 son las que se describen en la tabla 3-2, los mismos que guardan relación o son de las mismas características de la motocicleta Yamaha DT 150Mx.

Tabla 3-2 Características del resorte seleccionado

Diámetro de alambre	Diámetro exterior resorte	Número total de espiras	Longitud libre resorte
6mm	26,4mm	40	342mm

Elaborado por: El Autor

La mejor estimación que se puede dar para selección del largo total de las barras telescópicas es multiplicanda por dos la longitud del resorte.

Es decir $344 * 2 = 684mm$

Para la determinación del diámetro de la barra telescópica se tiene como referencia el diámetro exterior del resorte diseñado, entonces se propone un diámetro de 30mm con un espesor de 1,5mm estos datos de acuerdo a las

existentes en el mercado de las motocicletas Yamaha DT. Entonces a continuación se determina la eficiencia de estos elementos.

b. Simulación de la suspensión delantera.

Luego de la determinación de las características que debe reunir las barras telescópicas procedemos a la simulación en el software para comprobar la versatilidad de las mismas.

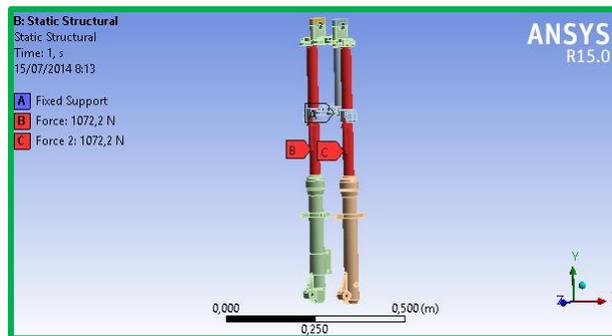


Figura 3-20 Esfuerzos que actúan sobre la suspensión delantera

Fuente: El Autor

En la figura 3-20 se puede observar las fuerzas que actúan sobre las barras telescópicas las mismas que son tomadas de la tabla 4 – 1 de donde $N_{Amax} = 2144.4$ N que dividiendo para dos las fuerzas son las que se observa en la figura.

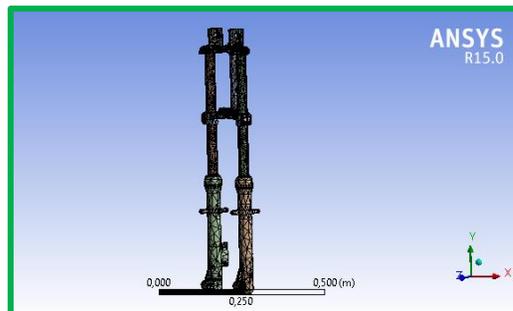


Figura 3-21 Mallado del sistema

Fuente: El Autor

El número de nodos existentes es de 108799 mientras que los elementos generados en Ansys son de 61541 para el estudio respectivo como se puede evidenciar en la figura 3-21.

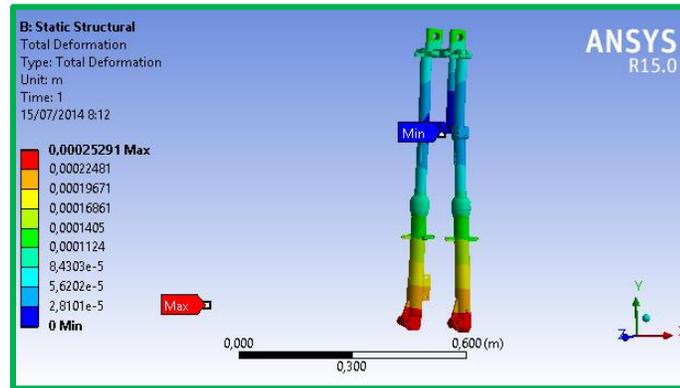


Figura 3-22 Deformación total del sistema

Fuente: El Autor

La deformación total máxima que se da en este sistema es de 0.25mm valor que es menospreciado, por lo tanto se valida la utilización de este elemento.

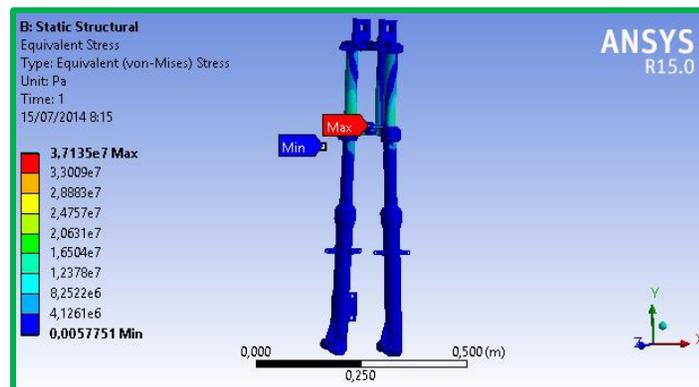


Figura 3-23 Límite de elasticidad

Fuente: El Autor

En la figura 3-23 el esfuerzo máximo en la barra producido cuando la motocicleta frena la rueda delantera y por consiguiente se transfiere toda la carga a la parte delantera se observa que este esfuerzo no sobre pasa el límite

elástico del material que para este caso se utiliza acero 1045 con limite elástico de 530 MPa.

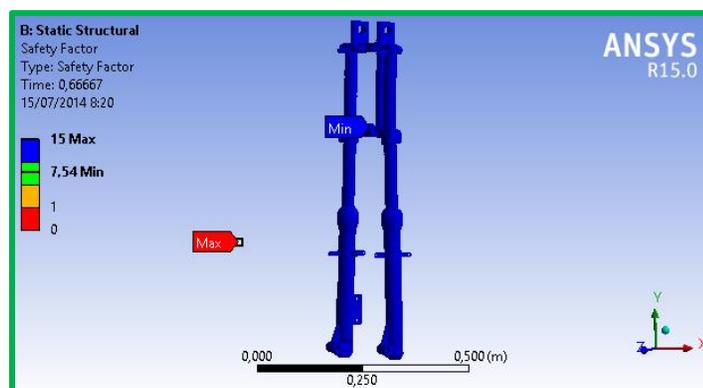


Figura 3-24 Factor de seguridad

Fuente: El Autor

En la figura 3-24 se comprueba mediante una verificación de diseño que el esfuerzo al que está sometida la barra con factor de seguridad por encima de 1, motivo por el cual se detalla en la tabla 3-3.

En base a los datos arrojados por el análisis de las barras telescópicas propuestas se procede a la selección de las misma, poniendo énfasis en las existentes en el mercado, que para este proyecto reúnen las características necesarias descritas en la tabla 3-3 las barras telescópicas de la motocicleta Yamaha DT 50Mx.

Tabla 3-3 Características de la barra seleccionada

Largo de la barra mm	Diámetro del telescopio mm	Calibre del tubo telescópico mm	Material del Tubo
700	30	1,5	AISI 1020

Elaborado por: El Autor

3.5.3 SUSPENSIÓN TRASERA

La suspensión trasera es importante debido a que mantiene la rueda trasera en contacto con el suelo siendo esta rueda la que transmite el torque impulsivo a la motocicleta, esta suspensión por lo general para motocicletas de la calle se utilizan dos barras telescópicas más pequeñas que las utilizadas en la parte delantera, además cabe destacar que con sistema CVT, este sistema por dos amortiguadores no varía debido a que es bastante útil para el sistema.

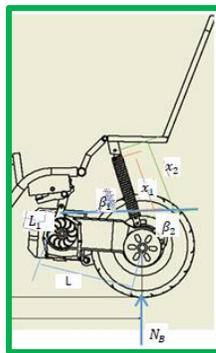


Figura 3-25 Fuerzas de carga mínima

Fuente: El Autor

En la figura 3-25 muestra la carga mínima de la suspensión trasera (peso de la motocicleta) y en la figura 3-26 se muestra la suspensión cuando esta trabaja al máximo (peso de la moto, peso del piloto y fuerzas tras la aceleración o toma de una curva)

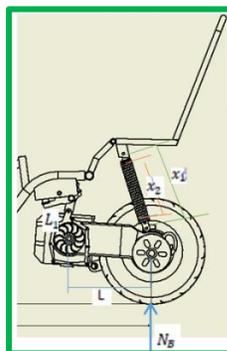


Figura 3-26 Fuerzas de carga máxima

Fuente: El Autor

a. Análisis de la suspensión con carga mínima

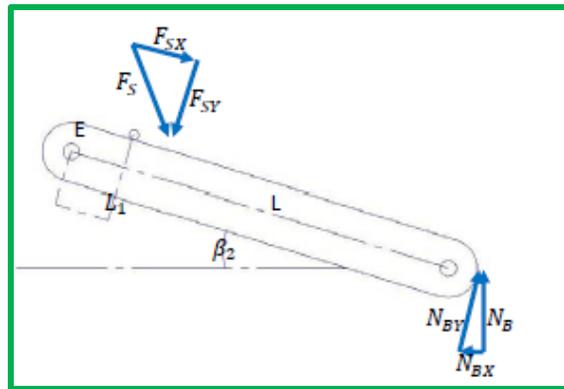


Figura 3-27 Distribución de cargas mínimas

Fuente: El Autor

$$N_{BY} = N_B * \sin \beta_2$$

3.26 Ec. Fuerza normal

$$F_{SY} = F_S * \sin \beta_1$$

Haciendo sumatoria de momentos en el punto de giro E del brazo basculante tenemos que:

$$\sum M_E = 0$$

$$F_{SY} = \frac{N_{BY} * L}{L_1}$$

Ahora bien resolviendo las ecuaciones para encontrar la carga mínima de trabajo:

$$F_{SMin} = \frac{N_B * L * \sin \beta_2}{L_1 * \sin \beta_1}$$

b. Análisis de la suspensión con carga máxima de trabajo

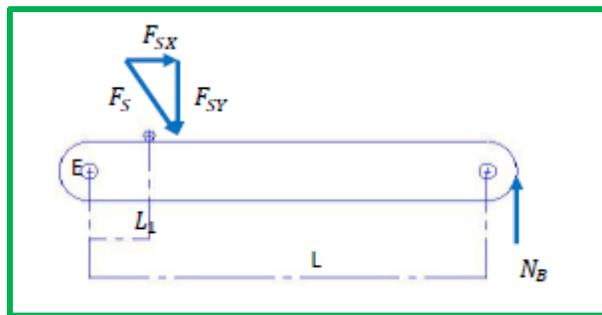


Figura 3-28 Distribución de cargas máximas

Fuente: El Autor

$$F_S = \frac{F_{SY}}{\sin \beta_1}$$

Haciendo sumatoria de momentos en el punto E tenemos

$$F_{SY} = \frac{N_B * L}{L_1}$$

Resolviendo las ecuaciones simultáneamente se encuentra la carga máxima de trabajo del resorte:

$$F_{SMax} = \frac{N_B * L}{L_1 * \sin \beta_1}$$

Para el cálculo del resorte se utiliza el mismo procedimiento realizado para la selección del resorte de la suspensión delantera. El material utilizado para calcular este resorte es Alambre revenido en Aceite A229, con $G = 80650$ MPa.

De la posición inicial del centro de la rueda de la figura 3-25 hasta la posición final del centro de la rueda figura 3-26 existe un recorrido vertical de 140mm lo que por solución de triángulos se encuentra que la máxima compresión que tendría el resorte es de 80mm lo cual muestra primera condición de diseño.

Una vez obtenidos los datos arrojados por el cálculo y teniendo en cuenta las características del sistema de amortiguación trasera de la motocicleta Joy 150 se deduce la efectividad del mismo para este sistema en la motocicleta eléctrica, el mismo que consta de los parámetros descritos en la tabla 3-4.

Tabla 3-4 Características del resorte seleccionado.

Diámetro del Alambre	Diámetro exterior del Resorte	Número total de espiras	Longitud libre resorte
7mm	42mm	25	260mm

Elaborado por: El Autor

c. Simulación del basculante

A continuación se realizará los análisis respectivos de cada elemento que conforman el basculante de la motocicleta, este análisis se lo realiza por elementos finitos, de acuerdo a la determinación del software ANSYS, independientemente del número de nodos y elementos que genere el programa en la generación de la malla respectiva. Cabe destacar que las cargas o fuerzas que se aplicaran en cada elemento son tomadas de los datos preliminares para el diseño del bastidor que se muestran en la tabla 3-5.

Tabla 3-5 Datos preliminares

Elementos	Masa (Kg)	Peso (N)
Piloto	70	686.7
Chasis	23	225.63
Motor electrico	18.9	185.4
Base Motor	5.2	51
CVT	9.8	96.13
Bateria 1	11.5	112.815
Bateria 2	11.5	112.815
Bateria 3	11.5	112.815
Bateria 4	11.5	112.815
Componentes Restantes	20	196.2
Total suspendida	193	1,892

Fuente: Arias Pérez, X. A. (2014). Diseño de la Bastidor, Chasis y Sistemas Auxiliares de una Motocicleta Eléctrica Plegable. (Tesis pregrado inédita). Universidad De Las Fuerzas Armadas- ESPE

La siguiente figura 3-29 representa el basculante diseñado en software CAD Inventor. Podemos destacar que para el diseño se parte desde la configuración del sistema de transmisión de una motoneta Joy 150 debido a que por la configuración y la necesidad de la implementación del sistema de transmisión variable CVT en la motocicleta eléctrica. Entonces se utiliza la base del CVT como parte del basculante mientras que la base del motor es readecuado a la configuración de la base del CVT para formar un solo cuerpo junto con el soporte para la rueda, y de esta manera formando el basculante completo en forma de U.

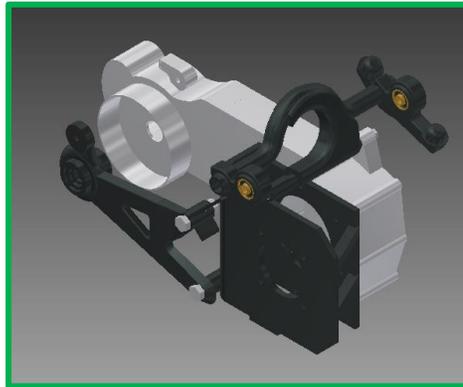


Figura 3-29 Basculante

Fuente: El Autor

➤ **Base del motor**

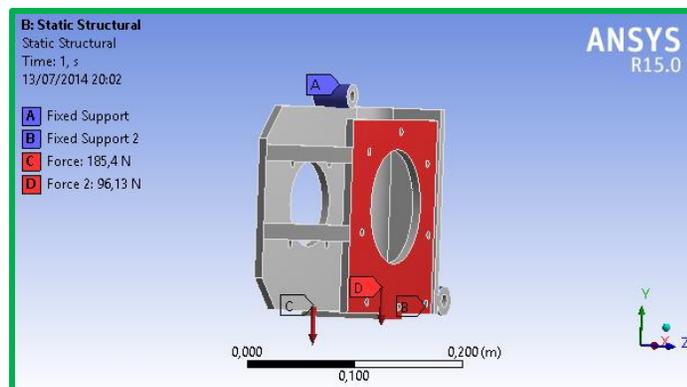


Figura 3-30 Distribución de esfuerzos sobre la base

Fuente: El Autor

En la anterior figura 3-30 se puede observar la distribución de carga en la base siendo A,B los soportes en los que va montado dicha base, mientras que C el esfuerzo causado por la masa del motor eléctrico y D el esfuerzo generado por la masa del porta CVT.

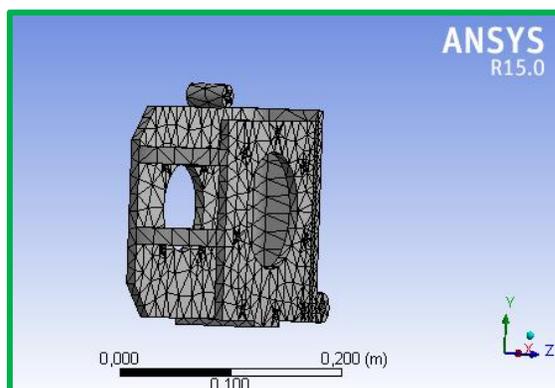


Figura 3-31 Mallado de la base

Fuente: El Autor

En la gráfica anterior 3-31 se observa la cantidad de elementos que genera el programa para el análisis, algo que asegura una mayor precisión de resultados y que nos disminuye el tiempo de cálculo en el caso que se hubiese hecho a mano. La cantidad de nodos es 6107 y el número de elementos 2821.

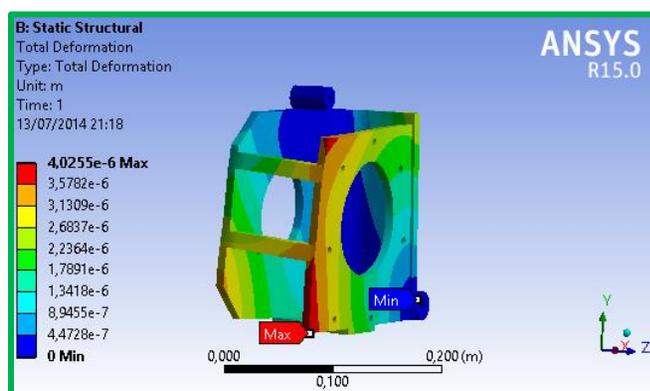


Figura 3-32 Deformación total de la base

Fuente: El Autor

El primer análisis realizado es la deformación del material ASTM A36 acero estructural, como podemos evidenciar en la figura 3-32 el valor es de $4.0255e^{-6}$ m como deformación máxima posible y un valor de 0m de deformación mínima, destacando de esta manera la versatilidad del elemento para el trabajo requerido.

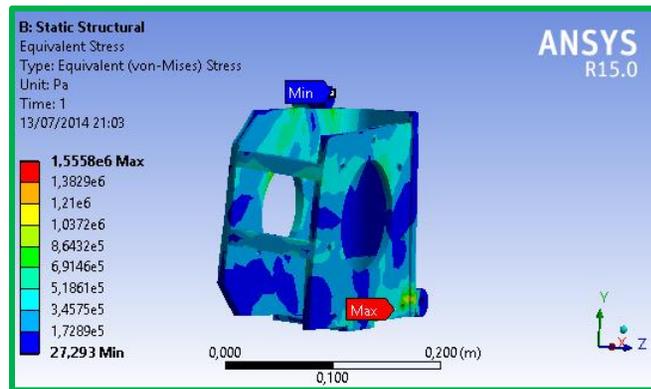


Figura 3-33 Límite elástico de la base

Fuente: El Autor

Al observar la figura 3-33 se nota que el máximo esfuerzo se presenta en la unión de las paredes, donde el valor máximo no supera el límite de fluencia del material escogido para el análisis que tiene un esfuerzo de fluencia de 2 530 kg/cm² (250 MPa, 36 ksi) y un esfuerzo mínimo de ruptura en tensión de 4 080 kg/cm² a 5 620 kg/cm² (400 a 550 MPa, 58 a 80 ksi), y su soldabilidad es adecuada.

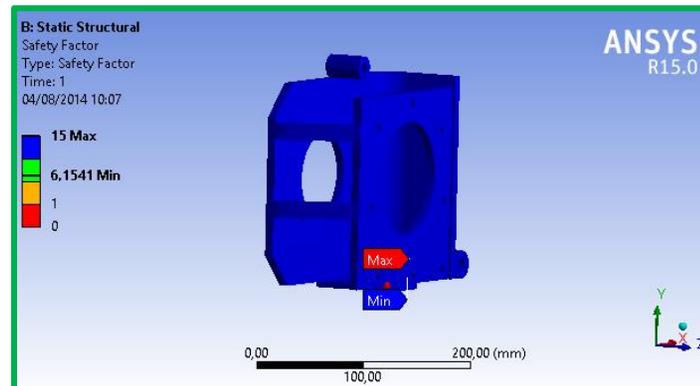


Figura 3-34 Factor de seguridad de la base

Fuente: El Autor

Para la comprobación de los análisis anteriores tenemos el factor de seguridad que como se observa en la figura 3-34 es un valor de 6,15, de donde podemos deducir que no habrá deformación ni ruptura permanente.

➤ Base del CVT

Este elemento existe en el mercado, y por ende la factibilidad y la seguridad del uso del mismo es comprobada, sin embargo se ve la necesidad de realizar el estudio debido a las configuraciones realizadas para el sistema de transmisión.

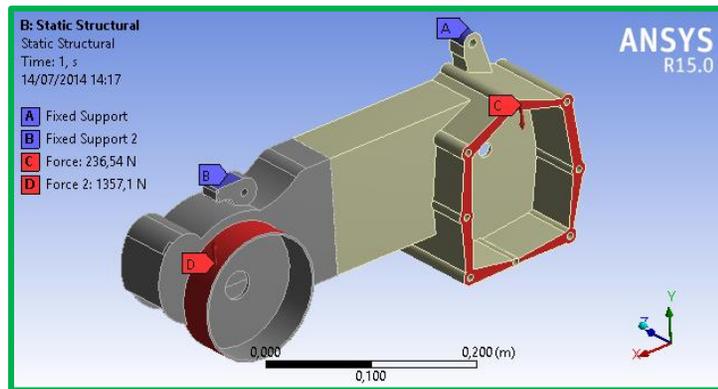


Figura 3-35 Distribución de esfuerzos en la base del CVT

Fuente: El Autor

En el grafico 4-35 podemos observar los esfuerzos que sufre la base del CVT, detallándolos de la siguiente manera: A y B son los soportes que tiene este cuerpo siendo A, el pivote y B la base para el amortiguador. Mientras que C es la fuerza normal que se genera en esta parte ya que va montado el neumático y este a su vez soporta toda la masa que tiene la poto a partir del centro de gravedad hasta la parte posterior, el esfuerzo C es generado por la masa del motor junto con la base del mismo.

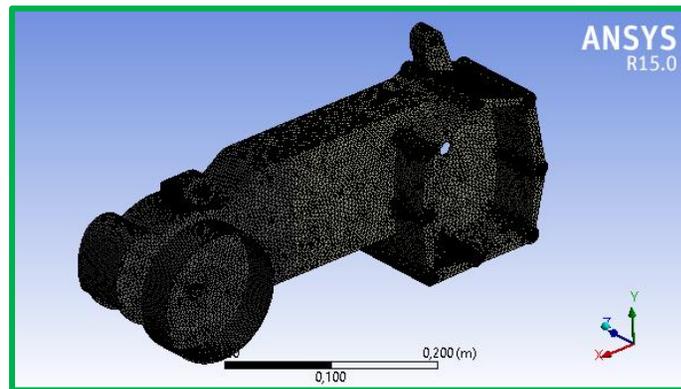


Figura 3-36 Mallado de la base del CVT

Fuente: El Autor

La figura 3-36 muestra el número de nodos y elementos que genera el software para el estudio por elementos finitos dando un total de 516461 nodos y 325954 elementos.

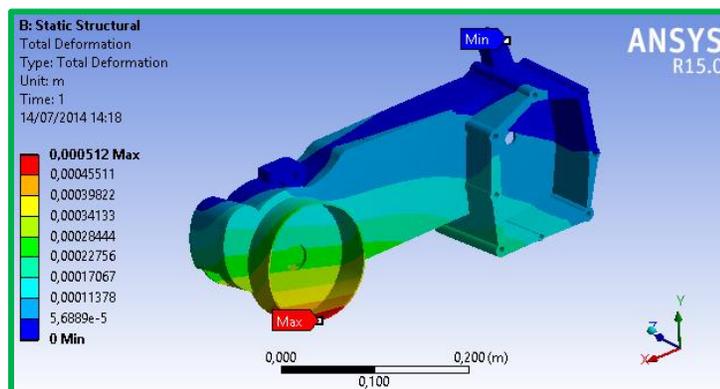


Figura 3-37 Deformación de la base del CVT

Fuente: El Autor

La deformación total máxima que se genera es de 0,000512m y la mínima es de 0m, teniendo como material aluminio estructural de aleación 2007 T4 (ver anexo C), de esta manera podemos evidenciar la versatilidad del material que compone este elemento.

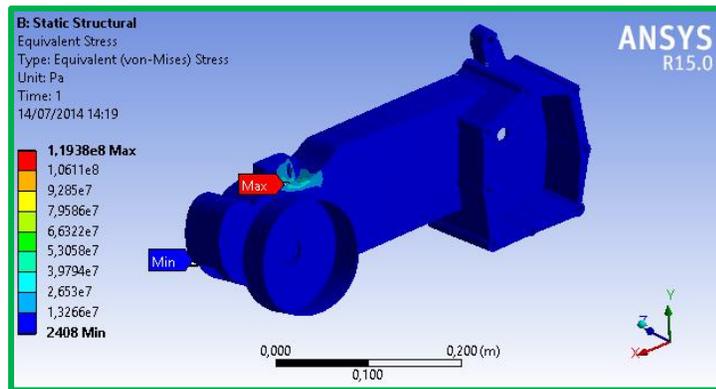


Figura 3-38 Límite de elasticidad de la base del CVT

Fuente: El Autor

El máximo esfuerzo se presenta en la base para el amortiguador, donde el valor máximo no supera el límite de fluencia del material de este elemento que es de 210N/mm^2 .

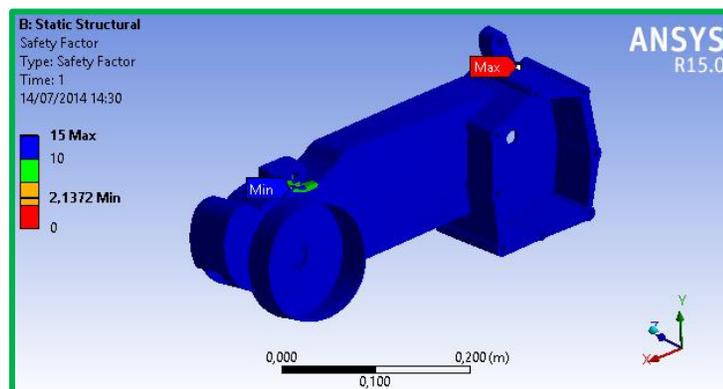


Figura 3-39 Factor de seguridad de la base del CVT

Fuente: El Autor

El factor de seguridad que se puede observar en la anterior figura 3-39 es de 2,137, que es prácticamente viable por su valor.

➤ Soporte para la rueda

Este soporte al igual que la base del CVT existe en el mercado y de la misma manera realizaremos los estudios respectivos para comprobar su versatilidad por las configuraciones dadas al sistema.

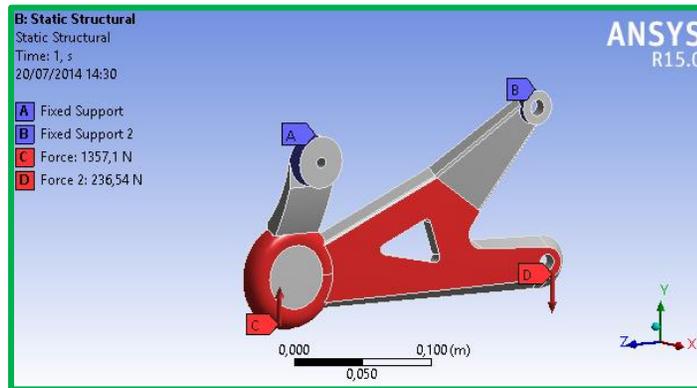


Figura 3-40 Distribución de cargas sobre el soporte

Fuente: El Autor

Como se puede ver en la figura 3-40 los esfuerzos que se dan son: A y B son los soportes existentes A del amortiguador y B de la junta con la base del motor, mientras que C el esfuerzo normal generado por la masa que soporta el neumático trasero y D la masa del motor con la base del motor.

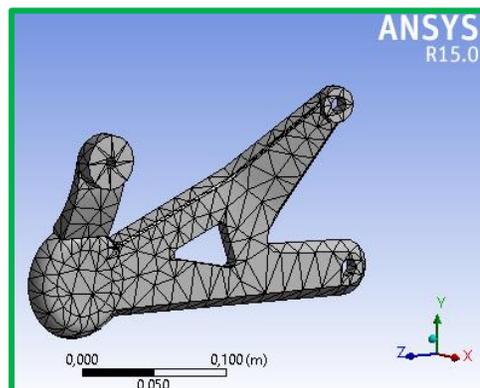


Figura 3-41 Mallado del soporte

Fuente: El Autor

El número de nodos es 3393 y 1600 elementos existentes para el estudio por elementos finitos generado por Ansys. De esta manera se da el mallado como se observa en la anterior figura 3-41.

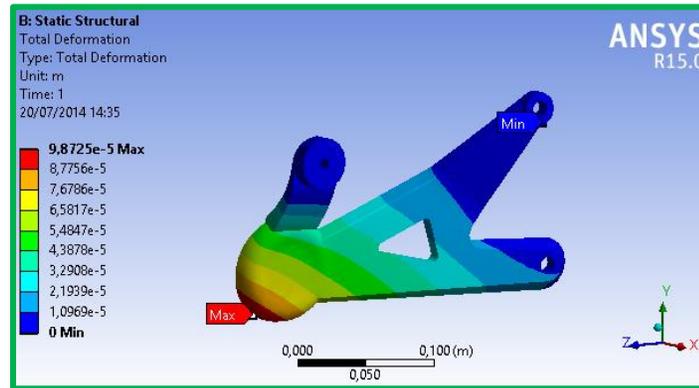


Figura 3-42 Deformación total del soporte

Fuente: El Autor

La deformación total máxima que se da en este elemento es $9,872 \text{ e-5m}$ teniendo en cuenta que el material es ASTM A 36, por lo cual es factible el diseño establecido.

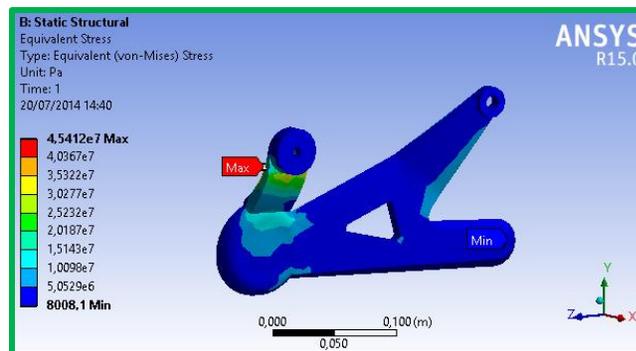


Figura 3-43 Límite elástico del soporte

Fuente: El Autor

El límite elástico de este elemento se muestra en la figura 3-43 y como podemos apreciar no sobrepasa los límites establecidos que son 250MPa, por lo cual es factible el uso del diseño pre establecido.

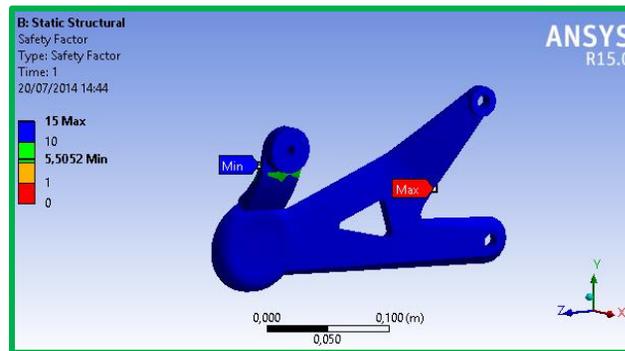


Figura 3-44 Factor de seguridad del soporte de la rueda

Fuente: El Autor

Como factor de seguridad generado es de 15 máximo y un mínimo de 5,50, que es prácticamente seguro por su valor.

➤ **Soporte del basculante**

Al igual que la base del CVT, el soporte de la Rueda posterior este es un elemento existente en el mercado, y sin embargo se realiza el análisis para comprobar su viabilidad debido a los esfuerzos que va a soportar por las modificaciones dadas.

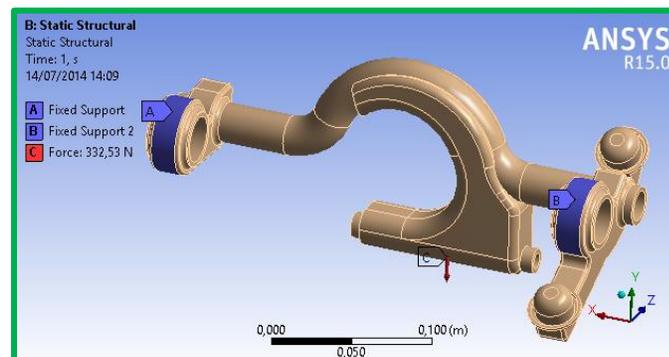


Figura 3-45 Distribución de cargas sobre el soporte del basculante

Fuente: El Autor

Se muestra en la figura 3-45 el esfuerzo que sufre este elemento siendo A y B los soportes que existen por la unión en estos puntos con el bastidor, y C el

esfuerzo que se produce por la masa existente de todo el cuerpo del basculante.

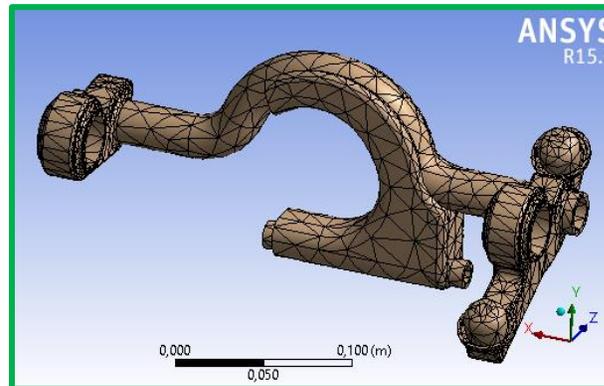


Figura 3-46 Mallado del soporte del basculante

Fuente: El Autor

El número de nodos existentes es 18196 y un total de 9844 elementos existentes para el estudio como se observa en la figura 3-46.

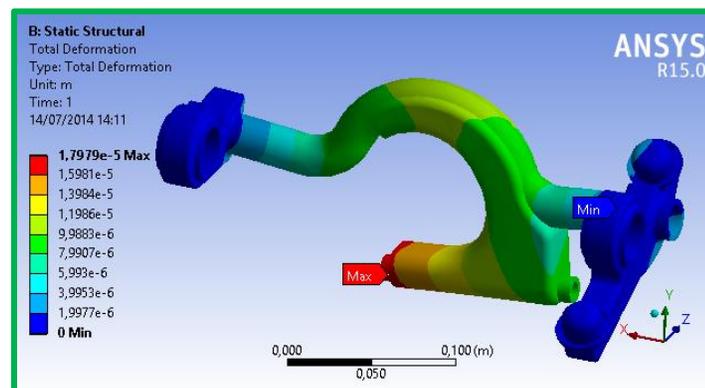


Figura 3-47 Deformación total del soporte del basculante

Fuente: El Autor

La deformación total no sobre pasa los límites como podemos apreciar en la figura que solamente es de $1,79 \text{ e}^{-5} \text{ m}$ como deformación máxima posible para este elemento con material de construcción ASTM A 36.

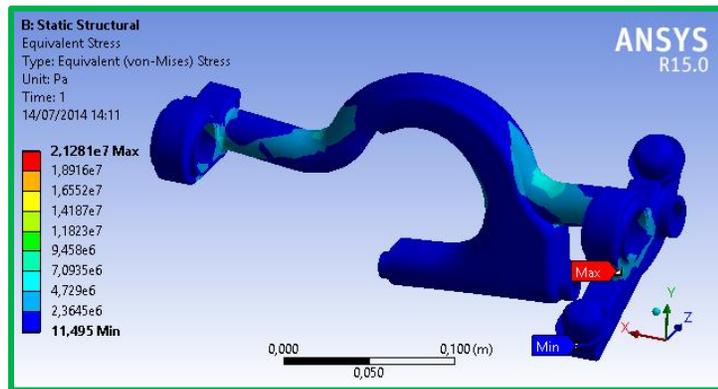


Figura 3-48 Límite elástico del soporte del basculante

Fuente: El Autor

El límite elástico es de $2,1281 \times 10^7$ Pa frente a 250MPa que presenta ASTM A36 dando así la factibilidad del uso de este elemento para los parámetros requeridos.

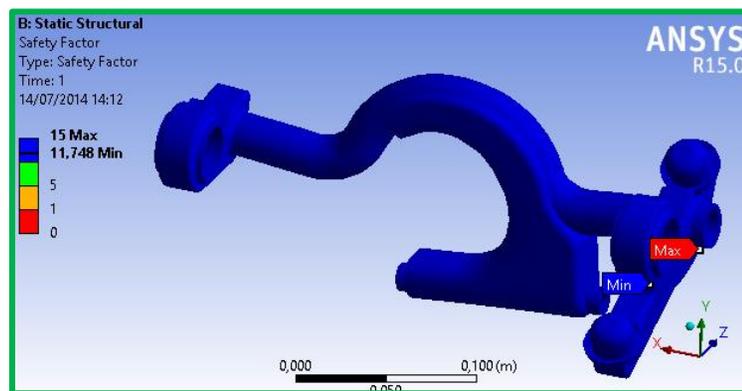


Figura 3-49 Factor de seguridad del soporte del basculante

Fuente: El Autor

El factor de seguridad existente es de 15 como máximo y mínimo 11,74, estableciendo así se puede deducir que no habrá deformación elástica ni ruptura permanente, y de esta manera comprobando los análisis anteriores.

3.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE FRENOS

La frenada de un vehículo es la conversión de energía cinética en energía térmica o calorífica.

La energía cinética depende de la masa y de la velocidad al cuadrado del vehículo, entonces para pasar de una elevada velocidad a un más baja debemos eliminar la diferencia de energía cinética que exista entre las dos velocidades y esto se logra con ayuda de los frenos y de la resistencia que ofrece el viento al avance del vehículo.

La desaceleración que puede alcanzar una moto en diversas condiciones es una buena medida de la eficacia del sistema de los frenos y de la adherencia del neumático con la pista lo cual se ve plasmado en la siguiente ecuación.

$$E = \frac{1}{2} * m * v^2$$

3.27 Ec. Trabajo mecánico

Esta ecuación representa el trabajo mecánico realizado por la motocicleta durante su movimiento. Teniendo en cuenta esto se debe contrarrestar ese trabajo para que el vehículo logre detenerse en cierto trayecto para esto obtenemos la siguiente ecuación que expresaría la cantidad de trabajo absorbido por los frenos y que será transformado en calor.

$$F_f * x = \frac{1}{2} * m * v^2$$

3.28 Ec. Cantidad de trabajo absorbido por los frenos

Esta ecuación también se puede expresar de la siguiente manera

$$N_{A,B} * \mu * x = \frac{1}{2} * m * v^2$$

Despejando x se puede conocer el espacio recorrido por la motocicleta desde el momento en que se aplican los frenos hasta el momento en que se detiene.

$$x = \frac{\frac{1}{2} * m * v^2}{N_{A,B} * \mu}$$

3.29 Ec. Espacio recorrido por frenada

3.6.1 CÁLCULO DEL FRENO DE DISCO DELANTERO

El momento de frenado está dado por la siguiente ecuación:

$$M_f = N_A * \mu * r_r$$

3.30 Ec. Momento de frenado

Dónde:

N_A = Normal generada por las fuerzas de frenado

μ = Coeficiente de fricción

r_r = Radio de la llanta

La fuerza necesaria que se debe aplicar al disco del freno es la siguiente.

$$F_a = \frac{M_f}{r_d}$$

3.31 Ec. Fuerza de aplicación del freno

Resolviendo la ecuación anterior se puede encontrar el área necesaria para frenar la rueda, se obtiene una ecuación que depende del coeficiente de rozamiento entre el disco y las pastillas junto con el radio medio del disco.

$$A = \frac{M_f}{2 * r_d * p * \mu_1}$$

3.32 Ec. Área necesaria para frenada

Siendo p un intervalo de presión del material utilizado para las pastillas. Para este diseño se toma un asbesto impregnado sobre acero o hierro fundido con coeficiente de fricción de 0.32 y valor de presión de 30000 Pa.

Con el valor de $N_A = 2144.4\text{N}$, un coeficiente de fricción entre la llanta y el suelo de $\mu = 0.8$ y un radio de la llanta de r_r 0.3 metros, se obtiene que el momento de frenada es:

$$M_f = 514.65 \text{ N} - m$$

Ahora con un valor de 0.1 metro para el radio medio r_d del disco del freno y reemplazando en la ecuación 3.31 se obtiene que la fuerza de frenada es de:

$$F_a = 5146.5 \text{ N}$$

Para encontrar el área necesaria para frenar la rueda y por tanto la moto se reemplaza los valores obtenidos en la ecuación 3.32

$$A = 0.002224213 \text{ m}^2$$

Y en milímetros sería: $A = 2242.13 \text{ mm}^2$

Ahora se determina el área en el disco entonces con el radio medio r_d se puede encontrar tanto el radio interior como el exterior.

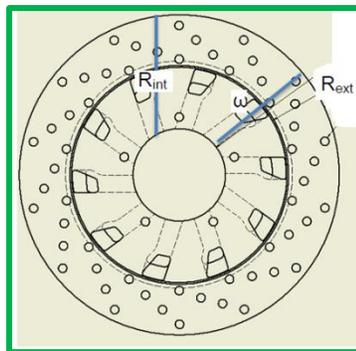


Figura 3-50 Disco de freno

Fuente: El Autor

Se calcula el área del sector menor A_1 para un ángulo de 45 grados cuya fórmula es la siguiente:

$$A_1 = \frac{1}{2} * R_{int}^2 * \omega$$

3.33 Ec. Área del sector menor

Donde ω esta dado en radianes.

$$\omega = 0.785 \text{ radianes}$$

$$R_{int} = 85 \text{ mm}$$

$$A_1 = 2835.8 \text{ mm}^2$$

Ahora se calculará el área del sector mayor A_2 para el mismo ángulo

$$R_{ext} = 115 \text{ mm}$$

$$A_2 = \frac{1}{2} * R_{ext}^2 * \omega$$

3.34 Ec. Área del sector mayor

$$A_2 = 5190.8 \text{ mm}^2$$

Una vez obtenidos los valores generados por el cálculo se procede a la selección del disco tomando en cuenta el área necesaria para el frenado y a su vez, poniendo prioridad a los discos existentes en el mercado, a continuación se detallan las principales características que debe reunir el disco seleccionado.

Tabla 3-6 Características del disco seleccionado

<i>Diámetro exterior del disco</i>	<i>Diámetro interior del disco</i>	<i>Espesor del disco</i>
220mm	150mm	3mm

Elaborado por: El Autor

3.6.2 CÁLCULO DEL FRENO DE TAMBOR TRASERO

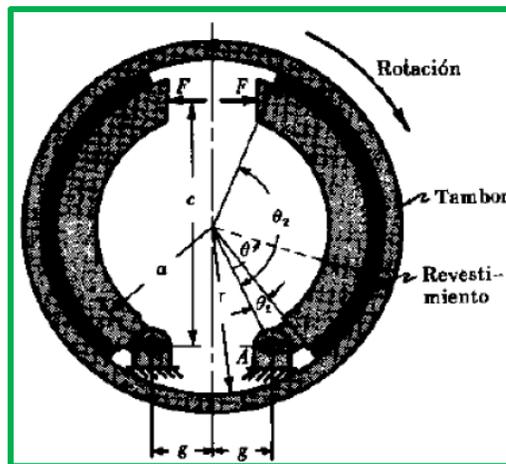


Figura 3-51 Frenos de zapatas internas

Fuente: MOTT, Robert. *Diseño de elementos de máquinas*, México: Prentice Hall. 1992

La ecuación del momento de frenada es la siguiente:

$$M_f \text{ derecha} = \mu_1 * P_m * w * r_t^2 * \left(\frac{\cos \theta_1 - \cos \theta_2}{\sin \theta_m} \right)$$

$$M_f \text{ izquierda} = \mu_1 * P'_m * w * r_t^2 * \left(\frac{\cos \theta_1 - \cos \theta_2}{\sin \theta_m} \right)$$

3.35 Ec. Momento de frenada

La presión máxima en la zapata izquierda P'_m se determina por la siguiente ecuación:

$$P'_m = \frac{C * F * P_m}{M_n + M_f}$$

3.36 Ec. Presión máxima de la zapata izquierda

Momento de las fuerzas de rozamiento con respecto a la articulación de la zapata puede determinarse por:

$$M_f = \frac{\mu_1 * P_m * w * r_t}{\sin \theta_m} * \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta * (r - a * \cos \theta) d\theta$$

3.37 Ec. Momento de las fuerzas de rozamiento

El momento de las fuerzas normales con respecto a la articulación de la zapata puede determinarse por:

$$M_n = \frac{a * P_m * w * r_t}{\sin \theta_m} * \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^2 \theta d\theta$$

3.38 Ec. Momento de las fuerzas normales

Para calcular el freno de tambor se tiene que el coeficiente de fricción es de $\mu_1 = 0.32$

Como en el cálculo anterior del freno de disco se encontró un valor de área de frenado se puede tomar este valor como primera interacción luego se propone un ancho de zapata de:

$$w = 0.03 \text{ m}$$

Del cálculo del freno de disco se encontró que el valor del momento de frenada es de:

$$M_f = 514.65 \text{ N} - \text{m}$$

Se propone un radio interno del tambor o campana del rin de $r_t = 0.12 \text{ m}$ debido a que la configuración del alojamiento del CVT para el freno posterior es

de este diámetro, motivo por el cual se toma este valor de referencia para poder determinar la utilización del mismo.

Un valor de $\theta_1 = 0^\circ$ y $\theta_2 = 140^\circ$

Del Anexo G se ve que la presión máxima es de 1000 KPa, de donde se tiene que:

$$P_m = 1000000 Pa$$

El valor de c que es la distancia que existe entre el punto de aplicación de fuerza en la zapata y el pivote es de $c = 0.162 m$

El valor de la fuerza de aplicación se toma del cálculo anterior en el freno de disco el cual es de

$$F = 5146.5 N$$

Los datos anteriores se reemplazan en la ecuación 3.37

$$M_f = \frac{0.32 * 1000000 * 0.03 * 0.12}{\sin 90} * \int_0^{140} \sin \theta * (r - a * \cos \theta) d\theta$$

Resolviendo lo anterior se tiene:

$$M_f = 1152 * [0.12 * \cos 0 - 0.12 * \cos 140 - 0.065 * \frac{\sin^2 0}{2} - 0.065 * \frac{\sin^2 280}{2}]$$

$$M_f = 138.24 N - m$$

Utilizando la ecuación 3.38 se obtiene el momento de la fuerza normal en la zapata

$$M_n = \frac{1000000 * 0.03 * 0.12 * 0.065}{\sin 90} * \int_0^{140} \sin^2 \theta d\theta$$

$$M_n = 234 * \left[\frac{0}{2} - \frac{\sin 0}{4} + \frac{2.44 \sin 80}{2} \right]$$

$$M_n = 400.14 \text{ N} - m$$

Ahora se calcula el valor de la presión máxima en la zapata izquierda con la ecuación 3.36.

$$P'_m = \frac{0.162 * 4497 * 1000000}{400.14 + 138.24}$$

$$P'_m = 1422879 \text{ Pa}$$

Con los valores encontrados se puede calcular el torque en las dos zapatas y comparar el torque total con el torque o momento de frenado encontrado en el análisis del disco de freno.

$$M_{fderecha} = 0.32 * 0.03 * 1000000 * 0.12^2 * \left(\frac{\cos 0 - \cos 140}{\sin 90} \right)$$

$$M_{fderecha} = 221.25 \text{ N} - m$$

$$M_{fizquierda} = 0.32 * 0.03 * 1422879 * 0.12^2 * \left(\frac{\cos 0 - \cos 140}{\sin 90} \right)$$

$$M_{fizquierda} = 300.15 \text{ N} - m$$

Luego el momento total de frenado que soportan esta zapatas es de

$$M_{total} = M_{fderecha} + M_{fizquierda}$$

3.39 Ec. Momento total de frenada

$$M_{total} = 521.4 \text{ N} - m$$

Recordando que el momento necesario para frenar la moto es de 514.65 N-m y comparando con el momento de frenado que soporta las zapatas calculadas

se tiene que este diseño es efectivo para lograr detener la motocicleta. Por lo tanto a continuación en la tabla 3-7 se describe las características que deben reunir los elementos de frenado, cabe destacar también que estos valores se ajustan a las características del sistema de frenos posterior de la motocicleta Joy 150, por tal razón se opta por utilizar el mismo sistema.

Tabla 3-7 Características del freno de tambor seleccionado

<i>Diámetro interno de la campana del rin</i>	<i>Ancho de las zapatas</i>	<i>Angulo de cobertura de las zapatas</i>	<i>Espesor de las zapatas</i>
240 mm	30mm	140 grados	3mm

Elaborado por: El Autor

3.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE PLEGADO

Es importante mencionar que este sistema para motocicletas no existe en el mercado, existen muchos tipos de plegado en el mundo pero sin embargo son proyectos que se han quedado en prototipos para en un futuro promover estas motocicletas.

El proyecto pretende reducir el tamaño de la motocicleta para de esta manera optimizar el espacio de aparcamiento, en otras palabras se pretende que en lugares donde entran una sola motocicleta entren dos, y a más de eso el control sea óptimo para conseguir el plegado con la utilización del adelanto tecnológico en cuanto a celulares se refiere ya que hoy en día el sistema Android en Smartphone son los más cotizados en el mercado.

3.7.1 DISEÑO Y REQUERIMIENTOS

Para conseguir un plegado automatizado óptimo debemos cumplir varios requerimientos que se necesitan para el cumplimiento del mismo, a continuación se detallara en orden los requerimientos que se necesitan.

Medio de elevación.- necesitamos elevar la parte delantera de la motocicleta para poder suspender en el aire la misma y permitiendo el plegado ya que de esta manera se puede maniobrar con mayor facilidad esta parte de la motocicleta.

Medio de activación.- se necesitara de un aparato eléctrico que permita el bloqueo y desbloqueo de un seguro para la bisagra para poder abrir la bisagra.

Medio de ejecución.- se necesitara un actuador que cumpla requerimientos específicos para poder dar apertura a la bisagra y de la misma manera el cierre de la misma.

Medio de control.- para poder ejecutar la activación de cada actuador y de la misma manera controlarlos necesitamos un medio periférico para poder satisfacer el mismo.

Medio de conexión.- es muy importante tener un medio de conexión para mandar a ejecutar el proceso de plegado y desplegado motivo por el cual es de suma importancia la manera de conectarse ya sea por cable o por medios inalámbricos.

3.7.2 DISEÑO CONCEPTUAL

Este sistema proporcionará el ahorro de espacio en el aparcamiento motivo por el cual debe cumplir con medidas de aparcamiento establecidas por SIMTEL (sistema municipal tarifado de estacionamiento de Latacunga) la cual es un espacio de 4X3m para autos y 1x3m para motocicletas y por esta razón la reducción mínima que debe alcanzar la motocicleta es de un ahorro del 20%. Que equivaldría a 0,291m según el diseño del bastidor tomando en cuenta la distancia entre ejes como se puede observar en la figura 3-4.

3.7.3 SELECCIÓN DE ELEMENTOS

a. Medio de elevación

Para poder seleccionar un actuador que nos permita elevar la motocicleta debemos considerar la masa de la misma que es de 80,11Kg en el eje delantero como lo indica la tabla 3-1, Así como también de la altura que debe tomar que aproximadamente para esta operación es de 0,2 m.

Teniendo en consideración el peso de esta parte de la moto, la altura que debe alcanzar y tomando en cuenta la facilidad de obtención de un actuador eléctrico, se selecciona una gata eléctrica para poder cumplir con el objetivo, la gata eléctrica que existe en el mercado cumple con los parámetros requeridos (ver anexo H) que levanta una altura de hasta 38,5cm con un peso de hasta 2000kg, su fuente debe ser de 12V y una corriente máxima de 10A. Con estas características se deduce la utilización eficiente del mismo.

La figura 3-52 muestra la ubicación que debe tener la gata eléctrica con respecto al CdG para poder levantar la parte delantera de la motocicleta.

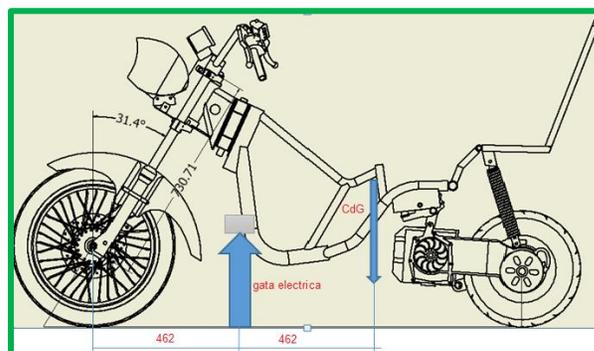


Figura 3-52 Ubicación del medio de elevación

Fuente: El Autor

b. Medio de activación

Se considera para este medio un pistola eléctrica utilizada en el bloqueo centralizado de puertas para los autos que trabaja con un rango de 12 – 24V y corriente máxima de 5 A además cuenta con una carrera de 0.03m, y debido a su facilidad de obtención se opta por la utilización del mismo. En la figura 3-53 se puede observar de forma esquemática la ubicación de este elemento (ver anexo H).

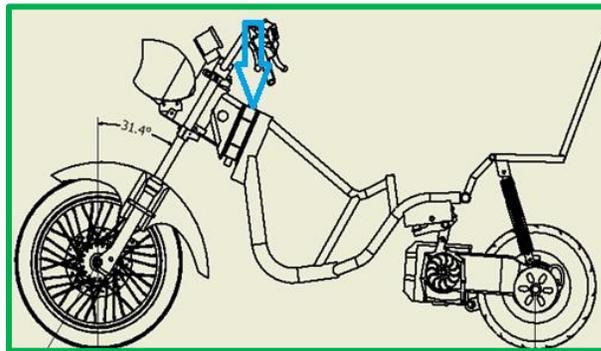


Figura 3-53 Ubicación de la pistola eléctrica

Fuente: El Autor

c. Medio de ejecución

Para poder ejecutar el plegado se necesita de un actuador lineal debido a que debe mover toda la masa del eje delantero con respecto a la bisagra, se necesita de una potencia determinada para ejercer una fuerza mayor a 785.078N para mover todo el sistema como lo determina la tabla 3-1, a más de eso se necesita un recorrido o alcance no menor a 0.230m que es el alcance de apertura que posee la bisagra en la apertura del 80% y de esta manera generando una reducción del tamaño del 30% del tamaño total de la motocicleta.

Tomando en cuenta los requerimientos necesarios para cumplir con la ejecución del plegado se opta por un actuador lineal que reúne las

características que se detallan a continuación (ver anexo H). En la figura 3-54 se muestra la ubicación del actuador lineal.

Características:

- 24V motor de imán permanente de CC
- Empuje 1500N ~ 6000N; Velocidad 3.0 ~ 16.7mm / s
- Ciclo de trabajo: Max. 10% o 2 min. / 18 min.
- Grado de protección: IP54
- Carrera de trabajo 300mm

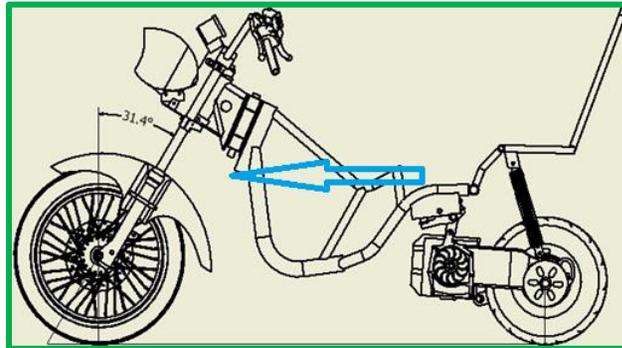


Figura 3-54 Ubicación del actuador lineal

Fuente: El Autor

d. Medio de control

Para el control de los actuadores se requiere de un microcontrolador que nos permita la creación de un programa para controlar cada uno de los actuadores por medio de la información de los sensores (finales de carrera), además debe contar con un número determinado de puertos de entrada y salida para abastecer el control de tres actuadores y la entrada de cuatro finales.

Por los parámetros requeridos para la automatización del sistema de plegado se opta por la utilización de la tarjeta Arduino que es una plataforma de hardware libre de fácil acceso además los microcontroladores más usados son Atmega 168, Atmega 328, Atmega8.

Arduino se puede utilizar para desarrollar objetos interactivos autónomos o puede ser conectado a software tal como; Adobe Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data. Arduino puede también tomar información del entorno a través de sus entradas analógicas y digitales, y controlar luces, motores y otros actuadores. El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing).

La figura 3-55 muestra el diseño del circuito en proteus el mismo que cuenta con relés de activación para el cierre del circuito, así como de los puertos periféricos de conexión a la tarjeta Arduino y puertos de salida para la conexión didáctica de los diferentes elementos electrónicos.

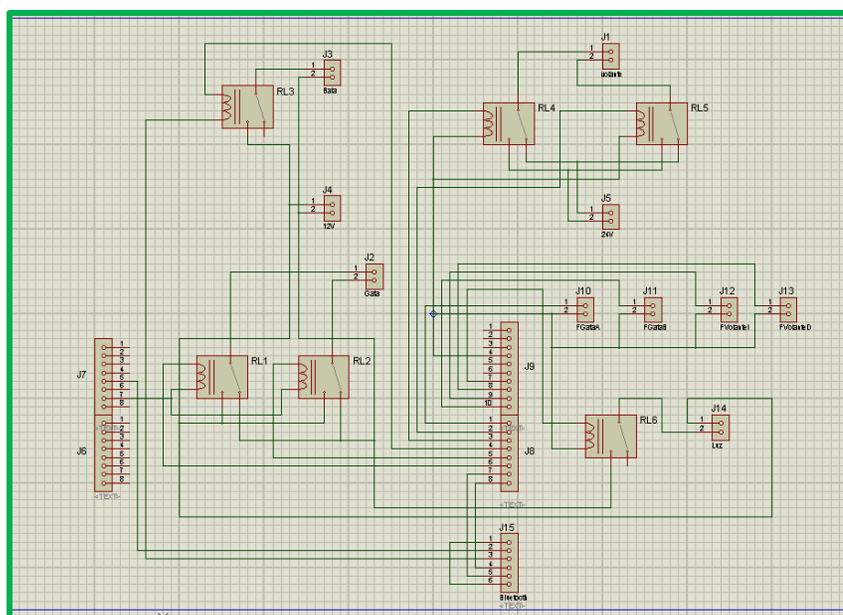


Figura 3-55 Simulación del circuito en proteus

Fuente: El Autor

La figura 3-56 muestra el diagrama de flujo de la programación de la tarjeta Arduino así mismo de la aplicación para el Smartphone que es programado por medio de lenguaje de bloques en APP Inventor, posteriormente se observará las

interfaces de las diferentes plataformas para aplicación de la automatización del sistema de plegado.

e. Medio de conexión

Como medio de conexión se utiliza un módulo Bluetooth el mismo que ayudará a la conexión del circuito con el Smartphone, el funcionamiento del Bluetooth, así como su protocolo de funcionamiento es totalmente transparente al sistema microcontrolador, el cual lo observa como si fuese un cable serial con conexión fija a su conector DB9. Su velocidad y formato de transmisión es, por default, 9600Kb.

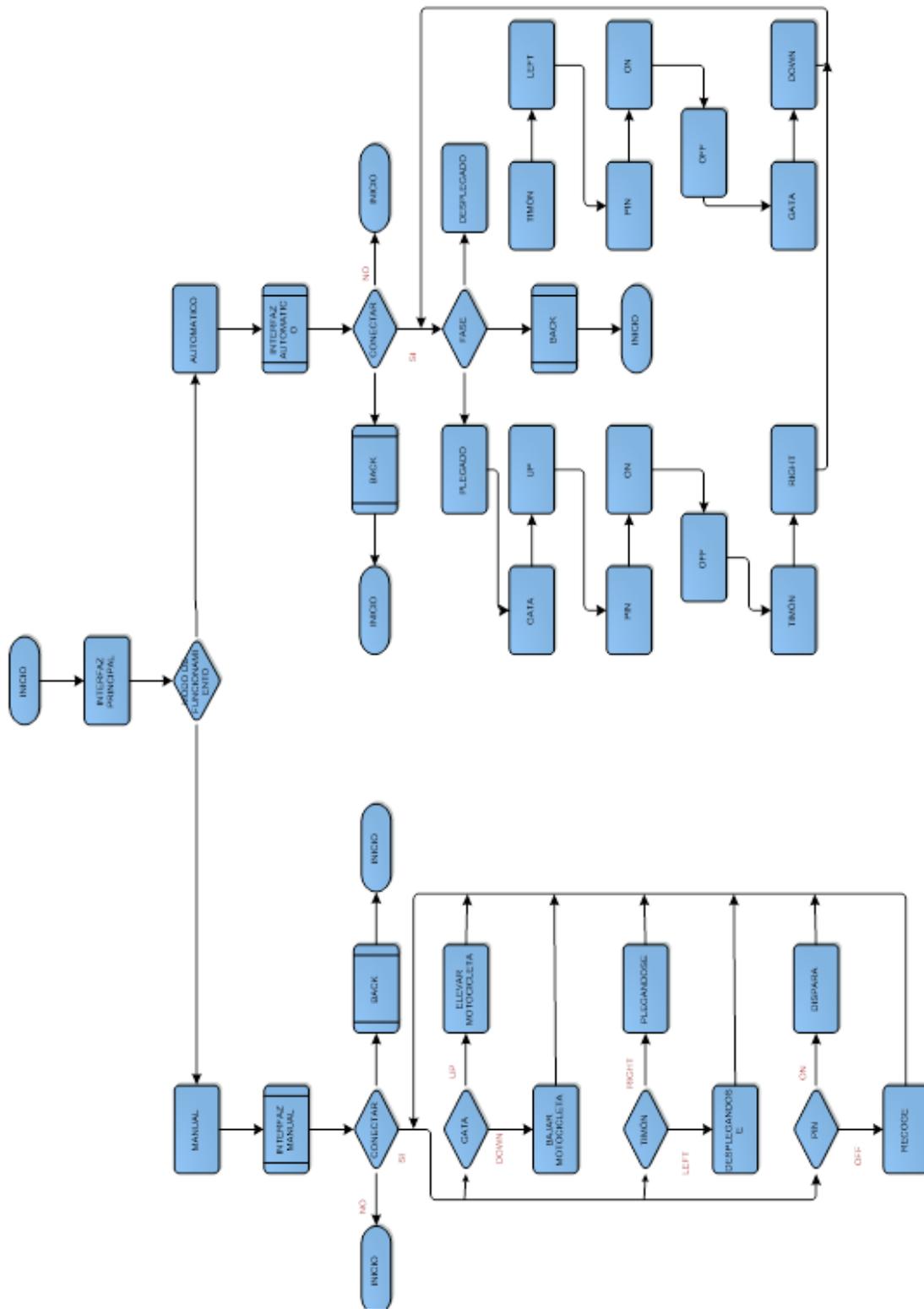


Figura 3-56 Diagrama de flujo de la programación
 Fuente: El Autor

La figura 3-57 muestra el interfaz principal de la aplicación para el Smartphone de donde podemos destacar que tenemos los botones para ingresar a automático, manual y obtener información acerca de quién es el creador del programa, así mismo podemos observar un video de la transformación de la motocicleta.



Figura 3-57 Interfaz principal para la aplicación

Fuente: El Autor

En la figura 3-58 podemos observar la interfaz para el plegado automático donde se destaca los botones de conexión o desconexión del módulo bluetooth con el bluetooth del Smartphone, se puede destacar también el botón de atrás para poder regresar a la interfaz principal.



Figura 3-58 Interfaz para el plegado automático

Fuente: El Autor

La figura 3-59 muestra la interfaz del modo Manual en donde se destacan los botones para la realización del proceso de plegado de forma manual, al igual que en la interfaz automático se tiene la información de conexión o desconexión al módulo bluetooth, así mismo se puede ver la información de la acción cuando el proceso culmina en el plegado o desplegado.



Figura 3-59 Interfaz para el plegado manual

Fuente: El Autor

3.7.4 SIMULACIÓN DEL MECANISMO

A continuación se muestra el mecanismo propuesto para el plegado el mismo que ira montada antes de la pipa de dirección como se muestra en la figura 3-4. La misma que debe cumplir los requerimientos de diseños mínimos. Por tal razón a continuación se realiza el análisis de este elemento mecánico para comprobar su versatilidad, y establecer la utilidad del mismo.

En la gráfica 3-60 se muestra la fuerza generada cuando la motocicleta está suspendida sobre la gata eléctrica. De donde podemos destacar la siguiente ecuación:

$$M_F = F * d$$

3.40 Ec. Momento existente en la bisagra

Siendo:

F= la fuerza generada por la masa existente en todo el eje delantero (ver tabla 3-1)

D=la distancia que existe entre el pivote de la bisagra al pivote de la dirección.

Resolviendo la anterior ecuación con una distancia de 0.15m para el punto E y F en la figura 3-60 y 0.12 para el punto G, tenemos:

$$M_F = 118 \text{ N} - m$$

$$M_G = 95 \text{ N} - m$$

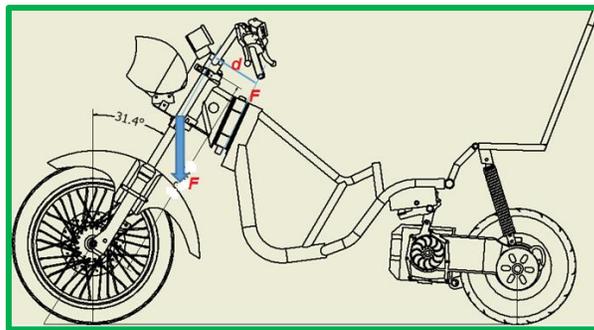


Figura 3-60 Momento generado en la bisagra

Fuente: El Autor

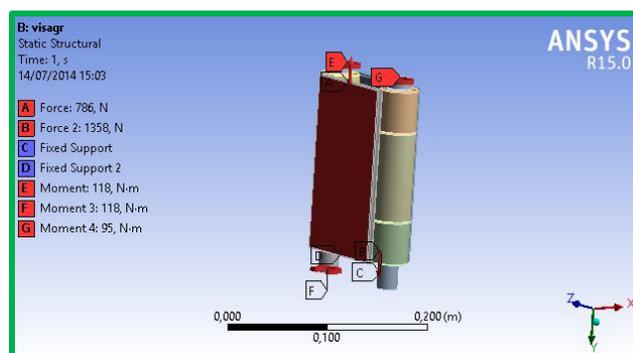


Figura 3-61 Distribución de cargas sobre la bisagra

Fuente: El Autor

En la figura 3-61 podemos observar cómo se distribuyen los esfuerzos en este elemento mostrando las fuerzas A es la fuerza normal generado todo el

peso generado por la rueda delantera (ver tabla 3-1), B es la fuerza total que existe en el eje trasero, c y d son los soportes donde van montados. Cabe destacar también que a más de tener esfuerzos existen momentos en cada uno de los bocines (pasadores) debido a que en estos puntos se genera esfuerzos en el momento del plegado E, F y G.

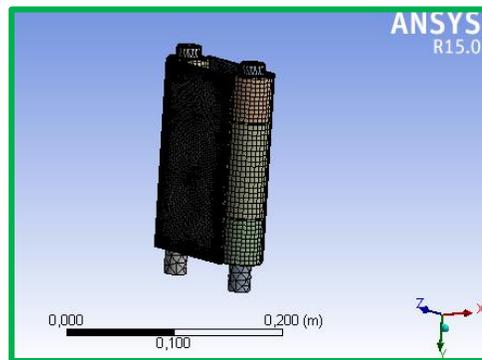


Figura 3-62 Mallado de la bisagra

Fuente: El Autor

El mallado generado por el software es de 105802 nodos y 47244 elementos para el estudio por elementos finitos como se puede observar en la figura 3-62.

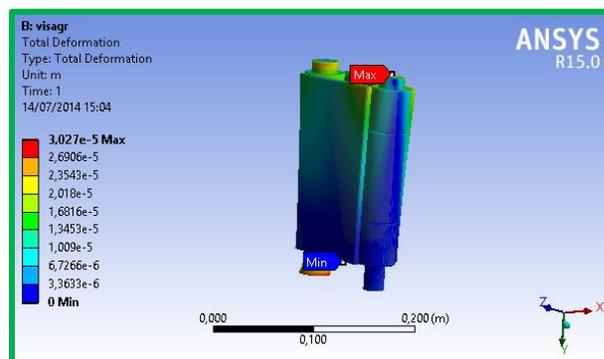


Figura 3-63 Deformación total de la bisagra

Fuente: El Autor

La deformación máxima que puede darse en este elemento es de 3.027×10^{-5} m del material elegido para este elemento que es acero estructural ASTM A501

valor que es sumamente mínimo razón por la cual este mecanismo es aceptable para el proyecto.

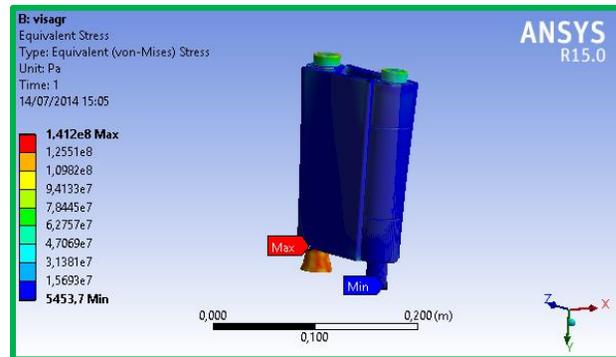


Figura 3-64 Límite de elasticidad

Fuente: El Autor

Al observar la figura 3-64 se nota que el máximo esfuerzo se presenta en la el bocín, donde el valor máximo no supera el límite de fluencia del material escogido para el análisis que tiene un esfuerzo de fluencia de 2 530 kg/cm² (250 MPa, 36 ksi) valor que es aceptable para el diseño tangible.

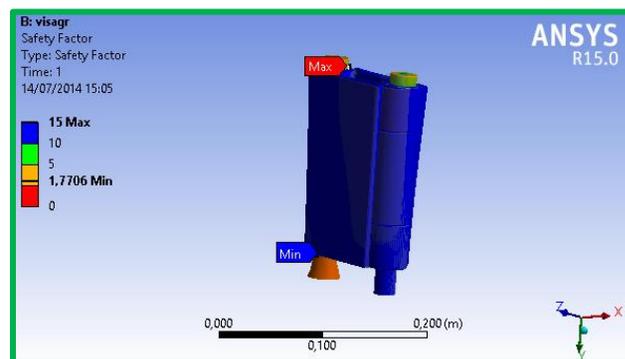


Figura 3-65 Factor de seguridad de la bisagra

Fuente: El Autor

Para comprobar los dos estudios anteriores tenemos el factor de seguridad que como se observa en la figura 3-65 es aceptable ya que no existirá deformación ni ruptura permanente.

CAPÍTULO 4

4 DESARROLLO DE LA MOTOCICLETA PLEGABLE

4.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO (FLOW SHEET)

Es importante desarrollar un diagrama de procesos para establecer tiempos de ensamblaje de los sistemas de: suspensión, dirección, frenos y plegado.

Tabla 4-1 Diagrama de procesos de ensamble mecánico

Diagrama de Flujo de Proceso de Ensamble									
Actividad: Ensamble de los sistemas complementarios						ACTIVIDAD	ACTUAL	PROP.	AHORR.
						Operación	0	65	
Fecha: julio 1 del 2014						Transporte	0	0	
						Inspección	0	30	
OPERADOR: Jorge De La Cruz			ANALISTA: Arias, De La Cruz, Tutillo			Retraso	0	0	
Método: Actual			Presupuesto: SI			Almacenaje	0	20	
Tipo: Técnico			Material: Diversos			TIEMPO	0	115	
Comentario: Una vez seleccionado los distintos elementos de acuerdo a los cálculos realizados, se procede a ensamblar las piezas guardando un orden para procurar realizar un trabajo eficiente.						DISTANCIAS	0	12	
						COSTOS	0	6000	
						DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD			SIMBOLO
			○	⇒	□	D	▽		
Inspección de los elementos a ensamblarse					●	15	1		
Ensamblar el sistema de dirección y suspensión delantera			●			15	1		
Ensamblar todos los elementos que conforman el basculante			●			5	1		
Fijación del basculante junto al tren motriz utilizando pernos adecuados			●			5	2		
Inspección del avance 1 del ensamble					●	5	1		
Ensamblar los amortiguadores de la suspensión trasera y anclar al bastidor			●			15	1		
Inspeccionar que el ensamble sea adecuado y la fijación de los pernos al bastidor			●			5	1		
Inspección del avance 2 del ensamble					●	5	1		
Fijación de los elementos ensamblados al neumático trasero.			●			10	1		
Ubicación de los actuadores eléctricos			●			10	1		
Verificación del funcionamiento correcto de la bisagra			●			20	1		

Elaborado por: El Autor

4.2 DISEÑO DE PROCESOS

Para complementar el desarrollo del sistema de plegado del proyecto se procede a continuación a realizar un diagrama de procesos. Y de esta manera controlar los tiempos de ensamblaje.

Tabla 4-2 Diagrama de proceso eléctrico del plegado

Diagrama de Flujo de Proceso de Ensamble									
Actividad: Ensamble del Sistema Eléctrico del plegado						ACTIVIDAD	ACTUAL	PROP.	AHORR.
Fecha: julio 1 del 2014						Operación	0	75	
OPERADOR: Jorge De La Cruz						Transporte	0	0	
ANALISTA: Arias, De La Cruz, Tutillo						Inspección	0	25	
Método: Actual						Retraso	0	0	
Tipo: Técnico						Almacenaje	0	20	
Comentario: Una vez seleccionado los distintos elementos eléctricos y electrónicos de acuerdo a los cálculos realizados, se procede a ensamblar las piezas guardando un orden para procurar realizar un trabajo eficiente.						TIEMPO	0	100	
						DISTANCIAS	0	11	
						COSTOS	0	6000	
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	SÍMBOLO					TIEM. (min)	DISTAN. (met)	MÉTODO RECOMENDADO	
	○	⇒	□	D	▽				
Inspección de los elementos a ensamblarse			●			15	1		
Diseño del circuito	●					15	1		
Fijación de las fuentes para los actuadores y el medio de control	●					5	1		
Ubicación de los elementos de control del sistema de plegado	●					5	2		
Conexión del circuito de activación de los actuadores	●					5	1		
Conexión del circuito de fuente de alimentación del módulo Bluetooth	●					15	1		
Inspección del avance 1 del ensamble	●					5	1		
Instalación de los elementos de activación y control	●					5	1		
Inspección final del ensamble			●			10	1		
Pruebas de funcionamiento	●		●			20	1		

Elaborado por: El Autor

4.3 ENSAMBLE DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

Este sistema es de suma importancia ya que depende de este mecanismo para que la motocicleta pueda ser maniobrada según los requerimientos del conductor. Luego de la selección adecuada realizada en el anterior capítulo de los elementos de este sistema a continuación se detalla la forma de ensamblaje de cada uno.

4.3.1 PROCESO DE ENSAMBLAJE DEL SISTEMA

Una vez obtenidos los elementos que conforman el sistema de acuerdo con los parámetros requeridos según el capítulo 3 procedemos al ensamblaje de la dirección en donde la base principal es el pivote generado en el bastidor, este a su vez soportara toda la masa generada por el tren delantero que comprende de la rueda, el mecanismo de freno de disco, las barras telescópicas y las dos tijas como se observa en la figura 4-1.



Figura 4-1 Ensamblaje sistema de dirección

Fuente: El Autor

Para el ensamblaje es necesario tomar en cuenta los valores de torque en el apriete de cada uno de los pernos en las tijas como se observa en la figura 4-2 además la cantidad de rodamientos que abarcan, así mismo tomar en cuenta la ubicación del timón de la dirección como del panel de control para su instalación.

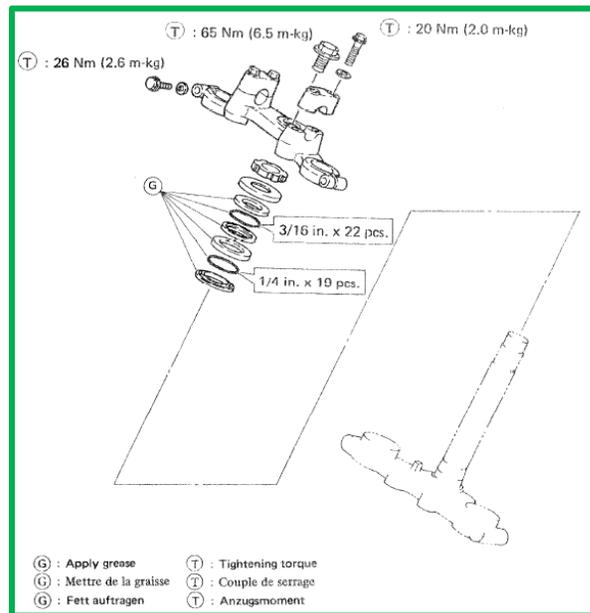


Figura 4-2 Par de apriete de los pernos

Fuente: Manual de reparación Yamaha DT80 MX – DT50 MX Pg. 115.
 Recuperado en: <http://www.pdfmotomanual.com/>



Figura 4-3 Ensamble culminado

Fuente: El Autor

4.4 ENSAMBLE DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Este sistema es de gran importancia ya que básicamente es el que ayuda a asegurar el confort del piloto reduciendo al mínimo las vibraciones causadas por la carretera a demás es el que ayuda a mejorar la tracción de la rueda motriz

con el suelo por ende el ensamble debe ser minuciosamente realizados para asegurar su funcionamiento.

4.4.1 PROCESO DE ENSAMBLAJE DEL SISTEMA

a. Suspensión delantera

Luego de la selección adecuada del resorte interno de las barras telescópicas así como del estudio de cuerpos del mismo procedemos al ensamble, las barras van sujetas en las dos tijas de la dirección tanto en la superior como en la inferior esto se lo hace con pernos estándar de la motocicleta Yamaha DT5 Mx ya que se utiliza todos elementos que conforman este sistema. Se observa la figura 4-4 la construcción del bastidor y la readecuación del sistema de barras telescópicas.



Figura 4-4 Ensamble del sistema de suspensión delantera

Fuente: El Autor

b. Suspensión trasera

Para el ensamblaje de este sistema hay que comenzar en primer lugar por la construcción de la base del motor y la readecuación de la misa con la base del CVT así mismo con el mecanismo del soporte de la rueda y con el soporte del basculante ya que estos a su vez conformaran un solo cuerpo para formar el basculante.

En la figura 4-5 se puede observar la base del motor en diseño y posteriormente en la construcción del objeto tangible donde se puede evidenciar las perforaciones para los pernos que soportan al motor mientras que del otro lado las perforaciones para que se anclan a la base del CVT o porta centrífugos, de la misma manera podemos evidenciar de los bujes en la parte superior y derecha que son para anclar el soporte del basculante y el de la rueda posterior respectivamente, los pernos que se utilizan para esto son los detallados por el fabricante del motor.



Figura 4-5 Construcción de la base del motor

Fuente: El Autor

El soporte de la rueda es muy importante ya que este elemento es el que complementa el basculante del sistema de suspensión, este mecanismo es estándar ya que se toma de la motocicleta Joy 150 Motor1.



Figura 4-6 Soporte de la rueda

Fuente: El Autor

Al igual que el soporte de la rueda el soporte del basculante es considerado de la motocicleta Joy 150 ya que este elemento es el que prácticamente soporta todo el tren motriz con la suspensión trasera en la figura 4-7 podemos observar este elemento sabiendo destacar que en la parte inferior es donde se ancla todo el ensamble del basculante.



Figura 4-7 Soporte basculante

Fuente: El Autor

El porta CVT es el elemento que forma la mayor parte del basculante ya que de este mecanismo se partió para el diseño de la base del motor entonces por ende por su configuración todos los demás elementos deben adaptarse para poder formar el basculante en su totalidad.



Figura 4-8 Base del CVT

Fuente: El Autor

Luego de haber seleccionado los muelles requeridos para la suspensión se los instala en el amortiguador para formar un solo cuerpo de amortiguación

como se observa en la figura 4-9, posteriormente se los anclará al basculante para poder instalar todo el conjunto en el bastidor.



Figura 4-9 Amortiguadores

Fuente: El Autor

En la figura 4-10 se observa el ensamblaje general del basculante en conjunto de todos los elementos anteriormente descritos.



Figura 4-10 Basculante

Fuente: El Autor

En la figura 4-11 se puede ver todo el tren motriz montado en el basculante en conjunto con sus amortiguadores para ser insertados en el basculante, los únicos que se anclan al bastidor son el par de amortiguadores y el soporte del basculante como se ve en la misma figura, pudiendo de esta manera bascular todo el conjunto.



Figura 4-11 Tren de potencia

Fuente: El Autor

4.5 ENSAMBLE DEL SISTEMA DE FRENOS

El sistema de frenos para seguridad del piloto es sumamente importante por tal razón el ensamblaje del mismo debe ser correcto para poder cumplir con la eficiencia del mismo.

4.5.1 PROCESO DE ENSAMBLAJE DEL SISTEMA

En la figura 4-12 se puede ver en despiece y ensamblado del disco del freno a la rueda, este elemento es anclado por cinco pernos estándar como lo indica el manual de la Yamaha DT50 Mx.



Figura 4-12 Disco de freno

Fuente: El Autor

Para que la mordaza de freno cubra el área de fricción requerido es necesario readecuar una base para este mecanismo sobre la barra telescópica como lo indica la figura 4-13.



Figura 4-13 Mordaza de freno delantero

Fuente: El Autor

La figura 4-14 muestra la mordaza y el disco de freno sobre la rueda delantera que está anclada a la barra telescópica y a la rueda delantera respectivamente



Figura 4-14 Sistema de freno de disco sobre la rueda delantera

Fuente: El Autor

Después de la selección para el sistema de frenos posterior de zapatas se considera el sistema de frenos de la motocicleta Joy 150 debido a la configuración del mismo por el porta CVT y el Tambor a la rueda como se observa en las figuras 4-15 y 4-16 respectivamente.

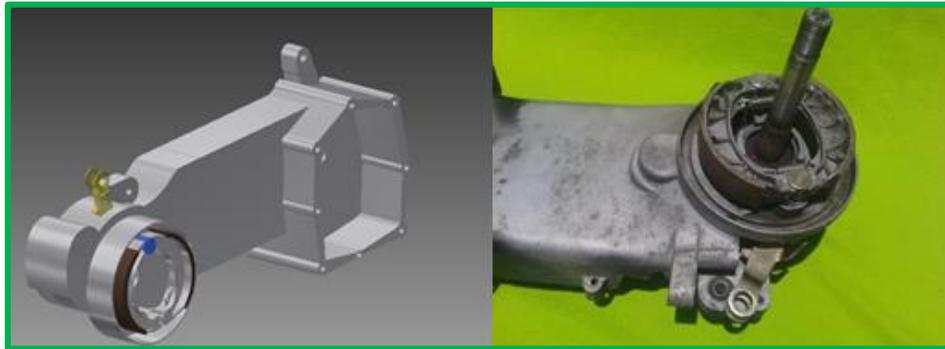


Figura 4-15 Sistema de frenos de zapatas

Fuente: El Autor



Figura 4-16 Tambor a la rueda

Fuente: El Autor

4.6 ENSAMBLE DEL SISTEMA DE PLEGADO

Como se mencionó en el capítulo anterior este sistema no existe aún en motocicletas en el país motivo por el cual la instalación de los diferentes elementos debe ser con prioridad para que todo el sistema funcione eficientemente.

4.6.1 PROCESO DE ENSAMBLAJE DEL SISTEMA

La construcción de la bisagra se realiza con acero estructural como se indica en el anterior capítulo, los bocines que se miran en la figura 4-17 en la parte derecha también son de acero estructural, cabe destacar que los mismos son

bañados en cromo para conseguir un cuerpo liso y de esta manera reducir al máximo el rozamiento causado por la apertura y cierre de este mecanismo para poder cumplir el plegado.



Figura 4-17 Construcción de la bisagra

Fuente: El Autor

Después de la fabricación de la bisagra se procede a la instalación en el bastidor para poder formar un solo cuerpo, esto se lo hace tomando en cuenta el cumplimiento de los diferentes parámetros que debe cumplir de la geometría de la motocicleta como lo indica en el diseño del bastidor, como se indica en la figura 4-18.



Figura 4-18 Ubicación de la bisagra en el bastidor

Fuente: El Autor

Después de la selección del actuador de elevación de la motocicleta se realiza la instalación de la misma de acuerdo a la determinación de la ubicación con respecto al CdG. En la figura 4-19 se observa la instalación de la gata eléctrica.



Figura 4-19 Ubicación de la gata eléctrica

Fuente: El Autor

El actuador lineal que ejecutara el plegado y desplegado se lo ubica en la parte izquierda de la motocicleta como se lo observa en la figura 4-20 para de esta manera poder cumplir con el objetivo, se lo hace con una debida readecuación en el sistema de apoyo de este actuador debido a que debe cumplir un cierto grado de giro en el momento del plegado. Cabe destacar también que el actuador que activara y desactivara el seguro para permitir o no la apertura de la bisagra se lo instala en el espacio existente entre este mecanismo.



Figura 4-20 Ubicación del actuador lineal

Fuente: El Autor

Para la automatización del sistema se realiza un simulador de circuito en Proto Board, se graba el programa en la tarjeta Arduino y posteriormente se procede a la verificación del funcionamiento con cada uno de los actuadores como lo indica la figura 4-21.



Figura 4-21 Comprobación de la automatización

Fuente: El Autor

Para la construcción del circuito o tarjeta circuital partimos de un breve diseño que nos genera ARES a partir del circuito en Proteus como se indica en la figura 3-55, de la misma manera nos muestra un breve pre diseño en 3D el mismo que facilita la imagen visual para su correcta construcción como se indica en la figura 4-22.

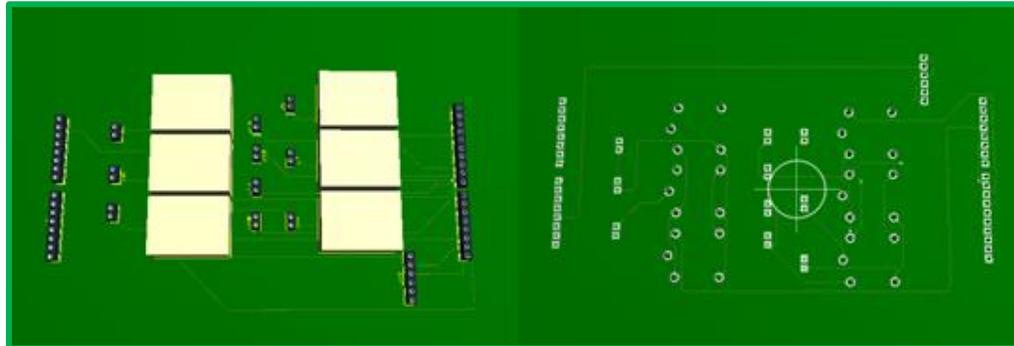


Figura 4-22 Imagen 3D del circuito en Ares para la construcción del circuito

Fuente: El Autor

En la figura 4-23 muestra la tarjeta circuital construida y de la misma manera la comprobación que se hace del funcionamiento correcto del mismo.

El circuito se ensambla sobre una tarjeta de prototipos utilizando un mínimo de componentes: el módulo Bluetooth de montaje superficial, para la conversión de las señales al estándar RS232 y un regulador de 3.3 volts.

La alimentación de 5 volts al módulo Arduino, se toma de una batería externa de 9v. El led indica el estatus del enlace Bluetooth: si está parpadeando, el modulo se encuentra en la fase de interconexión con otros módulos que se encuentren en la misma área. Cuando el led se queda siempre encendido, indica que el modulo ya se encuentra sincronizado o emparejado con otro modulo Bluetooth y por tanto se encuentra listo para transmitir y recibir información.

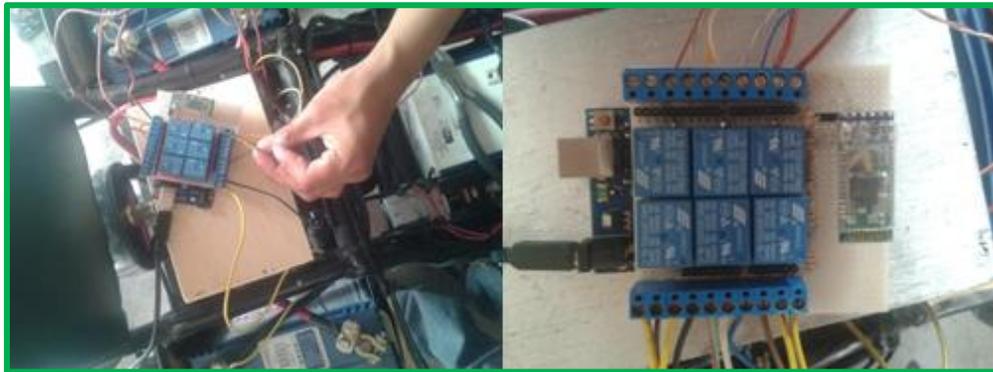


Figura 4-23 Fabricación del circuito de control

Fuente: El Autor

La figura 4-24 muestra la ubicación que tiene el circuito que está debajo del sillín trasero para el acompañante.



Figura 4-24 Ubicación del circuito sobre la motocicleta

Fuente: El Autor



Figura 4-25 Propuesta final

Fuente: El Autor

La figura 4-25 muestra la propuesta final del proyecto planteado.

CAPÍTULO 5

5 PROTOCOLO DE PRUEBAS

En este capítulo se detalla la comprobación de todos los sistemas que conforman la motocicleta, motivo por el cual los investigadores del proyecto final autorizan la publicación del presente capítulo en los tres escritos, de igual redacción y contenido.^{24 -25}

Una parte muy importante del diseño es conceptualizar el protocolo de pruebas, pues mediante este podemos verificar y comprobar los resultados de los objetivos planteados al inicio de la investigación.

Dentro del protocolo de pruebas se considera necesario analizar el modo de funcionamiento de la motocicleta eléctrica plegable enfatizándose en el sistema eléctrico motriz y en el sistema de plegado automático, se realizó las pruebas en estado estático y en ruta registrando todos los datos obtenidos, se comparó la motocicleta de motor eléctrico con el de motor de combustión interna, y finalmente se ha elaborado un formato mediante el cual podemos validar o no el desarrollo del proyecto.

5.1 MODO DE FUNCIONAMIENTO

La motocicleta eléctrica funciona de la siguiente manera:

²⁴ Arias Pérez, X. A. (2014). Diseño de la Bastidor, Chasis y Sistemas Auxiliares de una Motocicleta Eléctrica Plegable. (Tesis pregrado inédita). Departamento de Energía y Mecánica. Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

²⁵ Tutillo Taipe J.O. (2014). Diseño e Implementación del Tren Motriz con Motor Eléctrico Y Transmisión Cvt en una Motocicleta Eléctrica Plegable. (Tesis pregrado inédita). Departamento de Energía y Mecánica. Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

5.1.1 SISTEMA ELÉCTRICO

El circuito inicialmente se encuentra abierto y debe ser cerrado con el INTERRUPTOR ubicado en el manubrio derecho, además es necesario indicar que debajo del interruptor del motor se encuentra un interruptor que controla la activación de luces y accesorios.

El sistema no cuenta con una llave ya que contará con un sistema de plegado que a más de realizar una disminución de espacio de estacionamiento, servirá como un sistema de seguridad, debido a que físicamente la motocicleta no podrá movilizarse con un neumático elevado. El sistema de plegado tan solo se podrá activar o desactivar con un Smartphone vinculado con la tarjeta Arduino.

El circuito se energizará, escuchándose un ligero sonido emitido por el CONTACTOR ALBRIGHT 36-48V SW180 (200A CONT.), quien interactúa como punto de conexión entre el circuito de control y circuito de potencia del motor eléctrico.

El TWIST-GRIP THROTTLE, permitirá la aceleración gradual mediante órdenes que enviará al controlador.

El CONTROLADOR ALLTRAX AXE es el encargado de procesar las órdenes enviadas por el acelerador para enviarlas al motor eléctrico y generar el par motor.

El diodo junto con el fusible conforman los elementos de control mismos que evitarán que el CONTROLADOR ALLTRAX AXE y el MOTOR ELÉCTRICO PMG 132 sufran desperfectos por los picos de tensión generados en el sistema.



Figura 5-1 Ubicación de los elementos del sistema eléctrico motriz

Fuente: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

5.1.2 SISTEMA PLEGABLE

Cuando la motocicleta se encuentre en reposo el circuito del plegado deberá ser cerrado por el interruptor ubicado en el manubrio izquierdo.

El circuito energizará al controlador de la automatización ARDUINO UNO, el cual es responsable de guardar y ejecutar las órdenes programadas.

El Smartphone ejecutará la orden para que ARDUINO UNO pueda empezar el proceso, dicha comunicación se realizará mediante Bluetooth.



Figura 5-2 Interfaz principal APP

Fuente: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

Es importante mencionar que existen dos mandos de operación la automática y la manual las mismas que se presentan en la interfaz del APP, tal y como se visualiza en la figura 5.2

A continuación se detallará el proceso automático de plegado, se inicia el proceso de plegado pulsando el botón FOLD.

ARDUINO UNO interactuará con los tres actuadores eléctricos, mediante un CIRCUITO DE POTENCIA diseñado para el proyecto.

El actuador en ejecutarse primero será el del MECANISMO DE ELEVACIÓN, tras 30 segundos un final de carrera realizará la función de apagar el actuador y activar el siguiente.

El siguiente actuador en accionarse tras la orden del final de carrera es el MECANISMO DEL PIN, quien elevará el PIN y permitirá que el siguiente actuador realice el proceso final.

El último actuador en activarse es un PISTÓN ELÉCTRICO, el cual tras un recorrido de 230 mm se detendrá, consiguiendo el plegado total de la motocicleta.

Para el proceso de DEPLOY, empieza con una orden enviada desde el Smartphone, y el proceso es inverso, teniendo en cuenta que a la altura de la bisagra se encuentra un sensor que permitirá mayor control del proceso automatizado.



Figura 5-3 Ubicación de los elementos del plegado

Fuente: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

5.2 PRUEBAS

5.2.1 EN ESTADO ESTÁTICO

a. Carrocería y chasis

Tras inspeccionar visualmente el estado de cada uno de los elementos que conforman la carrocería y chasis, se procedió a medirlos.

Se ha tomado en cuenta el largo, ancho y alto total de la motocicleta, es importante comprobar los datos para posteriormente poderlos validar con los valores de diseño.



Figura 5-4 Longitud de la motocicleta

Fuente: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

De igual manera se determinó el peso de la motocicleta mediante la utilización de dos balanzas ubicadas en debajo de cada neumático, tal y como se muestra en la figura.



Figura 5-5 Peso de la motocicleta

Fuente: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

Se tabularon los distintos datos en la siguiente tabla.

Tabla 5-1 Parámetros de la motocicleta

Distancia	Longitud	205 cm
	Alto	110 cm
	Ancho	90 cm
Masa	Eje a Eje	145 cm
	Delantero	43,6 kg
	Trasero	85 kg

Elaborado por: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

b. Tren motriz

De igual manera se realiza la inspección visual y acústica del tren motriz, determinándose visualmente el desplazamiento de la polea al alcanzar las rpm adecuadas por el motor.

Para la realización de esta prueba fue necesario que el neumático trasero se encuentre elevado por un banco elevador.

En cuanto a la inspección acústica se puede determinar mediante un sonómetro que en un inicio la contaminación sonora es nula, sin embargo al incrementar las rpm se obtiene que existe 66 db de ruido, lo que implica según la norma técnica para el control de la contaminación acústica del Distrito Metropolitano de Quito corresponde a una conversación moderada.

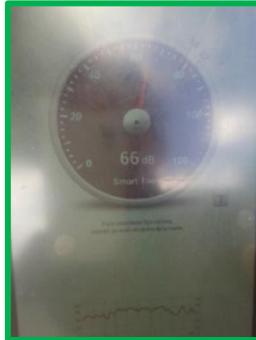


Figura 5-6 Sonómetro activado

Fuente: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

c. Sistema de freno, suspensión, dirección y plegado

Se ha considerado analizar la facilidad de giro en el volante, y se pudo determinar que existe una gran versatilidad de giro debido al ángulo de avance empleado, demostrando que dicho ángulo es ideal para conducción urbana.



Figura 5-7 Ángulo de lanzamiento

Fuente: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

En el sistema de suspensión se ha determinado la variación de distancia de los muelles y de las horquillas de la suspensión delantera, bajo dos condiciones, la primera sin ocupantes, y la segunda con un ocupante de peso promedio.

En la siguiente tabla se observa los datos obtenidos de dicha medición de ángulos.

Tabla 5-2 Parámetros de la motocicleta

	Muelle Trasero	244 mm
Sin Ocupante	Suspensión delantera	144 mm
	Muelle Trasero	232 mm
Un Ocupante	Suspensión delantera	128 mm
Ángulo de Lanzamiento		33°

Fuente: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

En cuanto al sistema de frenos se visualiza que los elementos que lo conforman actúan de manera eficiente, tanto en el sistema hidráulico y disco del freno delantero, como en el tambor del freno trasero.

5.2.2 EN RUTA PARA EL SISTEMA DE TRACCIÓN

a. Autonomía

Resulta imprescindible mencionar que la autonomía está directamente relacionada con las características de la batería.

Al no emplear las masas energéticas descritas en la selección de baterías, es necesario realizar el cálculo de la autonomía con las baterías elegidas para el proyecto.

Matemáticamente se usa la siguiente ecuación

$$\mathbf{T tiempo de Autonomía} = \frac{\mathbf{Carga (Ah)}}{\mathbf{I carga (A)}} * \frac{\mathbf{(V flotación - V mín)(v)}}{\mathbf{V flotación (v)}}$$

3.41 Ec. Autonomía de motocicleta

Dónde:

$$Carga (Ah) = 80$$

$$I Carga (A) = 6$$

$$V flotación (v) = 51,2 \text{ (12,8 v cada batería)}$$

$$V mín (v) = 43 \text{ (10,75 v cada batería)}$$

$$\mathbf{T tiempo de Autonomía} = \frac{80 (Ah)}{6 (A)} * \frac{(51,2 - 43)v}{51,2 v}$$

$$\mathbf{T tiempo de Autonomía} = 2,13 h$$

Según las normas europeas de conducción, para obtener 70 km de autonomía en ciclo urbano se deberán realizar 7,25 ciclos de conducción.

Considerando que se mantenga una velocidad constante de 35km/h, el tiempo necesario para cubrir los 70 km, es de 2 horas. Se logra el objetivo considerando además que el sistema de control de la automatización opera otro sistema de alimentación, razón por la cual no interfiere en la autonomía de la motocicleta. Sin embargo se realizó dos pruebas para verificar mencionados datos.

En pruebas de campo realizadas en el patio de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, extensión Latacunga, se obtienen los siguientes resultados.



Figura 5-8 Pruebas en los patios de la institución

Fuente: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

Tabla 5-3 Comprobación de autonomía en ruta, fase1

	Fase Inicial	Fase 2	Fase 3	Fase Final
Hora	14h00	14h40	15h20	16h00
Voltaje (v)	51,2	49,1	47	44,9

Elaborado por: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

Tras mantener una velocidad de 35km/h durante dos horas las baterías han sufrido un desgaste de 6,3 volteos, lo que significa que cada batería tiene 11,25 v. Lo que implica que las baterías aun preservan energía, recordando que el valor mínimo de cada batería es de 10,75 v.

En la siguiente prueba de autonomía, se realizó pruebas de campo durante tres días consecutivos en las principales avenidas del cantón Latacunga, tratando de ejemplificar lo siete ciclos de conducción para obtener una

autonomía de 70km/h, además se procuró tener una misma ruta, con el mismo conductor y a la misma hora.

Como se mencionó anteriormente debemos realizar siete ciclos consecutivos para alcanzar 70 km de recorrido, en la siguiente figura podemos observar el recorrido, medidos cada 800 segundos del ciclo de conducción urbano y 400 segundos de ciclo de conducción interurbano.

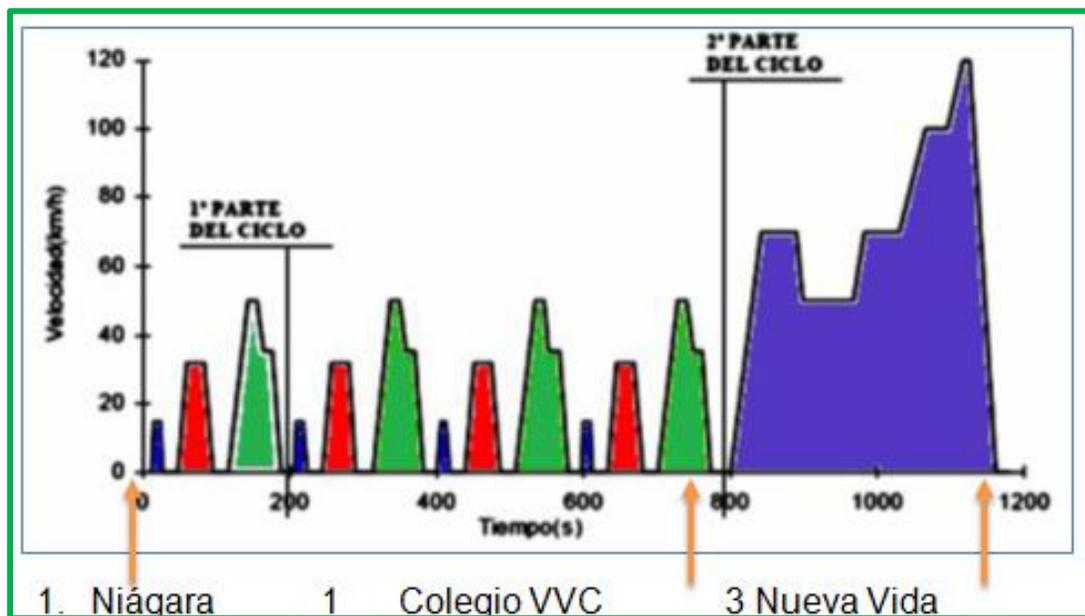


Figura 5-9 Pruebas en la ciudad

Fuente: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

A continuación en la tabla 5.4, se muestra el detalle de las mediciones de voltaje, velocidad y distancia.

Tabla 5-4 Comprobación de autonomía ruta, fase2

N°	REFERENCIA	DÍA 1					DÍA 2					DÍA 3				
		Hora	Vol	d	t	v	HORA	Vol	d	t	v	HORA	Vol	d	t	v
			km	min	km/h		km	min	km/h		km	min	km/h	km	min	km/h
1	Latacunga, Sector Niágara	12:00:00	51,1	0	0	0	12:00:00	51	0	0	0,00	12:00:00	50,7	0	0	0,00
2	Ltga, Colegio Victoria Vásconez Cui	12:13:00	50,8	6,2	13	28,62	12:12:00	51	6,2	12	31,00	12:11:00	50,4	6,2	11	33,82
3	Ltga, Ciudadela Nueva Vida	12:20:00	50,6	4	7	34,29	12:21:00	50	4	9	26,67	12:19:00	50,2	4	8	30,00
4	Via Saquisilí, intersección autopista	12:34:00	49,4	6	14	25,71	12:33:00	49	6	12	30,00	12:33:00	49	6	14	25,71
5	Saquisilí, Tambillo	12:41:00	49,4	3	7	25,71	12:44:00	49	3	11	16,36	12:40:00	48,9	3	7	25,71
6	Saquisilí, Colegio Jorge Poveda	12:54:00	48,7	5	13	23,08	12:53:00	48	5,1	9	34,00	12:53:00	48,6	5	13	23,08
7	Saquisilí, Plaza Rocafuerte	13:02:00	48,5	2,8	6	28,00	13:00:00	48	3	7	25,71	13:01:00	48,4	2,8	8	21,00
8	Via San Felipe, intersección autopista	13:15:00	48,1	5,5	13	25,38	13:13:00	48	5,8	13	26,77	13:14:00	47,5	5,5	13	25,38
9	Ltga. La Calera	13:22:00	48	3	7	####	13:25:00	47	2,8	12	14,00	13:21:00	47	3	7	25,71
10	Ltga. La Maltería	13:36:00	47	6,7	14	####	13:37:00	47	6,5	12	32,50	13:36:00	46	6,7	15	26,80
11	Parada de buses interprovinciales	13:44:00	46	4,5	9	####	13:45:00	46	4,3	8	32,25	13:44:00	45	4,5	8	33,75
12	Ltga, Quito y Rafael Silva	13:56:00	45	7	13	####	13:54:00	45	7,2	15	28,80	13:56:00	44	7	12	35,00
13	Latacunga, Sector Niágara	14:06:00	44	4	8	####	14:11:00	44	3,5	11	19,09	14:05:00	44	4	9	26,67
			6,9	57,7	124	23,91		7	57,4	131	24,40		7,1	57,7	125	25,59

Elaborado por: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

En el siguiente gráfico se determina la gráfica de descarga de las baterías en el ciclo urbano a medida que el tiempo va transcurriendo



Figura 5-10 Voltaje vs Tiempo

Elaborado por: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

El voltaje en las baterías decrece alrededor de 6 volteos en el transcurso de 2 horas.

De igual manera se puede visualizar la variación de velocidad en función del voltaje existente.

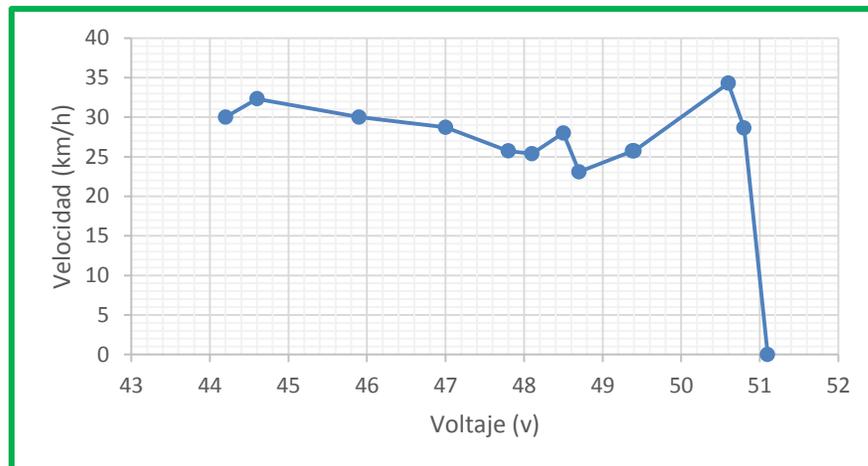


Figura 5-11 Voltaje vs Velocidad

Elaborado por: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

Mientras mayor voltaje tengamos en el pack de baterías mayor velocidad lograremos alcanzar. Podemos generalizar que el voltaje es directamente proporcional a la velocidad.

b. Velocidad

Se ha desarrollado en las avenidas del cantón Latacunga, sector urbano. Considerando que para las distintas distancias el conductor sea el mismo y de igual manera la ruta.

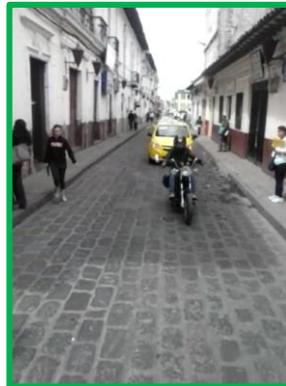


Figura 5-12 Pruebas en las calles de Latacunga

Fuente: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

Además se realizó una prueba de salida en terreno plano, registrándose los siguientes datos:

Tabla 5-5 Velocidad de la motocicleta en ruta

Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)
500	49	10,20	36,73
200	20,5	9,76	35,12
100	10,5	9,52	34,29
50	5,5	9,09	32,73
PROMEDIO		9,64	34,72

Elaborado por: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

Se observa la velocidad promedio de **34,72 km/h** aproximado a 35 km/h lo que cumple las expectativas del proyecto.

5.3 COMPARACIÓN MOTOCICLETA ELÉCTRICA – GASOLINA

5.3.1 CONSUMO DE ENERGÍA

El análisis del consumo de energía de la motocicleta eléctrica se lo realiza comparándola con la motocicleta scooter JOY 150, la cual es de similares características al vehículo diseñado.

La motocicleta tipo scooter es muy utilizada en nuestro país debido a la versatilidad de conducción en perímetro urbano.

Se extrae de la Tabla 3.7 del apartado de la monografía Diseño e Implementación del tren motriz²⁶ datos de relevancia, que permitan determinar parámetros de comparación.

- Tipo de motor 4 tiempos,
- Recorrido 150Km/gal
- Cilindrada 150 cc
- Compresión 8:1
- Alimentación Carburador

El combustible extra fue el considerado como combustible de comparación.

²⁶ ²⁶ Tutillo Taipe J.O. (2014). Diseño e Implementación del Tren Motriz con Motor Eléctrico Y Transmisión Cvt en una Motocicleta Eléctrica Plegable. (Tesis pregrado inédita). Departamento de Energía y Mecánica. Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

Tabla 5-6 Precios oficiales y octanaje de combustibles

COMBUSTIBLE	USD/gal	Octanaje
EXTRA	1.48	87
SUPER	2.10	92

Elaborado por: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

En este caso para el vehículo utilizado se tiene:

$$\text{Recorrido (70Km)} = 70\text{Km} * 1,48 \text{ (USD)}/150\text{Km}$$

$$\text{Recorrido (70Km)} = 0,70 \text{ (USD)}$$

En cuanto al consumo de energía eléctrica se presenta los datos oficiales

Tabla 5-7 Precios oficiales kilovatio hora

ENERGÍA	KWH	PRECIO (\$)
ELÉCTRICA	1	0,08

Fuente: ELEPCO

Para un recorrido de 70 km, se emplea 13,3 kWh con la motocicleta eléctrica

$$\text{Recorrido (70km)} = 13,3\text{kWh} * 0,08 \text{ (USD)}/1\text{kWh}$$

$$\text{Recorrido (70km)} = 1,06 \text{ (UDS)}$$

5.3.2 IMPACTO AMBIENTAL

El dióxido de carbono es un gas que se produce al quemar combustible, un motor de gasolina genera 0,14 Kg CO₂²⁷.

En la siguiente tabla se aprecia la diferencia de Kg CO₂, dependiendo el caso:

Tabla 5-8 Comparación de impacto ambiental

TIPO	CANTIDAD	MEDIDA EMISIONES
MOTOCICLETA ELÉCTRICA	13,3 KWh	0 Kg CO ₂
MOTOCICLETA GASOLINA	0,6 gal gasolina	9,8 Kg CO ₂

Elaborado por: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

ESTACIONAMIENTO

En la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, el área de aparcamiento en el zona destinada es de 4 x 3 metros para autos, y 1 x 3 metros para motocicletas.



Figura 5-13 Espacio de aparcamiento en Latacunga

Fuente: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

²⁷ CE: Comisión Europea recuperado de <http://arboliza.es/compensar-co2/calculo-co2.html>

Se ha medido la distancia de borde a borde en las dos fases de la motocicleta y se determina que existe un ahorro de espacio del 30%.

A continuación en la figura, se puede visualizar la motocicleta en los parqueaderos de la zona urbana de la ciudad de Latacunga.



Figura 5-14 Estacionamiento de la motocicleta

Fuente: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

5.4 INTERPRETACIÓN Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS

El criterio general de validación del diseño de la motocicleta eléctrica plegable es que el sistema y sus partes sean capaces de realizar el número de maniobras previstas sin fallar ni deteriorarse. En caso contrario, debe adoptarse un diseño alternativo y ensayarlo de nuevo.

PROTOCOLO DE PRUEBAS										
CLIENTE: _____ PROYECTO: _____ EVALUADORES: _____ _____ _____					MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE					
										FECHA: _____
1 VERIFICACION DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES										
DIMENSIONES PRINCIPALES										
	DIMENSIONES [mm]				ACEPTACION					
	DISEÑO		PROTOTIPO		SI		NO			
LARGO TOTAL										
ANCHO TOTAL										
ALTURA TOTAL										
2 VERIFICACION DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES										
COMPONENTES PRINCIPALES										
ELEMENTO		FUNCIONAMIENTO								
		BUENO			REGULAR			MALO		
SISTEMA DE TRANSMISION										
SISTEMA DE PLEGADO										
SISTEMA DE CONTROL										
3 VERIFICACION DEL FUNCIONAMIENTO										
MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE										
TIEMPO [min]	ACCIONAMIENTO SISTEMA MOTRIZ		DIRECCIÓN		BATERÍAS		DEZPLAZAMIENTO		FRENAR	
	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF
15 - 30										
30 - 60										
SISTEMA PLEGADO										
FASES		ELEVACIÓN		PIN		APERTURA		AUTOMATIZACIÓN		
		F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	
PLEGADO										
DESPLEGADO										
F = FALLA NF = NO FALLA										
4 ACEPTACION										
SI <input type="checkbox"/>					NO <input type="checkbox"/>					

Figura 5-15 Protocolo de prueba

Elaborado por: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

CAPÍTULO 6

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Se calculó técnica y matemáticamente los parámetros necesarios para poder dimensionar correctamente los elementos de los sistemas complementarios (suspensión, dirección, frenos y plegado) de la motocicleta eléctrica plegable.
- Se seleccionó adecuadamente los distintos elementos mecánicos que intervienen directamente en los sistemas de dirección, suspensión y frenos.
- Se realizó distintas modificaciones en el basculante para la readecuación del motor eléctrico con el CVT.
- Se pudo variar la velocidad de funcionamiento de cada uno de los actuadores modificando el voltaje de entrada a los mismos esto es de 0 – 24V.
- Se realizó las pruebas de rodaje confirmando la efectividad de los sistemas complementarios de la motocicleta eléctrica plegable y de esta manera se mejoró el confort del piloto.
- Se automatiza el proceso del plegado cumpliendo con los parámetros requeridos para poder ahorrar espacio de aparcamiento de acuerdo con Simtel y de esta manera demostrando que las tecnologías actuales ayudan a los procesos mecánicos manuales.

- Se observa que el desarrollo de vehículos eléctricos, es un reto propio para una generación de investigadores con conciencia ambiental, y de esta manera se construye una puerta al progreso debido a las grandes oportunidades que el país ofrece actualmente en beneficio del cambio de la matriz productiva.

6.2 RECOMENDACIONES

- Considerar los mantenimientos tanto preventivo como correctivo que se les debe dar a los sistemas complementarios de la motocicleta.
- Instalar la aplicación para la manipulación del sistema de plegado en celulares con sistemas androide mejorados mínimo 4.2 y sistemas bluetooth actuales.
- Anclar o vincular siempre el bluetooth del sistema de plegado con el del Smartphone antes de la utilización de la aplicación para este sistema.
- Limitar la corriente desde valores menores al 50% para verificar el comportamiento de todos los componentes montados en la motocicleta, porque de esta manera se puede palpar la potencia de los actuadores eléctricos y al mismo tiempo se previne daños en los mismos.
- Analizar la posibilidad mejorar el mecanismo de plegado con el fin de reducir aún más el tamaño de la motocicleta y de esta manera ahorrar mucho más el espacio de aparcamiento.
- Difundir el proyecto a la colectividad universitaria y comunidad en general con el fin de que conozcan una alternativa valedera que reemplazará los vehículos con motor de combustión interna, y además presentan la ventaja de eximirse el Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular (IACV).

- Finalmente con el desarrollo del presente proyecto se ha contribuido al engrandecimiento personal y colectivo sobre temas de vanguardia que necesitan ser analizados detalladamente, sin embargo se ha realizado un trabajo en el cual se ha fusionado conocimientos mecánicos automotrices, eléctricos, electrónicos, y manejo de software de programación y modelación.

BIBLIOGRAFÍA

CITADAS:

- Arias-Paz, M. (2004). Motocicletas. Cie Inversiones Editoriales Dossat.
- Hans B. Pacejka, (2006) Tire and Vehicle Dynamics, ((Butterworth-Heinemann), Oxford (Inglaterra)
- John Robinson, (1994) Motorcycle Tuning, Chasis., (Butterworth-Heinemann), Oxford
- Marx, M. R. (2006). Motos Superbike/Superbikes. Capstone.
- Sarmiento J. Delgado J. (2009). Diseño y construcción de una motocicleta deportiva. (Tesis pregrado inédita). Facultad de ingenierías físico – mecánicas. Universidad Industrial de Santander.
- Suntaxi Llumiquinga, C. A. (2014). Diseño y construcción de un sistema de dirección para un vehículo trimoto. (Tesis pregrado inédita). Departamento de Energía y Mecánica. Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.
- Tuttillo Taipe J.O. (2014). Diseño e Implementación del Tren Motriz con Motor Eléctrico Y Transmisión Cvt en una Motocicleta Eléctrica Plegable. (Tesis pregrado inédita). Departamento de Energía y Mecánica. Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.
- Werner Shiehlen, (2009) Dynamical Analysis of Vehicle Systems, (Springer Wien NewYork)

CONSULTADAS:

- Arias Pérez, X. A. (2014). Diseño de la Bastidor, Chasis y Sistemas Auxiliares de una Motocicleta Eléctrica Plegable. (Tesis pregrado inédita). Departamento de Energía y Mecánica. Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.
- Crouse W. H., Donald L. A. (1992), Mecánica de la motocicleta, España, ediciones Marcombo.
- Foale T. (2003). Motocicletas: comportamiento dinámico y diseño de chasis; el arte y la ciencia. España, ediciones ISBN.
- NORTON, Robert L. (1999) Diseño de máquinas. México, ediciones Prentice Hall
- Piccardo, José (2012). Vehículo Eléctrico de Producción Nacional. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Industrial. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo. Buenos Aires, Argentina
- SHIGLEY, J. Edward. (1985) *Diseño en ingeniería mecánica. s/ed. México: ediciones Mcgraw*
- Vittore Cossalter, (2006) Motorcycle Dynamics, Pádova (Italia). Ediciones LULU.

NETGRAFÍA

- Aficionados a la mecánica. Sistema de Dirección.
<http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion.htm>: [Citado el 15/03/2014]
- ARDUINO. What is Arduino. <http://www.arduino.cc/es/> [Citado el 17/03/2014]
- CANAL TOTAL. Que es un Bluetooth. <http://www.canaltotal.com/que-es-el-bluetooth/> [Citado el 17/03/2014]
- Dobac. Sistema de Frenos.
<http://dobac.com/capac/Sistema%20de%20Frenos%20Hidr%C3%A1ulicos.pdf> [citado el 18/03/2014]
- Energy Efficiency & Renewable Energy, Vehículos Todo Eléctrico.
<http://www.fueleconomy.gov/feg/esevtech.shtml> [Citado el 20/02/2014]
- Fallo de las Estructuras. Factor de seguridad para el Diseño;
http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/10673/mod_resource/content/1/html/elasticidad/node60.html [citado el 27/07/2014]
- Fuelling Europe's Future, sf, Motores de Combustión-Motores Eléctricos.
<http://www.fuellingeuropesfuture.eu/es/el-refino-en-europa/economia-del-refino/motores-de-combustion-motores-electricos> [Citado el 20/02/2014]
- Gabriel Amortiguadores y Struts: <http://www.gabriel.com.mx/> [Citado el 16/03/2014]
- INTEF. Actuadores. <http://platea.pntic.mec.es/> [Citado el 17/03/2014]
- La Moto. Sistema ABS. <http://www.lamotodigital.com.ar/nota-589--abs-el-mejor-complemento> [Citado el 21/03/2014]
- Recusostic. Sensores;
http://recusostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecnologia/quincena11/4quincena11_contenidos_3a.htm [citado el 22/03/2014]
- Some EV History - Page A, Items of Historical Interest in the Development and commercialization of EVs.
<http://www.electrifyingtimes.com/bill.html> [Citado el 10/03/2014]

- ZWICK/ROELL. Aplicaciones.
<http://www.zwick.es/es/aplicaciones/muelles-y-resortes.html>: [citado el 16/03/2014]

ANEXOS

ANEXO A COEFICIENTES DE SEGURIDAD (COEFICIENTES DE CÁLCULO)

CLASE DE CARGA	ACERO, METALES DUCTILES		HIERRO FUNDIDO, METALES QUEBRADIZOS	MADERA DE CONSTRUCCIÓN
	Basado en la resistencia máxima	Basado en la Resistencia de Fluencia	Basado en la resistencia máxima	
Carga permanente, N=				
Repetida, una dirección, gradual (choque suave), N=	3-4	1,5-2	5-6	7
Repetida, invertida, gradual (choque suave), N=	6	3	7-8	10
Choque, N=	8	4	10-12	15
	10-15	5-7	15-20	20

Elaborado por: De La Cruz J.

Fuente: UTP Coeficientes de fallo

<http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Tablas.pdf>

ANEXO B VALORES DE LANZAMIENTO Y AVANCE YAMAHA DT50 MX

	DT80MX	DT50MX
Transmission:		
Réduction primaire		
Système	Pignons hélicoïdaux	←
Taux	68/19 (3,579)	←
Reduction secondaire		
Système	Chaine	←
Taux	41/15 (2,733)	47/11 (4,273) 48/11 (4,364)*E
Type de boîte de vitesses	Prise constante, 5'rapports	← ← , 5-rapports*NL,B
Système de commande	Commande au pied gauche	←
Taux de réduction 1 ^{ère}	39/12 (3,250)	←
2 ^e	34/17 (2,000)	←
3 ^e	30/21 (1,429)	←
4 ^e	27/24 (1,125)	←
5 ^e	25/26 (0,962)	←
Partie-cycle.		
Type de cadre	Tubulaire, double, bexceau	←
Direction:		
Angle de chasse	30°	← 33 ° *NL
Chasse	132mm	← 170 mm
Carburant:		
Type	Escence normale	←
Capacité du réservoir	8,5	←

Elaborado por: De La Cruz J.

*Fuente: Manual de Reparación Yamaha DT 80MX – DT50MX Recuperado en:
<http://www.pdfmotomanual.com/>*

ANEXO C PROPIEDADES DE LOS MATERIALES UTILIZADOS

ALEACIÓN ALUMINIO 2014T4

ALEACIÓN	CARGA ROTURA	LÍMITE ELÁSTICO	ALARGAMIE NTO	DUREZA BRINELL
NORMAS AA.	Rm-N/mm ²	Rp 0,2-N/mm ²	A 5,65%	HB
7075-T7351	440	360	6	140
7075-T6/T651	470	400	5	130
2024-T6	425	315	5	125
7020-T6/T651	350	290	10	120
2024-T3	400	270	8	120
2007-T3	340	220	6	115
2014-T4	430	275	18	110
2007-T4	330	210	7	110
2017-T4	380	260	12	105
2011-T4	380	295	15	100
6061-T6/T651	150	110	16	95
6082-T6/T651	295	260	8	95
2030-T4	330	210	7	95
6060-T6	190	150	8	85

Elaborado por: De La Cruz J.

*Fuente: Ingemecanica. Propiedades mecánico-químicas del aluminio.
Recuperado en: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn110.html>*

PROPIEDADES DE LOS ACEROS

Clasificación de los aceros, según ASTM	Límite elástico		Tensión de rotura	
	Ksi	MPa	Ksi	Mpa
ASTM A36	36	250	58-80	400-550
ASTM A53 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A106 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A131 Gr A, B, CS, D, DS, E	34	235	58-71	400-490
ASTM A139 Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A381 Grado Y35	35	240	>60	>415
ASTM A500 Grado A	33	228	>45	>310
Grado B	42	290	>58	>400

*Fuente: Ingemecanica. Estudio y Clasificación de los Aceros. Recuperado en:
<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn101.html#seccion34>*

ANEXO D MATERIALES DE ALAMBRE PARA RESORTE

ASTM #	Material	SAE #	Descripción
A227	Alambre estirado en frío ("estirado duro")	1066	Alambre para resorte para uso general de menor costo. Adecuado para cargas estáticas pero no es bueno para la fatiga o impacto. Rango de temperatura de 0°C a 120°C (250°F).
A228	Alambre de piano	1085	Material muy tenaz de muy amplio uso para resortes de espiras pequeñas. Tiene la resistencia más elevada a la tensión y a la fatiga de todos los alambres para resorte. Rango de temperatura 0°C a 120°C (250°F).
A229	Alambre revenido al aceite	1065	Acero para resorte de uso general. Menos costoso y disponible en tamaños mayores del alambre para piano. Adecuado para cargas estáticas pero no bueno para la fatiga o el impacto. Rango de temperatura 0°C a 180°C (350°F).
A230	Alambre revenido en aceite	1070	Calidad de resorte de válvulas. Adecuada para carga a la fatiga.
A232	Cromo vanadio	6150	Acero para resorte de aleación de mayor popularidad. Calidad de resorte de válvulas. Adecuado para cargas a la fatiga. También bueno para cargas de impacto y de golpe. Para temperaturas de hasta 220°C (425°F). Disponible recocido y prerrevenido.
A313 (302)	Acero inoxidable	30302	Adecuado para aplicaciones de fatiga.
A401	Al cromo silicio	9254	Calidad de resorte de válvula: adecuada para cargas a la fatiga. Resistencia apenas inferior a la del alambre de piano y tiene una más elevada resistencia a la temperatura hasta 220°C (425°F).
B134, #260	Latón para resorte	CA-260	Baja resistencia, pero resistente a la corrosión.
B159	Bronce fosforado	CA-510	Resistencia superior al latón, mejor resistencia a la fatiga. Resistente a la corrosión. No debe tratarse térmicamente ni doblarse a lo largo del grano.
B197	Cobre al berilio	CA-172	Resistencia superior al latón. Mejor resistencia a la fatiga. Bastante resistente a la corrosión. Puede tratarse térmicamente y doblarse a lo largo del grano.
-	Inconel X-750	-	Resistente a la corrosión.

Fuente: NORTON, Robert L. (1999) Diseño de máquinas. s/ed. México, ediciones Prentice Hall

ANEXO E DIÁMETROS DE ALAMBRE PARA RESORTES

U.S. (in)		SI (mm)
0.004		0.10
0.005		0.12
0.006		0.16
0.008		0.20
0.010		0.25
0.012		0.30
0.014		0.35
0.016		0.40
0.018		0.45
0.020		0.50
0.022		0.55
0.024		0.60
0.026		0.65
0.028		0.70
0.030		0.80
0.035		0.90
0.038		1.00
0.042		1.10
0.045		
0.048		1.20
0.051		
0.055		1.40
0.059		
0.063		1.60
0.067		
0.072		1.80
0.076		
0.081		2.00
0.085		2.20
0.092		
0.098		2.50
0.105		
0.112		2.80
0.125		3.00
0.135		3.50
0.148		
0.162		4.00
0.177		4.50
0.192		5.00
0.207		5.50
0.225		6.00
0.250		6.50
0.281		7.00
0.312		8.00
0.343		9.00
0.362		
0.375		
0.406		10.0
0.437		11.0
0.469		12.0
0.500		13.0
0.531		14.0
0.562		15.0
0.625		16.0

Fuente: NORTON, Robert L. (1999) *Diseño de máquinas*. s/ed. México, ediciones Prentice Hall

ANEXO F COEFICIENTES PARA CÁLCULO DEL RESORTE

ASTM #	Material	Rango		Exponente <i>b</i>	Coeficiente A		Factor de correlación
		mm	in		MPa	psi	
A227	Estirado en frío	0.5-16	0.020-0.625	-0.182 2	1 753.3	141 040	0.998
A228	Alambre de piano	0.3-6	0.010-0.250	-0.1625	2 153.5	184 649	0.9997
A229	Revenido en aceite	0.5-16	0.020-0.625	-0.183 3	1 831.2	146 780	0.999
A232	Cromo vanadio	0.5-12	0.020-0.500	-0.145 3	1 909.9	173 128	0.998
A401	Cromo silicio	0.8-11	0.031-0.437	-0.093 4	2 059.2	220 779	0.991

Fuente: NORTON, Robert L. (1999) Diseño de máquinas. s/ed. México, ediciones Prentice Hall

ANEXO G MATERIALES USADOS PARA FRENOS Y EMBRAGUES

Material	Coeficiente de fricción		Temperatura máxima		Presión máxima	
	En húmedo	En seco	°F	°C	Psi	Kpa
Hierro fundido sobre hierro fundido	0,05	0,15-0,20	600	320	150 - 250	1000 - 1750
Metal pulverizado sobre hierro fundido	0,05 - 0,1	0,1-0,4	1000	540	150	1000
Metal pulverizado sobre acero endurecido	0,05 - 0,1	0,1-0,3	1000	540	300	2100
Madera sobre acero o hierro fundido	0,16	0,2-0,35	300	150	60 - 90	400 - 620
Cuero sobre acero o hierro fundido	0,12	0,3-0,5	200	100	10-14	70 - 280
Corcho sobre acero o hierro fundido	0,15 - 0,25	0,3-0,5	200	100	8 - 14	50 - 100
Fieltro sobre acero o hierro fundido	0,18	0,22	280	140	5 - 10	35 - 70
Asbesto tramado sobre acero o hierro fundido	0,1 - 0,2	0,3-0,6	350-500	175 - 260	50 - 100	350 - 700
Asbesto moldeado sobre acero o hierro fundido	0,08 - 0,12	0,2-0,5	500	260	50 - 150	350 - 1000
Asbesto impregnado sobre acero o hierro fundido	0,12	0,32	500 - 750	260 - 400	150	1000
Grafito sobre acero	0,05 - 0,1	0,25	700 - 1000	370 - 540	300	2100

Fuente: SHIGLEY, J. Edward. (1985) Diseño en ingeniería mecánica. s/ed. México: ediciones McGraw

ANEXO H ESPECIFICACIONES ACTUADORES ELÉCTRICOS

FICHA TÉCNICA GATA ELÉCTRICA DE TIJERAS	
Material	ACERO
Elevación máxima	365mm
Elevación mínima	120mm
Longitud de mango	204mm
Capacidad de elevación	2 Ton
Voltaje	13.5 ±1 V
Corriente de trabajo	10A
Peso	5.5Kg

Elaborado por: De La Cruz J.

Fuente: GRAINGER. Categorías. <http://www.grainger.com.mx/articulos/>
[recuperado el 28/2014]

ESPECIFICACIONES PISTOLA DE BLOQUEO CENTRAL

FUNCIONES Y CARACTERÍSTICAS

- Sistema con motor eléctrico universal, adaptable a cualquier tipo de vehículo
- Motores de cabeza giratoria para facilitar la instalación
- Sistema de doble riel que permite movimientos más estables, que no bloquean el motor
- Hardware completo de instalación.



CONVERSOR DE PULSOS
100654

MÓDULO DE BLOQUEO
100053



MOTOR 2 CABLES
100044

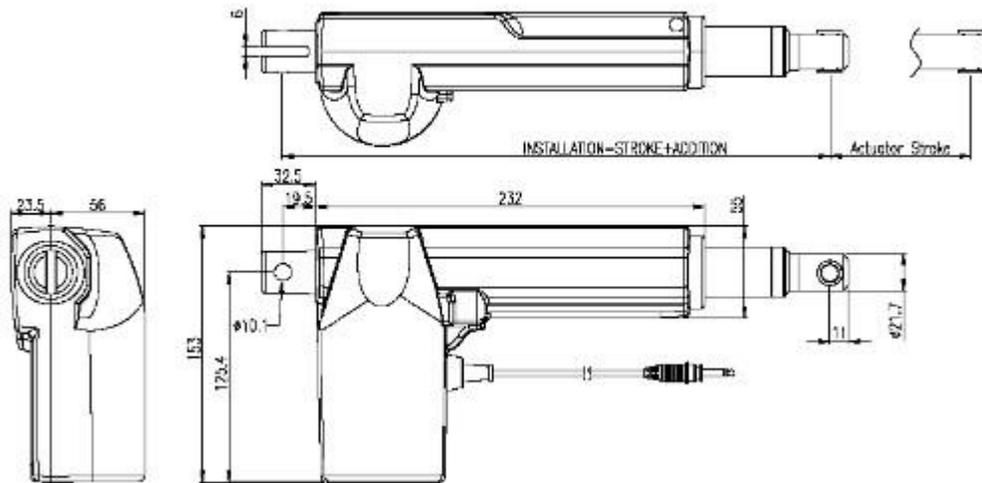
MOTOR 5 CABLES
100045

ACCESORIOS

Fuente: NEMESISLA. Bloqueo central. <http://nemesisla.com/catalogo2012.pdf>
[Recuperado el 31/07/2014]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ACTUADOR LINEAL

Dimensions:



Basic Installation Dimension :

Actuator Stroke mm	100	150	200	250	300
Basic Installation Stroke mm	288	323	373	423	473
Stretch Stroke mm	388	473	573	673	773

Installation Dimension for Q function :

Actuator Stroke mm	100	150	200
Basic Installation Stroke mm	377	427	477
Stretch Stroke mm	477	577	677

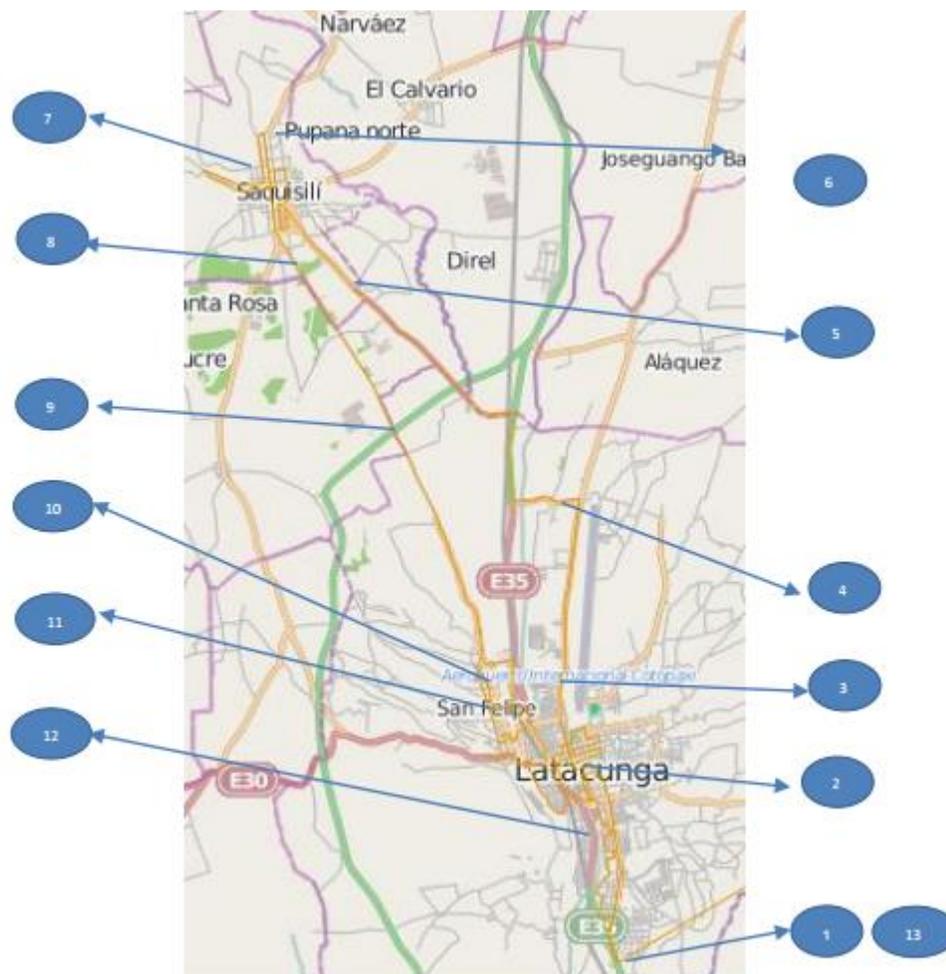
Fuente: LINKAN. Actuadores Lineales
<http://www.linkan.com.tw/product2.asp?num=342&twoproid=7> [citado el 25/07/2014]

ANEXO I DESCRIPCIÓN NORMA IP

Nivel	Protección frente a	Método de prueba	Resultados esperados
0	Sin protección.	Ninguno	El agua entrará en el equipamiento en poco tiempo.
1	Goteo de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, desde 200 mm de altura respecto del equipo, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm ³ por minuto)
2	Goteo de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm ³ por minuto). Dicha prueba se realizará cuatro veces a razón de una por cada giro de 15° tanto en sentido vertical como horizontal, partiendo cada vez de la posición normal de trabajo.
3	Agua nebulizada. (spray)	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua nebulizada en un ángulo de hasta 60° a derecha e izquierda de la vertical a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 80-100kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
4	Chorros de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada desde cualquier ángulo a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 80-100kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
5	Chorros de agua.	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 6,3 mm de diámetro, a un promedio de 12,5 litros por minuto y a una

			presión de 30kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 3 minutos y a una distancia no menor de 3 metros.
6	Chorros muy potentes de agua.	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada a chorros (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 12,5 mm de diámetro, a un promedio de 100 litros por minuto y a una presión de 100kN/m ² durante no menos de 3 minutos y a una distancia que no sea menor de 3 metros.
7	Inmersión completa en agua.	El objeto debe soportar sin filtración alguna la inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos.	No debe entrar agua.
8	Inmersión completa y continua en agua.	El equipamiento eléctrico / electrónico debe soportar (sin filtración alguna) la inmersión completa y continua a la profundidad y durante el tiempo que especifique el fabricante del producto con el acuerdo del cliente, pero siempre que resulten condiciones más severas que las especificadas para el valor 7.	No debe entrar agua

ANEXO J HOJA DE RUTA PARA PRUEBA DE AUTONOMÍA



1	Latacunga, sector El Niágara	8	Vía San Felipe
2	Latacunga, Colegio VVC	9	Latacunga, La Calera
3	Latacunga, Ciudadela NV	10	Latacunga, La Maltería
4	Panamericana, Vía Saquisilí	11	Latacunga parada interprovincial
5	Saquisilí, Tambillo	12	Latacunga, Quito Y Rafael Silva
6	Saquisilí, Colegio Jorge Pove.	13	Latacunga, sector El Niágara
7	Saquisilí, Plaza Rocafuerte		

ANEXO K PROTOCOLO DE PRUEBAS EJECUTADO

PROTOCOLO DE PRUEBAS	
CLIENTE:	UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA
PROYECTO:	MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE
EVALUADORES:	ING. MAURICIO CRUZ ING. JUAN ROCHA
FECHA:	19/07/2014



MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE

1 VERIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES

DIMENSIONES PRINCIPALES				
	DIMENSIONES [mm]		ACEPTACION	
	DISEÑO	PROTOTIPO	SI	NO
LARGO TOTAL	2050	2060	X	
ANCHO TOTAL	900	907	X	
ALTURA TOTAL	1100	1105	X	

2 VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES

COMPONENTES PRINCIPALES			
ELEMENTO	FUNCIONAMIENTO		
	BUENO	REGULAR	MALO
SISTEMA DE TRANSMISION	X		
SISTEMA DE PLEGADO	X		
SISTEMA DE CONTROL	X		

3 VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE										
TIEMPO [min]	ACCIONAMIENTO SISTEMA MOTRIZ		DIRECCIÓN		BATERÍAS		DEZPLAZAMIENTO		FRENAR	
	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF
15 - 30		X		X		X		X		X
30 - 60		X		X		X		X		X

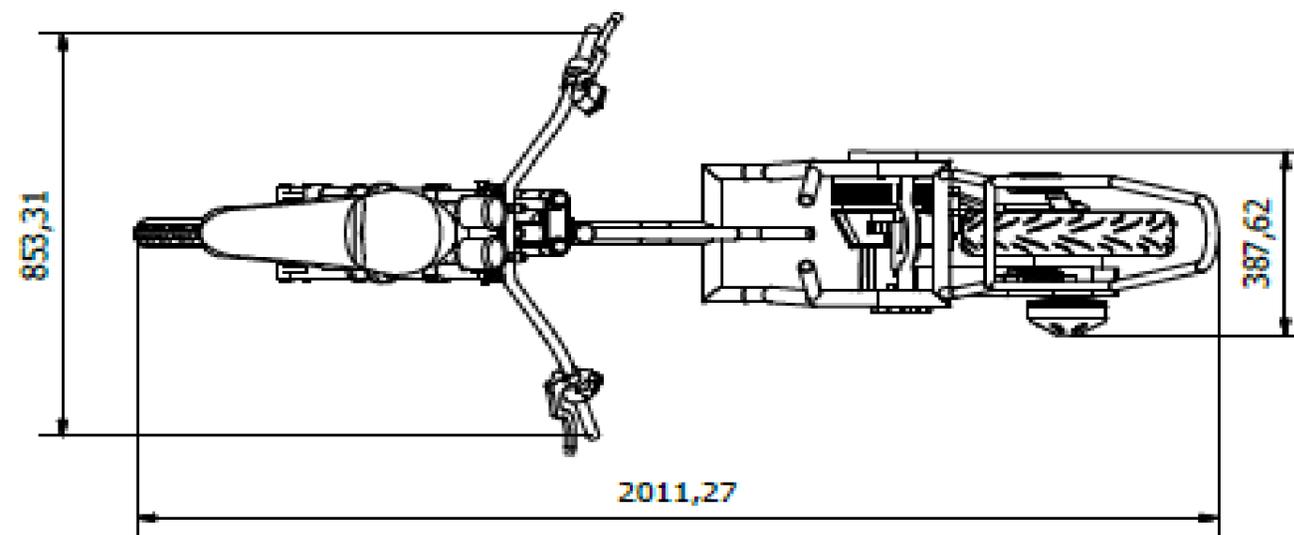
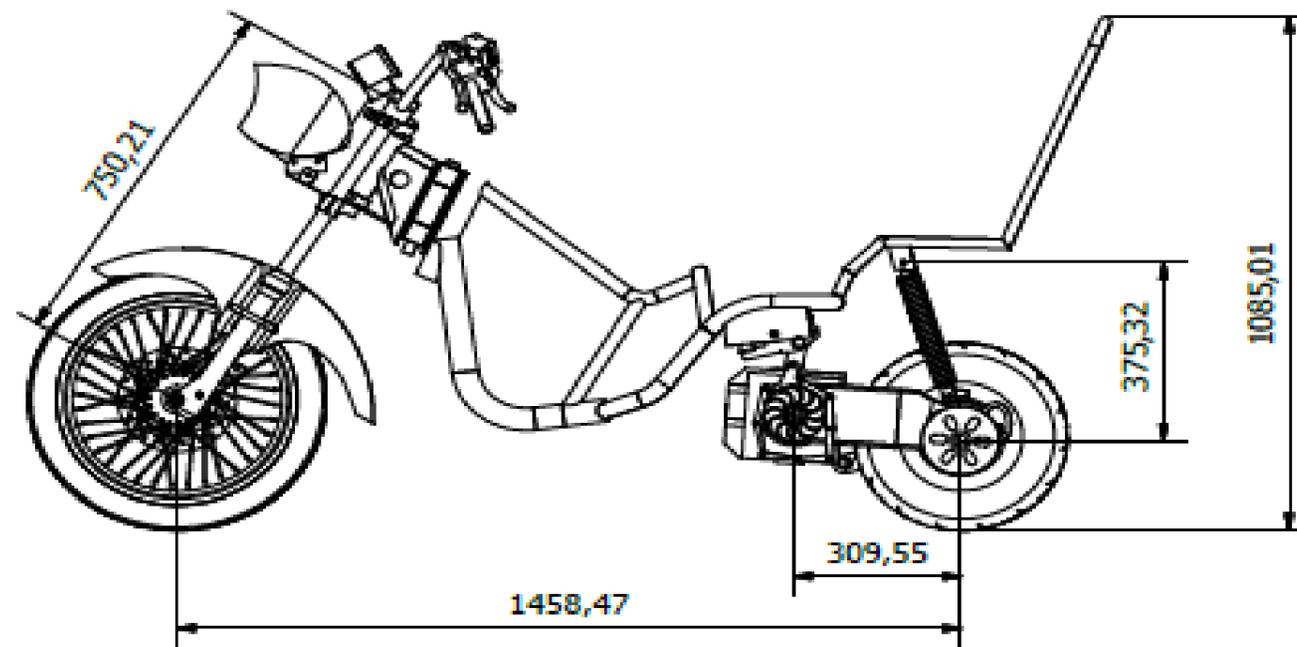
SISTEMA PLEGADO								
FASES	ELEVACIÓN		PIN		APERTURA		AUTOMATIZACIÓN	
	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF
PLEGADO		X		X		X		X
DESPLEGADO		X		X		X		X

F = FALLA
NF = NO FALLA

4 ACEPTACIÓN

SI NO

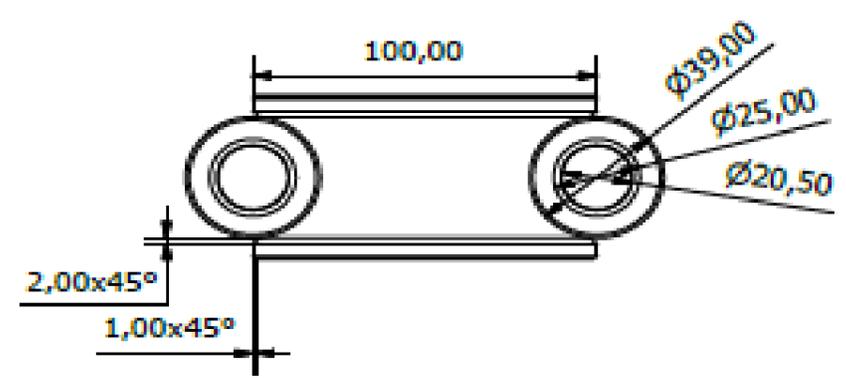
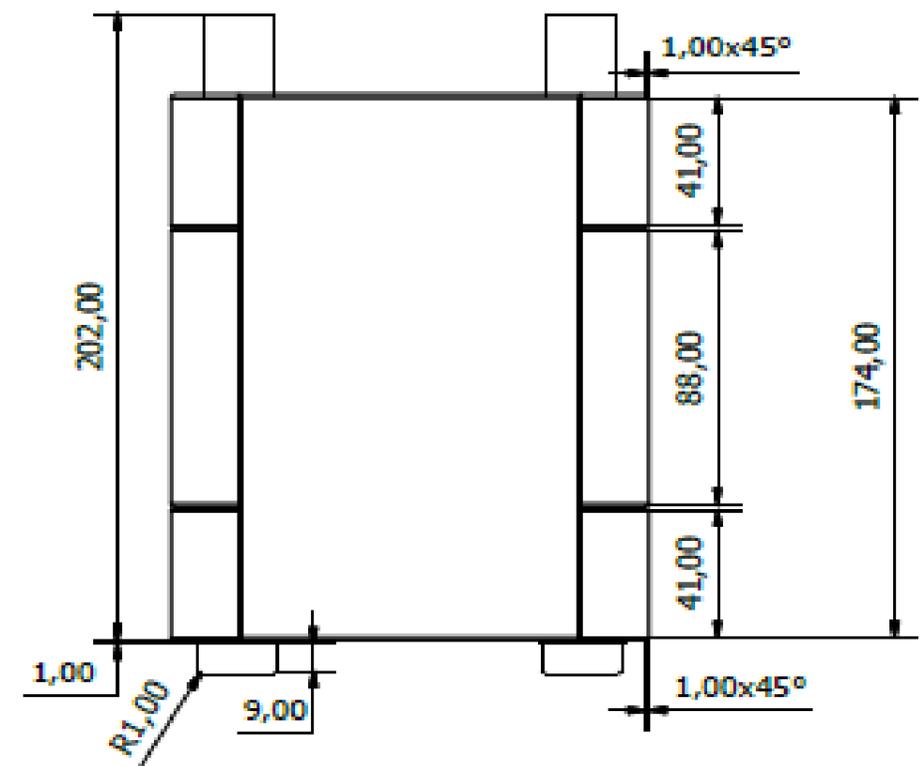
ANEXO L PLANOS



1				Tolerancia	(Peso)	MATERIALES	
2				± 10mm	195 kg		
3							
4							
5					Fecha	Nombre	
6				Dibu.	06/08/14	DE LA CRUZ J.	COTAS PRINCIPALES MOTOCICLETA ELÉCTRICA
7				Rev.		ZAMBRANO D.	
8				Aprob.		ZAMBRANO D.	
9							LÁMINA N° 2
10							
Edu.	Modif.	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE- EXTENSION LATACUNGA		Ingeniería Automotriz	

Esc:
1:10





1	ELABORADO			Tolerancia	(Peso)	MATERIALES: ASTM A36	Esc: 1:2	
2	NOMENCLATURA				15 kg			
3	DIMENSIONAL							
4	EST. REPL.					MECANISMO DE PLEGADO DE LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE (BISAGRA)	Esc: 1:2	
5	ESCALA			Fecha	Nombre			
6	FORNITO			Dib.	09/08/14			DE LA CRUZ J.
7	ACERTAS			Rev.				ZARRANO D.
8	TITULOS			Aprob.		ZARRANO D.	LÁMINA N°3 Ingeniería Automotriz	
9	ESTRUCTURA							
10	ACERADO							
Edo.	Modif.	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE- EXTENSION LATACUNGA				



ANEXO M ARTÍCULO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN, FRENOS Y PLEGADO, EN UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE

De La Cruz Jorge¹, Zambrano Danilo², Cruz Mauricio³

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas

ESPE

Calle Quijano y Ordoñez y hermanas Páez, Cotopaxi – Latacunga

E - mail: jorgedelacruz0806@yahoo.com, vdzambrano@espe.edu.ec, gmcruz@espe.edu.ec

RESUMEN

Los sistemas de dirección, suspensión, frenos y plegado son indispensables en todo tipo de vehículo por tal razón la selección de los elementos que los conforman se realiza a partir de parámetros de construcción generados en el diseño del bastidor, de la misma manera la propuesta se da después de un estudio en base a un software CAD-CAE teniendo en cuenta los factores de seguridad establecidos.

Palabras clave: Ingeniería Automotriz / Vehículos Biplaza Ecológicos / Motocicletas Eléctricas – Sistemas Complementarios

ABSTRACT

Steering systems, suspension, brakes and folding are essential in all types of vehicle for that reason the selection of the elements that make up is performed from construction parameters generated in the design of the frame, just as the proposal given after a study based on a CAD-CAE software taking into account the safety factors set.

Keywords: Engineering Automotive / Car Tandem Organic / Motorcycle Electric - Additional Systems

I. INTRODUCCIÓN

Los vehículos eléctricos presentan varias ventajas frente a los vehículos impulsados por energía de combustibles fósiles, entre las ventajas más sobresalientes se pueden destacar que estos vehículos no emanan CO₂ al medio Ambiente otra de las ventajas claras es la oportunidad de utilizar eficientemente

energías renovables así como también el costo económico que este presenta por movilidad.

II. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

Este proyecto tuvo como propósito implementar los sistemas de dirección, suspensión, frenos y plegado, los mismos que después de un cálculo técnico, matemático y la determinación de la efectividad de cada elemento a partir de un software CAD-CAE mediante análisis de deformación, tensión a la fluencia y factor de seguridad, se dan validez para este proyecto.

III. PROCEDIMIENTO

A. DISEÑO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

El sistema de dirección es importante en todo vehículo ya que cumple con el objetivo de direccionar al mismo. La figura 1 muestra los parámetros establecidos por la pipa de la dirección que son generados a partir del diseño del bastidor. En donde tenemos como lanzamiento de 31.4° creando un avance de 0,16m y una distancia entre ejes 1.45m.

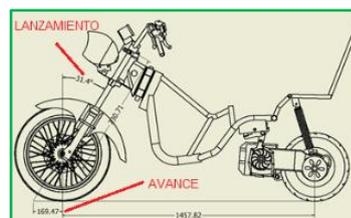


Figura 1 Geometría de la motocicleta

Fuente: Arias Pérez, X. A. (2014).

A.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Los requerimientos necesarios que se establecen en este sistema son las fuerzas que actúan por frenada en la rueda delantera y por ende estas a su vez por reacción a las tijas de dirección. En la figura 2 muestra cómo actúan estas fuerzas mientras que en la tabla 1 se ve los valores generados en el diseño del bastidor.

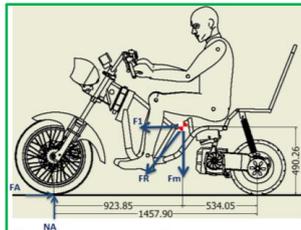


Figura 2 Fuerzas por frenada
Fuente: Arias Pérez, X. A. (2014)

Tabla 1 Detalle de fuerzas que actúan sobre la motocicleta.

Designación	Valor
Masa eje trasero (N_{Bmin})	138.48 Kg (1357.1N)
Masa eje delantero (N_{Amin})	80.11 Kg (785.07N)
N_{Amax}	2144.4 N
F_1	4039.34 N
F_R	4573.26 N
Masa suspendida	193 Kg
Masa no suspendida	25.6 Kg
Masa total	218.6 Kg
N_{Bmax}	2144.4 N
F_1'	2336.96 N

Elaborado por: El Autor

A.2 SELECCIÓN DEL SISTEMA

Se elige el sistema de dirección de la Yamaha DT 50 MX, ya que cumple con los valores de lanzamiento y avance requeridos por el diseño del bastidor.

A.3 MODELACIÓN DEL SISTEMA

El sistema de dirección consta de dos tijas una superior y una inferior, los materiales que constituye la tija superior son de aleación de

aluminio 2014 T4, mientras que la tija inferior es de acero estructural ASTM A36.



Figura 3 Modelación del sistema de dirección

Fuente: El Autor

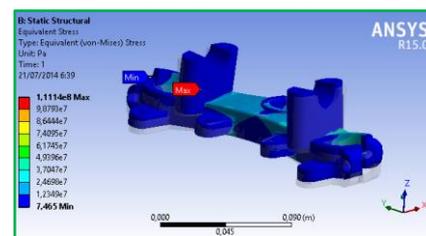


Figura 4 Límite de elasticidad tija superior

Fuente: El Autor

Se observa en la figura 4 el valor máximo de esfuerzo es en los puntos de apoyo de las barras telescópicas que es 1.1114×10^8 Pa (N/mm^2) o 111.14 (N/mm^2), comparándolo con el esfuerzo que soporta este material $270(N/mm^2)$ no supera su límite.

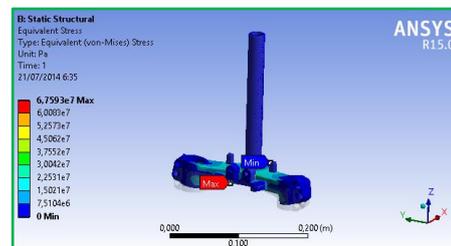


Figura 5 Límite de elasticidad tija inferior

Fuente: El Autor

El valor que se puede observar en la figura 5 es de 6.759×10^7 Pa el mismo que no sobre pasa el valor de fluencia del material del cual está hecho este elemento que es de 250 MPa.

B. DISEÑO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

B.1 SUSPENSIÓN DELANTERA

Para la suspensión delantera normalmente se utiliza la horquilla telescópica donde existen dos fuentes de hundimiento asociadas con este tipo de suspensión, una es el efecto debido a la transferencia de carga cuando ocurre una frenada, y el otro efecto es

producto del ángulo de lanzamiento de la horquilla telescópica.

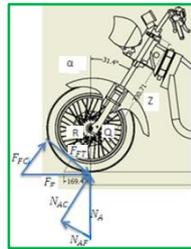


Figura 6 Fuerzas que actúan sobre la rueda delantera

Fuente: El Autor

La fuerza de trabajo mínima en las barras telescópicas se rige por la siguiente ecuación.

$$F_{Tmin} = N_{Amin} * \cos \alpha$$

El valor de la fuerza máxima de trabajo esta dada por:

$$F_{Tmax} = F_{FC} + N_{AC}$$

$$F_{Tmax} = F_F * \sin \alpha + N_{Amax} * \cos \alpha$$

b. Cálculo del resorte

Conociendo el valor de la reacción en la rueda delantera con $N_{Amin} = 785.07N$ de los parámetros establecidos según la tabla 1 tenemos que:

$$F_{Tmin} = 670.09N$$

$$F_F = \mu_1 * N_{Amax}$$

Con

$$\mu_1 = 0.8 \text{ y } N_{Amax} = 2144.4N$$

$$F_{Tmax} = 2724.156N$$

Deflexión de trabajo del resorte de $\delta_{Trabajo} = 0.090m$

Ahora con la fuerza máxima, mínima y la deflexión del resorte se calcula el valor de la constante elástica.

$$K = \frac{F_{Tmax} - F_{Tmin}}{\delta_{Trabajo}}$$

$$K = 21.54$$

➤ Factor de seguridad contra la fluencia N_s

$$N_s = \frac{S_{ms}}{\tau}$$

$$S_{ms} = 0.60 * S_{ut}$$

$$S_{ut} = A * d^b$$

$$S_{ut} = 5094038.82 \text{ KPa}$$

$$S_{ms} = 3056423.29 \text{ KPa}$$

$$\tau = K_s * \frac{8 * F * D}{\pi * d^3}$$

$$\tau = 962509.62 \text{ KPa}$$

$$N_s = 3.17$$

➤ Numero de espiras del resorte N_a

$$N_a = \frac{d^4 * G}{8 * D^3 * K}$$

El material utilizado para este resorte es alambre cuerda de piano A228 cuyo límite elástico por cortadura es $G=82737086.4 \text{ KPa}$. Entonces:

$$N_a = 38$$

Tabla 2 Características del resorte seleccionado

Diámetro de alambre	Diámetro exterior resorte	Número total de espiras	Longitud libre resorte
6mm	26,4mm	40	342mm

Elaborado por: El Autor

Se propone un diámetro de 30mm con un espesor de 1,5mm, tomando de referencia el diámetro externo del resorte. Y para el largo se tomara el doble de la distancia del resorte, es decir $344*2=684mm$

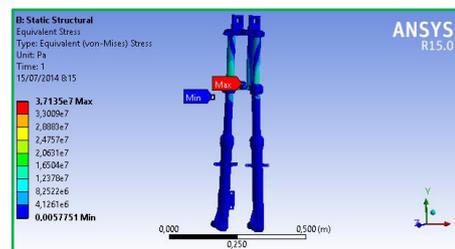


Figura 7 Límite de elasticidad

Fuente: El Autor

En la figura 7 se observa el esfuerzo es de $3,71e7 \text{ Pa}$, este valor no sobre pasa el límite elástico del material que para este caso se utiliza acero 1045 con límite elástico de 530MPa.

B.2 SUSPENSIÓN TRASERA

La suspensión trasera es importante ya que mantiene la rueda trasera en contacto con el suelo siendo esta rueda la que transmite el torque impulsivo a la motocicleta.

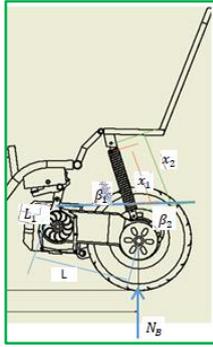


Figura 8 Fuerzas de carga mínima

Fuente: El Autor

En la figura 8 muestra la distribución de carga en el tren posterior, teniendo carga mínima (peso de la motocicleta) y carga máxima (peso motocicleta más piloto e incluso fuerzas de aceleración).

c. Análisis de la suspensión con carga mínima

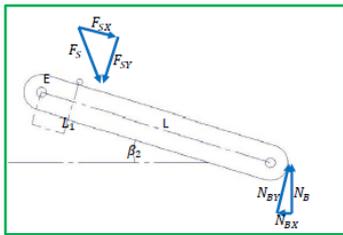


Figura 9 Distribución de cargas mínimas

Fuente: El Autor

$$N_{BY} = N_B * \sin \beta_2$$

$$F_{SY} = F_S * \sin \beta_1$$

Haciendo sumatoria de momentos en el punto de giro E del brazo basculante tenemos que:

$$\sum M_E = 0$$

$$F_{SY} = \frac{N_{BY} * L}{L_1}$$

La carga mínima de trabajo está dada por:

$$F_{SMin} = \frac{N_B * L * \sin \beta_2}{L_1 * \sin \beta_1}$$

d. Análisis de la suspensión con carga máxima de trabajo

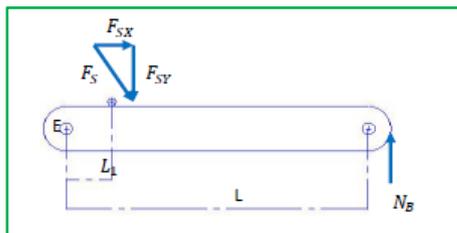


Figura 10 Distribución de cargas máximas

Fuente: El Autor

$$F_S = \frac{F_{SY}}{\sin \beta_1}$$

Haciendo sumatoria de momentos en el punto E tenemos

$$F_{SY} = \frac{N_B * L}{L_1}$$

La carga máxima de trabajo del resorte es:

$$F_{SMax} = \frac{N_B * L}{L_1 * \sin \beta_1}$$

Para el cálculo del resorte se utiliza el mismo procedimiento realizado para la selección del resorte de la suspensión delantera. El material utilizado para calcular este resorte es Alambre revenido en Aceite A229, con G =80650 MPa, la máxima compresión que tendría el resorte es de 80mm.

Tabla 3 Características del resorte seleccionado.

Diámetro del Alambre	Diámetro exterior del Resorte	Número total de espiras	Longitud libre resorte
7mm	42mm	25	260mm

Elaborado por: El Autor

e. Simulación del basculante

Se realiza los análisis respectivos de cada elemento que conforman el basculante de la motocicleta. Cabe destacar que las cargas o fuerzas que se aplicaran en cada elemento son tomadas de los datos preliminares para el diseño del bastidor que se muestran en la tabla 4.

Tabla 4 Datos preliminares

Elementos	Masa (Kg)	Peso (N)
Piloto	70	686.7
Chasis	23	225.63
Motor electrico	18.9	185.4
Base Motor	5.2	51
CVT	9.8	96.13
Bateria 1	11.5	112.815
Bateria 2	11.5	112.815
Bateria 3	11.5	112.815
Bateria 4	11.5	112.815
Componentes Restantes	20	196.2
Total suspendida	193	1,892

Fuente: Arias Pérez, X. A. (2014).

La figura 11 representa el basculante, destacando que para el diseño se parte desde la configuración del sistema de transmisión de una motoneta Joy 150 debido a que por la configuración y la necesidad de la implementación del sistema de transmisión variable CVT en la motocicleta eléctrica.

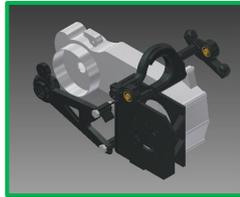


Figura 11 Basculante
Fuente: El Autor

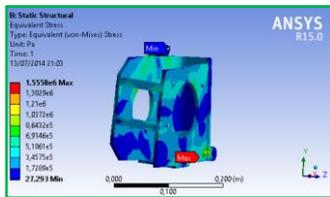


Figura 12 Límite elástico de la base
Fuente: El Autor

La figura 12 se observa que el valor máximo ($1,55e^6$ Pa) no supera el límite de fluencia del material (ASTM A36) que tiene un esfuerzo de fluencia de (250 MPa, 36 ksi).

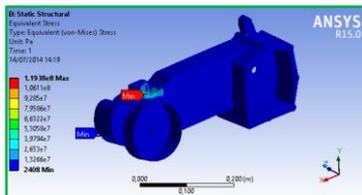


Figura 13 Límite de elasticidad de la base del CVT
Fuente: El Autor

El máximo esfuerzo se presenta en la base para el amortiguador como se observa en la figura 13 es de ($1,19e^8$ Pa), este valor no supera el límite de fluencia del material (aleación aluminio 2014 T4) de este elemento que es de $210N/mm^2$.

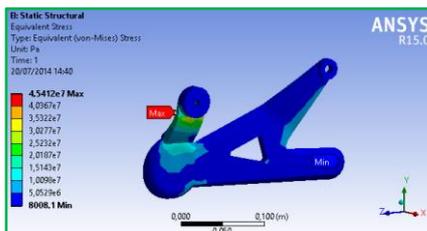


Figura 14 Límite elástico del soporte
Fuente: El Autor

El límite elástico de este elemento se muestra en la figura 14 ($4,54e^7$ Pa) y como podemos apreciar no sobrepasa los límites establecidos que son 250MPa.

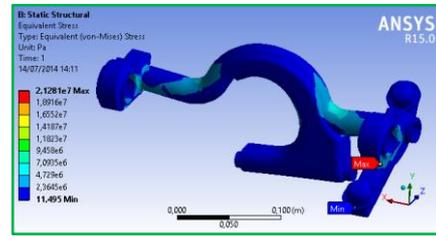


Figura 15 Límite elástico del soporte del basculante
Fuente: El Autor

El límite elástico es de $2,1281 e^7$ Pa frente 250MPa que presenta ASTM A36 dando así la factibilidad del uso de este elemento para los parámetros requeridos

C. DISEÑO DEL SISTEMA DE FRENOS

La frenada de un vehículo es la conversión de energía cinética en energía térmica o calorífica.

$$E = \frac{1}{2} * m * v^2$$

Esta ecuación anterior representa el trabajo mecánico realizado por la motocicleta durante su movimiento, para lograr detener la motocicleta se puede usar la siguiente ecuación que expresaría la cantidad de trabajo absorbido por los frenos y que será transformado en calor.

$$F_f * x = \frac{1}{2} * m * v^2$$

$$N_{A,B} * \mu * x = \frac{1}{2} * m * v^2$$

Donde el valor de x será:

$$x = \frac{\frac{1}{2} * m * v^2}{N_{A,B} * \mu}$$

C.1 CÁLCULO DEL FRENO DE DISCO DELANTERO

El momento de frenado está dado por la siguiente ecuación:

$$M_f = N_A * \mu * r_r$$

Dónde:

N_A = Normal generada por las fuerzas de frenado

μ = Coeficiente de fricción

r_r = Radio de la llanta

La fuerza necesaria que se debe aplicar al disco del freno es la siguiente.

$$F_a = \frac{M_f}{r_d}$$

Con el valor de $N_A = 2144.4N$, un coeficiente de fricción entre la llanta y el suelo de $\mu = 0.8$ y un radio de la llanta de $r_r = 0.3$ metros, se obtiene que el momento de frenada es:

$$M_f = 514.65 N - m$$

Ahora con un valor de 0.1 metro para el radio medio r_d del disco se obtiene que:

$$F_a = 5146.5 N$$

Para encontrar el área necesaria para frenar la rueda se utiliza la siguiente ecuación.

$$A = \frac{M_f}{2 * r_d * p * \mu_1}$$

$$A = 0.002224213 m^2$$

Se calcula el área del sector menor A_1 para un ángulo de 45 grados cuya fórmula es la siguiente:

$$A_1 = \frac{1}{2} * R_{int}^2 * \omega$$

Donde ω esta dado en radianes.

$$\omega = 0.785 \text{ radianes}$$

$$R_{int} = 85 \text{ mm}$$

$$A_1 = 2835.8 \text{ mm}^2$$

Ahora se calculará el área del sector mayor A_2 para el mismo ángulo

$$R_{ext} = 115 \text{ mm}$$

$$A_2 = \frac{1}{2} * R_{ext}^2 * \omega$$

$$A_2 = 5190.8 \text{ mm}^2$$

A continuación se detalla las características que debe tener el disco de freno.

Tabla 5 Características del disco seleccionado

Diámetro exterior del disco	Diámetro interior del disco	Espesor del disco
220mm	150mm	3mm

Elaborado por: El Autor

C.2 CÁLCULO DEL FRENO DE TAMBOR TRASERO

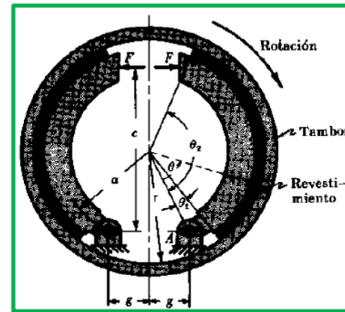


Figura 16 Frenos de zapatas internas

Fuente: MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas, México: Prentice Hall. 1992

La ecuación del momento de frenada es la siguiente:

$$M_{f \text{ derecha}} = \mu_1 * P_m * w * r_t^2 * \left(\frac{\cos \theta_1 - \cos \theta_2}{\sin \theta_m} \right)$$

$$M_{f \text{ izquierda}} = \mu_1 * P'_m * w * r_t^2 * \left(\frac{\cos \theta_1 - \cos \theta_2}{\sin \theta_m} \right)$$

La presión máxima en la zapata izquierda P'_m se determina por la siguiente ecuación:

$$P'_m = \frac{C * F * P_m}{M_n + M_f}$$

Momento de las fuerzas de rozamiento con respecto a la articulación de la zapata puede determinarse por:

$$M_f = \frac{\mu_1 * P_m * w * r_t}{\sin \theta_m} * \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta * (r - a * \cos \theta) d\theta$$

El momento de las fuerzas normales con respecto a la articulación de la zapata puede determinarse por:

$$M_n = \frac{a * P_m * w * r_t}{\sin \theta_m} * \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^2 \theta d\theta$$

Para $\mu_1 = 0.32$ y $w = 0.03 m$ tenemos que:

$$M_f = 514.65 N - m$$

Teniendo: $r_t = 0.12 m$, un valor de $\theta_1 = 0^\circ$ y $\theta_2 = 140^\circ$ y presión máxima de 1000 KPa, se tiene que:

$$P_m = 1000000 Pa$$

El valor de c que es la distancia que existe entre el punto de aplicación de fuerza en la zapata y el pivote es de $c = 0.162 m$, entonces se tiene que:

$$F = 5146.5 N$$

$$M_f = 138.24 N - m$$

$$M_n = 400.14 N - m$$

$$P'_m = 1422879 Pa$$

Finalmente podemos calcular:

$$M_{f \text{ derecha}} = 221.25 N - m$$

$$M_{f\text{izquierda}} = 300.15 \text{ N} - m$$

Luego el momento total de frenado que soporta esta zapatas será:

$$M_{\text{total}} = M_{f\text{derecha}} + M_{f\text{izquierda}}$$

$$M_{\text{total}} = 521.4 \text{ N} - m$$

Recordando que el momento necesario para frenar la moto es de 514.65 N-m y comparando con el momento de frenado que soporta las zapatas calculadas se tiene que este diseño es efectivo. Por lo tanto a continuación en la tabla 6 se describe las características que deben reunir el sistema de freno posterior.

Tabla 6 Características del freno de tambor seleccionado

Diámetro interno de la campana del rin	Ancho de las zapatas	Ángulo de cobertura de las zapatas	Espesor de las zapatas
240 mm	30mm	140 grados	3mm

Elaborado por: El Autor

D DISEÑO DEL SISTEMA DE PLEGADO

El proyecto pretende reducir el tamaño de la motocicleta para de esta manera optimizar el espacio de aparcamiento, utilizando medios tecnológicos actuales.

D.1 SELECCIÓN DE ELEMENTOS

➤ Medio de elevación

Se selecciona una gata eléctrica ya que cumple con los parámetros requeridos que levanta una altura de hasta 38,5cm con un peso de hasta 2000kg, su fuente debe ser de 12V y una corriente máxima de 10A.

La figura 17 muestra la ubicación que debe tener la gata eléctrica con respecto al CdG de la motocicleta.

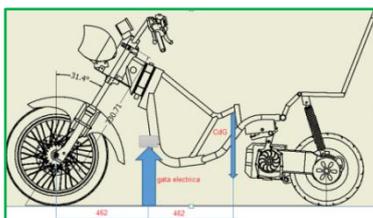


Figura 17 Ubicación del medio de elevación

Fuente: El Autor

➤ Medio de activación

Se considera para este medio un pistola eléctrica utilizada en el bloqueo centralizado de puertas para autos que trabaja con un rango de 12 – 24V y corriente máxima de 5 A además cuenta con una carrera de 0.03m.

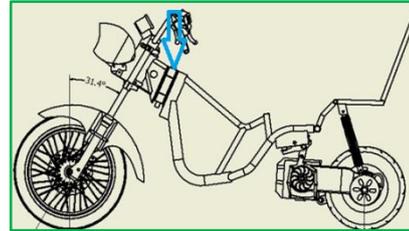


Figura 18 Ubicación de la pistola eléctrica

Fuente: El Autor

➤ Medio de ejecución

Debido a que se necesita desplazar una masa de 80.11 Kg (785.07N) se opta por un actuador lineal que reúne las características que se detallan a continuación. En la figura 19 se muestra la ubicación del actuador lineal.

Características:

- 24V motor de imán permanente de CC
- Empuje 1500N ~ 6000N; Velocidad 3.0 ~ 16.7mm / s
- Ciclo de trabajo: Max. 10% o 2 min. / 18 min.
- Grado de protección: IP54
- Carrera de trabajo 300mm

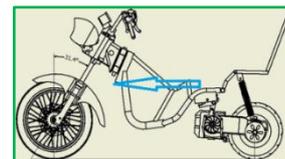


Figura 19 Ubicación del actuador lineal

Fuente: El Autor

➤ Medio de control

Para la automatización del sistema de plegado se opta por la utilización de la tarjeta Arduino. La figura 20 muestra el diseño del circuito en proteus el mismo que cuenta con relés de activación para el cierre del circuito, así como de los puertos periféricos de conexión a la tarjeta Arduino y puertos de salida para la conexión de sensores y actuadores.

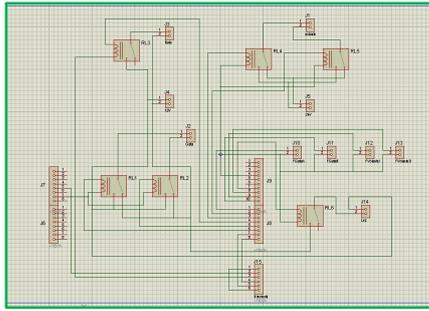


Figura 20 Simulación del circuito en proteus

Fuente: El Autor

➤ **Medio de conexión**

Como medio de conexión se utiliza un módulo Bluetooth, el cual lo observa al microcontrolador como si fuese un cable serial DB9. Su velocidad y formato de transmisión es, por default, 9600Kb. La figura 21 muestra el interfaz principal de la aplicación para el Smartphone de donde podemos destacar que tenemos los botones para ingresar a automático y manual, así mismo podemos observar un video de la transformación de la motocicleta.



Figura 21 Interfaz principal para la aplicación

Fuente: El Autor

IV. IMPLEMENTACIÓN

A. SISTEMA MECÁNICO

Tras determinar la idoneidad de bases mediante el software de simulación ANSYS, se ha diseñado un diagrama de flujo el mismo que es presentado en la siguiente tabla.

Tabla 7 Diagrama de flujo de ensamble mecánico

Diagrama de Flujo de Proceso de Ensamble					
Actividad: Ensamble de los sistemas complementarios	ACTIVIDAD	RECUR.	TIEMPO	RECUR.	RECUR.
Fecha: julio 1 de 2014	Operador	0	55	0	0
OPERADOR: Jorge De La Cruz	ANALISTA: Arise De La Cruz Turiso	Inspeccion	0	30	
Método: Adual	Preparado: SI	Reparar	0	0	
Tipo: Técnico	Materiales: Diversos	Armaarse	0	20	
Comentario: Una vez seleccionados los distintos elementos de acuerdo a los circuitos realizados, se procede a ensamblar las piezas guardando un orden para procurar realizar un trabajo eficiente.		Tiempo	0	115	
		Distancias	0	12	
		Costos	0	5000	
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	SÍMBOLO	TIEM (min)	DISTAN (mtr)	METODO RECOMENDADO	
Inspección de los elementos a ensamblarse	○	15	1		
Ensamblar el sistema de dirección y suspensión delantera	→	15	1		
Ensamblar todos los elementos que conforman el basculante	□	5	1		
Fijación del basculante junto al tren motoriz utilizando pernos adecuados	D	5	2		
Inspección del avance 1 del ensamble	▽	5	1		
Ensamblar los amortiguadores de la suspensión trasera y andar al basidor	○	15	1		
Inspeccionar que el ensamble sea adecuado y la fijación de los pernos al basidor	→	5	1		
Inspección del avance 2 del ensamble	□	5	1		
Fijación de los elementos ensamblados al neumático trasero.	D	10	1		
Ubicación de los actuadores eléctricos	▽	10	1		
Verificación del funcionamiento correcto de la biela	○	20	1		

Fuente: El Autor

B. SISTEMA ELÉCTRICO

Basándonos en los grados de protección IP, los elementos empleados se han de ubicar en lugares adecuados para evitar su exposición innecesaria al medio ambiente.

De igual manera se ha diseñado un diagrama de flujo para facilitar el montaje del circuito eléctrico, mismo que se lo puede visualizar en la siguiente tabla.

Tabla 8 Diagrama de flujo de ensamble eléctrico

Diagrama de Flujo de Proceso de Ensamble					
Actividad: Ensamble del Sistema Eléctrico de plegado	ACTIVIDAD	RECUR.	TIEMPO	RECUR.	RECUR.
Fecha: julio 1 de 2014	Operador	0	75	0	0
OPERADOR: Jorge De La Cruz	ANALISTA: Arise De La Cruz Turiso	Inspeccion	0	25	
Método: Adual	Preparado: SI	Reparar	0	0	
Tipo: Técnico	Materiales: Diversos	Armaarse	0	20	
Comentario: Una vez seleccionados los distintos elementos eléctricos y electrónicos de acuerdo a los circuitos realizados, se procede a ensamblar las piezas guardando un orden para procurar realizar un trabajo eficiente.		Tiempo	0	100	
		Distancias	0	11	
		Costos	0	5000	
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	SÍMBOLO	TIEM (min)	DISTAN (mtr)	METODO RECOMENDADO	
Inspección de los elementos a ensamblarse	○	15	1		
Diseño del circuito	→	15	1		
Fijación de las fuentes para los actuadores y el medio de control	□	5	1		
Ubicación de los elementos de control del sistema de plegado	D	5	2		
Conexión del circuito de activación de los actuadores	▽	5	1		
Conexión del circuito de fuente de alimentación del módulo Bluetooth	○	15	1		
Inspección del avance 1 del ensamble	→	5	1		
Instalación de los elementos de activación y control	□	5	1		
Inspección final del ensamble	▽	10	1		
Pruebas de funcionamiento	○	20	1		

Fuente: El Autor

C. IMPLEMENTACIÓN FINAL

Tras ensamblar los sistemas complementarios, se puede visualizar el modelado realizado en Inventor de la propuesta final.



Figura 22 Motocicleta modelada
Fuente: El Autor

Finalmente se puede visualizar en la siguiente fotografía el acoplamiento del tren motriz al chasis, dirección y suspensión.



Figura 23 Propuesta final
Fuente: El Autor

IV. PROTOCOLO DE PRUEBAS

A. SISTEMA PLEGABLE

Cuando la motocicleta se encuentre en reposo el circuito del plegado deberá ser cerrado por el interruptor ubicado en el manubrio izquierdo.

El circuito energizará al controlador de la automatización ARDUINO UNO, el cual es responsable de guardar y ejecutar las órdenes programadas.

El Smartphone ejecutará la orden para que ARDUINO UNO pueda empezar el proceso ya sea de forma automática o manual.

En la figura 24 se puede observar todos los elementos del sistema de plegado.



Figura 24 Elementos del plegado
Fuente: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

B. SISTEMA DE FRENO, SUSPENSIÓN, DIRECCIÓN Y PLEGADO

Se ha considerado analizar la facilidad de giro en el volante, y se pudo determinar que existe una gran versatilidad de giro debido al ángulo de lanzamiento empleado, demostrando que dicho ángulo es ideal para conducción urbana.



Figura 25 Ángulo de lanzamiento
Fuente: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

En el sistema de suspensión se ha determinado la variación de distancia de los muelles y de las horquillas de la suspensión delantera, bajo dos condiciones, la primera sin ocupantes, y la segunda con un ocupante de peso promedio. En la siguiente tabla se observa los datos obtenidos de dicha medición de ángulos.

Tabla 9 Parámetros de la motocicleta

Sin Ocupante	Muelle Trasero	244 mm
	Suspensión delantera	144 mm
Un Ocupante	Muelle Trasero	232 mm
	Suspensión delantera	128 mm
Ángulo de Lanzamiento		33°

Fuente: Arias X., De La Cruz J., Tutillo J.

CONCLUSIONES

- Se calculó técnica y matemáticamente los parámetros necesarios para poder dimensionar correctamente los elementos de los sistemas complementarios (suspensión, dirección, frenos y plegado) de la motocicleta eléctrica plegable.
- Se pudo variar la velocidad de funcionamiento de cada uno de los actuadores modificando el voltaje de entrada a los mismos esto es de 0 – 24V.

- Se realizó las pruebas de rodaje confirmando la efectividad de los sistemas complementarios de la motocicleta eléctrica plegable y de esta manera se mejoró el confort del piloto.
- Se automatiza el proceso del plegado cumpliendo con los parámetros requeridos para poder ahorrar espacio de aparcamiento de acuerdo con Simtel y de esta manera demostrando que las tecnologías actuales ayudan a los procesos mecánicos manuales.

BIBLIOGRAFIA

- Foale T. (2003). Motocicletas: comportamiento dinámico y diseño de chasis; el arte y la ciencia. España, ediciones ISBN.
- Crouse W. H., Donald L. A. (1992), Mecánica de la motocicleta, España, ediciones Marcombo
- Vittore Cossalter, (2006) Motorcycle Dynamics, Pádova (Italia). Ediciones LULU
- Norton, Robert L. (1999) Diseño de máquinas. s/ed. México, ediciones Prentice Hall
- SHIGLEY, J. Edward. (1985) Diseño en ingeniería mecánica. s/ed. México: ediciones Mcgraw

NETGRAFIA

- Energy Efficiency & Renewable Energy, Vehículos Todo Eléctrico. http://www.fueleconomy.gov/feg/esevt_ech.shtml [Citado el 20/02/2014]
- Recusostic. Sensores;
- http://recusostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecnologia/quincena11/4quincena11_contenidos_3a.htm [citado el 22/03/2014]

- ARDUINO. What is Arduino. <http://www.arduino.cc/es/> [Citado el 17/03/2014]



- CANAL TOTAL. Que es un Bluetooth.

<http://www.canaltotal.com/que-es-el-bluetooth/> [Citado el 17/03/2014]



- INTEF. Actuadores.

<http://platea.pntic.mec.es/> [Citado el 17/03/2014]

BIOGRAFIA

Jorge De La Cruz, nació en la ciudad de Latacunga, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz en la Universidad de la Fuerzas Armadas-ESPE Latacunga, presta sus servicios profesionales en asesoramiento en sistemas automotrices.



Víctor Zambrano, nació en la ciudad de Quito, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, Máster en Gestión de la Producción, estudios de posgrado en Autotrónica, Sistemas Automotrices, Docente Tiempo parcial en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga.

Mauricio Cruz, nació en Latacunga, Ecuador, Es ingeniero Automotriz, dispone estudios de Posgrado en Autotrónica, Gestión del Aprendizaje Universitario, Docente Tiempo Parcial en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE desde 2009. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en mecánica básica y manejo de software de dibujo asistido.