



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y
CARROCERÍA DE UNA LIMUSINA ESCARABAJO**

**AUTORES: STALIN FERNANDO ROSERO MALQUÍN
NELSON ROBERTO VALLEJO PASQUEL**

DIRECTOR: ING. GUIDO TORRES

LATACUNGA

2015



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

CERTIFICADO

ING. GUIDO TORRES (DIRECTOR)

CERTIFICACIÓN:

Certifico que el trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y CARROCERÍA DE UNA LIMUSINA ESCARABAJO**” realizado por **STALIN FERNANDO ROSERO MALQUÍN** y **NELSON ROBERTO VALLEJO PASQUEL**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodología y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditar y autorizar a los señores **STALIN FERNANDO ROSERO MALQUÍN** y **NELSON ROBERTO VALLEJO PASQUEL**, para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, Diciembre del 2015

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'G. Torres', is written over a horizontal line.

Ing. Guido Torres

DIRECTOR



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **STALIN FERNANDO ROSERO MALQUÍN** y **NELSON ROBERTO VALLEJO PASQUEL**, con cédula de identidad N° 040154935-7 y N° 100294376-7 respectivamente, declaramos que este trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y CARROCERÍA DE UNA LIMUSINA ESCARABAJO**”, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Stalin Fernando Rosero Malquín
C.C.: 040154935-7

Latacunga, Diciembre del 2015

Nelson Roberto Vallejo Pasquel
C.C.: 100294376-7



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Stalin Fernando Rosero Malquín y Nelson Roberto Vallejo Pasquel, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y CARROCERÍA DE UNA LIMUSINA ESCARABAJO”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, Diciembre del 2015

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'STALIN ROSERO', written over a horizontal line.

Stalin Fernando Rosero Malquín
C.C.: 040154935-7

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'NELSON VALLEJO', written over a horizontal line.

Nelson Roberto Vallejo Pasquel
C.C.: 100294376-7

DEDICATORIA

A Dios por permitirme vivir a plenitud cada instante de vida, por la paciencia y correcta decisión en cada paso de este gran proceso.

A mis abnegados y amados padres, Ceci y Stalin, por el sacrificio y la dedicación diaria, por su incondicional apoyo y su amor infinito, por enseñarme que todo es posible con sacrificio y constancia.

A mis amadas hermanas, Melanie y Astrid, por ser la alegría en mis días, ustedes son la motivación de hacer lo correcto en cada circunstancia que me presenta la vida.

A mi Abuelito que desde cielo cuida y guía a toda la familia.

Stalin Fernando Rosero Malquín

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres por su apoyo incondicional, por cada uno de sus consejos y enseñanzas brindadas en este largo camino recorrido, por ende he aquí está este gran logro en mi vida estudiantil; a mis abuelitos, mi hermano, mis tías, mis primos, mi novia y su familia, que con sus consejos y ocurrencias me han ayudado a ser mejor persona cada día, brindando una palabra de aliento en todo momento para nunca darme por vencido, encontrándose en los buenos y malos momentos, con todo su apoyo, indicando que todo se puede lograr, que un resbalón no es caída y haciéndome comprender las cosas que nos presenta la vida.

Nelson Roberto Vallejo Pasquel

AGRADECIMIENTO

La oración a Dios por llenar mi vida de bendiciones, por ser la luz en la adversidad y la guía en cada momento expresa mi gratitud eterna.

A mis padres por ser incondicionales y por toda la confianza que me ha entregado, por ser mis guías y mis mejores amigos, son los mejores, juntos lo hemos logrado una vez más.

Ñañitas queridas gracias por su cariño y ternura, por ser mi fortaleza y alegrar mis días. Son el regalo y la bendición más grande que me ha dado la vida.

A los ingenieros Guido Torres y Mauricio Cruz, por la guía, colaboración y ayuda que me brindaron en el transcurso del proyecto.

A Martha, Mari y Dali por ser mis grandes amigas, por su cariño de madre y su preocupación constante, a mi querida familia por su aliento durante este proceso de formación profesional.

A Pame por apoyarme y estar pendiente en la recta final de este proceso de vida, por su cariño y afecto, gracias por tus consejos, es momento de crecer juntos.

A mis estimados amigos, por la convivencia diaria, que creo una de las mejores etapas de mi vida.

Stalín Fernando Rosero Malquín

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a mi tutor de proyecto Ing. Guido Torres, quien brindó su tiempo para compartir sus conocimientos y experiencias en el campo laboral, así sea con enojos pero siendo de gran importancia para la culminación de la carrera universitaria. Al Ing. Mauricio Cruz, quien aparte de ser docente se comportó siempre como un amigo, al brindar consejos y su tiempo para dar solución a los problemas que se nos presentaban en el camino, al Ing. Danilo Zambrano, quien siempre me extendió su mano en cualquier situación que me encontraba, dándome a notar que nada es imposible, solo hay que echarle ganas y todo se conseguirá.

Al maestro Marcelo y Orlando Pallo, por sus consejos y el tiempo brindado en la ejecución del proyecto, quienes con su experiencia, amistad y dedicación ayudaron a cumplir con las metas propuestas.

No se deber ser ingrato con las personas que de una u otra manera se encontraron inmersas para llegar a ser como soy y seguir siendo mejor persona cada instante de mi vida, con quienes conocí lo que era una amistad y llegué a pasar momentos de ocurrencia, risas y bromas, por eso amigos: Alex Morales, Francisco Mesa, Johnny Torres, Carlos Esmeraldas, Darwin Semanate, Martín Núñez, Félix Mayorga, gracias a todos por sus consejos que de una u otra manera se han logrado plasmar en mi vida.

Nelson Roberto Vallejo Pasquel

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICADO	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xx
RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxii
PRESENTACIÓN	xxiii

CAPÍTULO I

1	MARCO METODOLÓGICO EN EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y CARROCERÍA DE UNA LIMUSINA ESCARABAJO"	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Planteamiento del problema	2
1.3	Descripción resumida del proyecto	3
1.4	Justificación e importancia	3
1.5	Objetivos	4
1.5.1	Objetivo General.....	4
1.5.2	Objetivos Específicos	4
1.6	Metas.....	5
1.7	Hipótesis.....	5
1.8	Variables de la investigación	5
1.8.1	Variable independiente.....	5
1.8.2	Variable dependiente	6
1.9	Metodología del desarrollo del proyecto	6
1.9.1	Método experimental	6
1.9.2	Método de síntesis	6
1.9.3	Método de análisis.....	7
1.10	Fuentes y técnicas de recopilación de información y análisis de datos ..	7
1.10.1	Fuentes primarias	7
1.10.2	Fuentes secundarias	7

CAPÍTULO II	
2	MARCO CONCEPTUAL..... 8
2.1	Historia del nacimiento de un vehículo Volkswagen Escarabajo..... 8
2.2	Evolución del modelo 10
2.3	Características técnicas del vehículo 10
2.3.1	Características de motor 11
2.3.2	Características del chasis 12
2.3.3	Dimensiones y pesos 13
a.	Dimensiones de la carrocería 14
b.	Dimensiones exteriores 16
c.	Dimensiones interiores 17
2.3.4	Placa modelo, número de chasis y motor 18
2.4	Bastidor 19
2.4.1	Función del bastidor 19
2.4.2	Tipos de bastidores 20
a.	Bastidor en columna (X)..... 20
b.	Bastidor perimétrico..... 21
c.	Bastidor en escalera (H)..... 22
2.5	Carrocería 22
2.5.1	Función de la carrocería..... 22
2.5.2	Tipos de carrocería..... 23
a.	Carrocería independiente..... 23
b.	Carrocería autoportante 24
2.5.3	Componentes de la estructura de una carrocería 25
2.6	Proceso de Soldadura 26
2.6.1	Soldadura por arco eléctrico 27
a.	Características de los electrodos. 28
b.	Electrodo SOLDEXA 6011 (SMAW acero de bajo carbono) 30
c.	Factores a tener en cuenta para una buena soldadura. 31
2.6.2	Soldadura Oxiacetilénica 32
a.	Ventajas de la Soldadura Oxiacetilénica..... 35
b.	Desventajas de la Soldadura Oxiacetilénica..... 35
2.7	Ingeniería asistida por computadora 35
2.8	Método de análisis elementos finitos 36

2.9	Conceptos a tener en cuenta	36
-----	-----------------------------------	----

CAPÍTULO III

3	DISEÑO Y ESTUDIO DE LA CARROCERÍA DE LA LIMUSINA VOLKSWAGEN ESCARABAJO	38
----------	---	-----------

3.1	Parámetros y requerimientos de diseño	38
3.1.1	Fases e interacciones del proceso de diseño.....	38
3.1.2	Herramientas computacionales	39
3.2	Diseño de la estructura autoportante asistido CAD	40
3.2.1	Bosquejos iniciales para el modelado	40
3.2.2	Proceso de modelado	41
3.3	Dimensiones y pesos limusina Volkswagen Escarabajo	45
3.4	Materiales a utilizar en la estructura.....	45
3.5	Análisis estructural	46
3.5.1	Determinación de cargas estáticas	46
3.5.2	Determinación de cargas estáticas muertas	46
3.5.3	Determinación de cargas estáticas vivas	47
3.5.4	Determinación de cargas estáticas dinámicas	48
a.	Carga de giro.	48
b.	Carga de frenado.....	49
c.	Carga de aceleración brusca.	50
d.	Carga por resistencia al aire frontal.....	51
3.5.5	Combinaciones de cargas método LRFD	52
3.6	Diseño asistido CAE	53
3.6.1	Mallado.....	53
3.6.2	Estudio de cargas	54
a.	Carga de giro.	54
a.1	Deformación total.....	55
a.2	Deformación unitaria.	55
a.3	Esfuerzo equivalente.....	56
a.4	Factor de seguridad.....	56
b.	Carga de frenado.....	57
b.1	Deformación total.....	58
b.2	Deformación unitaria.	58

b.3	Esfuerzo equivalente.....	59
b.4	Factor de seguridad.....	60
c.	Carga de aceleración brusca.....	61
c.1	Deformación total.....	61
c.2	Deformación unitaria.....	62
c.3	Esfuerzo equivalente.....	63
c.4	Factor de seguridad.....	64
d.	Carga por resistencia al aire.....	64
d.1	Deformación total.....	65
d.2	Deformación unitaria.....	66
d.3	Esfuerzo equivalente.....	66
d.4	Factor de seguridad.....	67
3.6.3	Análisis de combinación de cargas.....	68
a.	Combinación # 2.....	68
a.1	Aplicación de fuerzas.....	69
a.2	Deformación total.....	69
a.3	Deformación unitaria.....	70
a.4	Esfuerzo equivalente.....	71
a.5	Factor de seguridad.....	71
b.	Combinación # 3.....	72
b.1	Aplicación de fuerzas.....	73
b.2	Deformación total.....	73
b.3	Deformación unitaria.....	74
b.4	Esfuerzo equivalente.....	75
b.5	Factor de seguridad.....	75
3.6.4	Comparación entre las combinaciones estudiadas.....	76
3.6.5	Impacto frontal.....	77
a.	Aplicación de fuerzas.....	78
a.1	Deformación total.....	79
a.2	Deformación unitaria.....	80
3.6.6	Impacto lateral.....	80
b.	Aplicación de fuerzas.....	82
b.1	Deformación total.....	82
b.2	Deformación unitaria.....	83

CAPÍTULO IV

4	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL BASTIDOR Y CARROCERÍA DE LA LIMUSINA VOLKSWAGEN ESCARABAJO	85
4.1	Sistema de Soldadura	85
4.1.1	Modificación de la carrocería	86
4.2	Selección de los elementos a modificarlos	87
4.3	Construcción y montaje	90
4.3.1	Bastidor	90
a.	Partes del bastidor	90
b.	Modificación del bastidor	92
c.	Diagrama de procesos para la construcción del bastidor	94
4.3.2	Piso	95
a.	Desmontaje	96
b.	Montaje	96
c.	Diagrama de procesos para la construcción del piso	97
4.3.3	Parantes	98
a.	Diagrama de procesos para la construcción del parante	100
4.3.4	Puertas	100
a.	Bisagras de las puertas	101
b.	Modificación puerta para ingreso de ocupantes	102
c.	Diagrama de procesos para la construcción de la tercera puerta	104
4.3.5	Construcción parte lateral	105
a.	Modificación del vidrio para la puerta de ocupantes y parte lateral trasera izquierda	105
b.	Diagrama de procesos para la construcción de la parte lateral	107
4.3.6	Modificación del techo	108
a.	Diagrama de procesos para la construcción del techo	109
4.3.7	Construcción de estribos	110
a.	Diagrama de procesos para la construcción de los estribos	111
4.3.8	Fabricación del minibar	112
a.	Diagrama de procesos para la construcción del bar	113
4.3.9	Carrocería	115
a.	Especificaciones generales en la construcción de una carrocería	115
b.	Desmontaje de la carrocería	116

c.	Modificación de la carrocería.....	117
4.4	Chapistería.....	118
4.4.1	Aplicación de la masilla.....	118
4.4.2	Catalización de la masilla.....	120
4.5	Pintura.....	121
4.5.1	Proceso de pintado.....	122
4.5.2	Preparación de las superficies.....	122
a.	Lijado.....	123
a.1	Control de lijado.....	124
b.	Pintura de fondo.....	125
b.1	Promotor de adherencia.....	126
b.2	Fondo plomo (Primer PU 0022).....	127
c.	Lavado.....	129
4.6	Secuencia de pintado.....	130
4.6.1	Cabina de Pintura.....	130
4.6.2	Lámparas de calor.....	131
4.6.3	Temperatura en interior cabina de pintura.....	132
4.6.4	Techo papel filtrante.....	133
4.7	Pulido.....	133
4.7.1	Pulido a mano.....	134
4.7.2	Pulido con pulidora.....	135

CAPÍTULO V

5 ACABADOS DEL INTERIOR DEL HABITÁCULO..... 136

5.1	Instalación eléctrica.....	136
5.1.1	Caja de fusibles.....	136
5.1.2	Inversor de corriente 12 V C.D. a 120 V C.A.....	137
a.	Capacidad de duración de la batería.....	138
5.2	Tapicería.....	139
5.2.1	Proceso de fabricación.....	139
5.2.2	Asientos.....	140
5.2.2	Paneles y laterales.....	141
5.2.3	Alfombrado del piso y techo.....	142
5.3	Instalación de audio y video.....	144

5.4	Instalación del minibar	145
-----	-------------------------------	-----

CAPÍTULO VI

6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	146
----------	---	------------

6.1	Conclusiones	146
-----	--------------------	-----

6.2	Recomendaciones	148
-----	-----------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	149
---------------------------	------------

NETGRAFÍA	150
------------------------	------------

ANEXOS..	155
-----------------------	------------

ANEXO A: Catálogo plancha galvanizada

ANEXO B: Catálogo plancha laminada en frío 1,1 mm

ANEXO C: Catálogo plancha laminada en frío 0,9 mm

ANEXO D: Proporción mezcla de catalizador y masilla

ANEXO E: Proporción mezcla de catalizador y fosfatizante

ANEXO F: Proporción mezcla de fondo 0022 con catalizador y thinner

ANEXO G: Planos estructurales limusina VW Escarabajo

ANEXO H: Artículo Científico

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama causa – efecto	2
Figura 2	Modelo Volkswagen Escarabajo 1930	8
Figura 3	Modelo Volkswagen Escarabajo 1950	9
Figura 4	Modelo Volkswagen Escarabajo 1953	10
Figura 5	Corte vista lateral y frontal motor Volkswagen Escarabajo	11
Figura 6	Vista en corte VW Escarabajo	13
Figura 7	Vista y partes de carrocería VW Escarabajo	14
Figura 8	Dimensiones exteriores VW Escarabajo	17
Figura 9	Dimensiones interiores VW Escarabajo	18
Figura 10	Constitución del bastidor	20
Figura 11	Bastidor en columna.....	21
Figura 12	Bastidor perimétrico.....	21
Figura 13	Bastidor en escalera.....	22
Figura 14	Carrocería independiente.....	23
Figura 15	Carrocería autoportante	24
Figura 16	Estructura de la carrocería	26
Figura 17	Circuito básico para soldar por arco eléctrico	27
Figura 18	Tipos de llama relación Oxígeno/Acetileno	33
Figura 19	Soplete de suelda oxiacetilénica.....	34
Figura 20	Ilustración procedimiento de soldeo	34
Figura 21	Fases e interacciones del proceso de diseño	39
Figura 22	Bosquejo dibujado a mano alzada.....	40
Figura 23	Diseño limusina Escarabajo (Reino Unido).....	40
Figura 24	Planos de modelado CAD vistas 3D	41
Figura 25	Modelado carrocería original VW Escarabajo CAD 3D	42
Figura 26	Separación parte frontal y posterior VW Escarabajo.....	42
Figura 27	Isometría del modelado carrocería limusina VW Escarabajo	43
Figura 28	Vista lateral carrocería limusina VW Escarabajo	43
Figura 29	Vista superior carrocería limusina VW Escarabajo.....	44

Figura 30	Carrocería final	44
Figura 31	Mallado y calidad de malla de la limusina VW Escarabajo	54
Figura 32	Aplicación de cargas para la carga de giro	54
Figura 33	Ilustración deformación total de carga de giro	55
Figura 34	Ilustración deformación unitaria carga de giro	55
Figura 35	Ilustración esfuerzo equivalente carga de giro	56
Figura 36	Ilustración de factor de seguridad carga de giro.....	57
Figura 37	Aplicación de cargas de frenado.....	57
Figura 38	Ilustración deformación total carga de frenado.....	58
Figura 39	Ilustración deformación unitaria carga de frenado.....	59
Figura 40	Ilustración esfuerzo equivalente carga de frenado	59
Figura 41	Ilustración de factor de seguridad carga de frenado	60
Figura 42	Aplicación de cargas para aceleración brusca	61
Figura 43	Ilustración deformación total carga de aceleración brusca	62
Figura 44	Ilustración de deformación unitaria carga de aceleración brusca.	62
Figura 45	Ilustración de esfuerzo equivalente carga de aceleración brusca	63
Figura 46	Ilustración de factor de seguridad carga de aceleración brusca ..	64
Figura 47	Aplicación de cargas para carga por resistencia al aire	65
Figura 48	Ilustración de deformación total carga por resistencia al aire	65
Figura 49	Ilustración de deformación unitaria carga por resistencia al aire..	66
Figura 50	Ilustraron del esfuerzo equivalente carga por resistencia al aire..	67
Figura 51	Ilustración de factor de seguridad carga por resistencia al aire....	67
Figura 52	Aplicación de fuerzas para combinación LRFD #2.....	69
Figura 53	Ilustración deformación total de carrocería LRFD #2	69
Figura 54	Ilustración deformación unitaria de carrocería LRFD #2.....	70
Figura 55	Ilustración esfuerzo equivalente de carrocería LRFD #2	71
Figura 56	Ilustración factor de seguridad de carrocería LRFD #2.....	72
Figura 57	Aplicación de fuerzas para combinación LRFD #3.....	73
Figura 58	Ilustración deformación total de carrocería LRFD #3	73
Figura 59	Ilustración deformación unitaria de carrocería LRFD #3.....	74
Figura 60	Ilustración esfuerzo equivalente de carrocería LRFD #3	75

Figura 61	Ilustración factor de seguridad de carrocería LRFD #3.....	76
Figura 62	Determinación de paneles para el impacto frontal	79
Figura 63	Ilustración deformación total de carrocería en impacto frontal	79
Figura 64	Ilustración deformación unitaria de carrocería en impacto frontal	80
Figura 65	Determinación de la zona para el impacto lateral.....	82
Figura 66	Ilustración deformación total de carrocería en impacto lateral	83
Figura 67	Ilustración deformación unitaria de carrocería en impacto lateral	83
Figura 68	Soldadora Solar	85
Figura 69	Unión de carrocería mediante el uso de suelda eléctrica	86
Figura 70	Diseño de carrocería limusina Escarabajo en SolidWorks	86
Figura 71	Vehículo Volkswagen Escarabajo 1972	87
Figura 72	Diagonales en carrocería	87
Figura 73	Alargue de cañerías internas	88
Figura 74	Puerta original lado del conductor	89
Figura 75	Enderezada con uso de suelda oxiacetilénica.....	89
Figura 76	Partes del Bastidor	91
Figura 77	Estructura modificada del bastidor	93
Figura 78	Alargue del bastidor.....	95
Figura 79	Cambio de piso de la carrocería	96
Figura 80	Alargue de piso del habitáculo	98
Figura 81	Construcción de los parantes.....	98
Figura 82	Líneas de costado de la parte modificada.....	99
Figura 83	Direccionamiento puerta mediante ajustaje de bisagras.....	102
Figura 84	Modificación marco de puerta para nuevo vidrio	103
Figura 85	Puerta modificada para ingreso de ocupantes	103
Figura 86	Modificación del marco para el vidrio parte lateral trasera.....	106
Figura 87	Alargue de techo.....	108
Figura 88	Construcción de estribos	110
Figura 89	Moldeado de tol para elaboración parte delantera	114
Figura 90	Construcción del minibar en forma de capó.....	114
Figura 91	Carrocería final de limusina Escarabajo.....	117

Figura 92	Acrílico y caucho para enmasillar	119
Figura 93	Catalizador junto con masilla plástica	120
Figura 94	Acrílico, masilla y caucho para enmasillar	121
Figura 95	Taco para lijado	123
Figura 96	Lijado parte lateral izquierda	124
Figura 97	Control de lijado	125
Figura 98	Preparación cantidad de promotor de adherencia.....	127
Figura 99	Aplicación de capa del promotor de adherencia.....	127
Figura 100	Carrocería fondeada.....	129
Figura 101	Lavado de carrocería.....	129
Figura 102	Cabina de pintura	130
Figura 103	Distribución cabina de pintura.....	131
Figura 104	Lámpara de calor	132
Figura 105	Temperatura de trabajo	132
Figura 106	Filtros de techo	133
Figura 107	Proceso de pulido a mano.....	134
Figura 108	Proceso de pulido con pulidora.....	135
Figura 109	Caja de fusibles	137
Figura 110	Inversor de corriente de 12 V C.D. a 110 V C.A.	138
Figura 111	Tapicería asientos delanteros	140
Figura 112	Tapicería asiento trasero.....	141
Figura 113	Molde parte lateral	141
Figura 114	Tapicería parte lateral.....	142
Figura 115	Alfombrado parte del piso	143
Figura 116	Tapicería del techo	143
Figura 117	Sistema de audio y video	144
Figura 118	Fijación de minibar.....	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Ubicación de partes del motor.....	11
Tabla 2	Características técnicas del motor VW 1200	12
Tabla 3	Características del chasis VW Escarabajo.....	13
Tabla 4	Dimensiones internas de la carrocería VW Escarabajo	14
Tabla 5	Dimensiones y pesos VW Escarabajo.....	16
Tabla 6	Dimensiones interiores VW Escarabajo	17
Tabla 7	Identificación número de chasis y motor VW Escarabajo	19
Tabla 8	Tipo de Soldadura.....	27
Tabla 9	Especificaciones AWS A5.1-69 y A5.5-69.....	29
Tabla 10	Análisis químico del metal depositado %	30
Tabla 11	Propiedades mecánicas del metal depositado.....	30
Tabla 12	Parámetros de soldeo recomendados	31
Tabla 13	Dimensiones y pesos limusina VW Escarabajo	45
Tabla 14	Propiedades mecánicas Acero ASTM A36	45
Tabla 15	Combinación de cargas según método LRFD	52
Tabla 16	Comparación combinaciones método LRFD.....	76
Tabla 17	Ubicación y descripción de las partes del bastidor	91
Tabla 18	Detalle uso lijas correctas para proceso de lijado de superficies	124
Tabla 19	Ubicación de fusibles.....	136

RESUMEN

El presente trabajo consistió en el diseñar y construir una limusina Volkswagen Escarabajo, rescatando a los vehículos clásicos para que sean utilizados con fines turísticos, por lo que dicha limusina debe poseer confort, comodidad y adecuadas prestaciones. El modelado se lo realizó en el software SolidWorks 2015 y el diseño estructural por elementos finitos en ANSYS 16, este software presta soporte a la ingeniería a través de simulaciones para determinar distintos parámetros como el factor de seguridad que permite garantizar nuestro diseño, dentro del análisis se utilizó combinaciones de cargas propuestas por el método LRFD de la norma INEN NTE 1323, estas combinaciones nos permiten someter el diseño a condiciones extremas. Después de realizar las distintas simulaciones y con los factores de seguridad obtenidos dentro de parámetros adecuados para cada elemento se procede a construir el vehículo. En la construcción de la carrocería y bastidor de la limusina Volkswagen Escarabajo, se propone un diagrama de proceso para la fabricación de cada elemento, se utilizó planchas de acero con recubrimiento galvanizado, planchas de acero laminadas en frío con recubrimiento negro, suelda eléctrica y suelda autógena. Como proceso final se tapiza y adecua el habitáculo incluyendo un bar que conserva las líneas originales del capó del automotor para resaltar los detalles que se tienen en el interior.

PALABRAS CLAVE:

- **VEHÍCULO VOLKSWAGEN**
- **SOLDADURA**
- **LIMUSINA – DISEÑO**
- **CARROCERÍA AUTOPORTANTE**

ABSTRACT

The present document consist about design and build a Volkswagen Beetle Limousine, rescuing classic vehicle for using to tourist purposes, this Limousine must possess comfort, security and suitable performance. For design use the SolidWorks 2015 software and for structural design use the ANSYS 16, this software help to computer aid engineering through the simulations for determinate parameters as safety factor offer guarantee in our design, combinations of charges proposed by the LRFD method of INEN NTE 1323 standard was used in the analysis, these combinations enable us to submit the design to extreme conditions. After various simulations and with the factors of safety obtained within suitable parameters for each element then proceed to build the vehicle. Construction of the bodywork and chassis of the Volkswagen Beetle limousine, proposes a process for the manufacture of each element diagram, used steel with zinc coating plates, plates of steel with black coating, electrical solder and solder weld cold-rolled. As final process is upholstered and averaging the cockpit including a bar that keeps the original lines of the hood of automobiles to highlight the details that are on the inside.

KEYWORDS:

- **VOLKSWAGEN VEHICLE**
- **WELDING**
- **LIMOUSINE – DESIGN**
- **SELF-SUPPORTING BODY**

PRESENTACIÓN

El presente proyecto se desarrolla en base a la necesidad de fomentar nuevas fuentes de trabajo, por medio de la reutilización de los componentes de vehículos considerados como viejos pero que a su vez son denominados como clásicos, manteniendo la estética y brindando confort al momento de su movilización, de tal manera se desarrolla la construcción de una limusina Volkswagen Escarabajo, con el fin de indicar que mientras se planteen metas y con ganas de realización todo puede ser posible.

El proyecto de investigación se encuentra dividido en seis capítulos, mismos que se van a detallar de una manera breve para su mejor comprensión.

En el capítulo 1, se presenta el planteamiento del problema, se determinan los objetivos y metas que se desean lograr con el proyecto, la metodología de investigación con la que se va a trabajar y las fuentes para la recopilación de información.

En el capítulo 2, nos vamos a concentrar sobre el marco conceptual indicando la historia y características técnicas del vehículo Volkswagen Escarabajo, trabajando bajo normas y respetando la autoría de donde se va a tomar cada uno de los conceptos, se va a realizar una breve descripción sobre los elementos que conforman el vehículo, su ubicación, la forma de unión entre cada uno de ellos, y varios conceptos que nos van a servir a lo largo del desarrollo del presente trabajo de investigación.

En el capítulo 3, se va a tratar sobre el diseño y estudio de cargas a realizar sobre la carrocería de la limusina Volkswagen Escarabajo, partiendo de los parámetros necesarios para el ensamble de cada uno de sus componentes, los materiales que se van a utilizar en la estructura, los análisis de cada una de las

cargas y la comparación entre ellas para demostrar la factibilidad del trabajo realizado.

En el capítulo 4, se describe el proceso de construcción y montaje del bastidor y la carrocería de la limusina Volkswagen Escarabajo, indicando el sistema de soldadura que se utiliza para la unión de elementos, la selección de los elementos que se van a modificar, el proceso que se debe seguir para la construcción, para luego tratar un posterior proceso de chapistería.

En el capítulo 5, se indica los procesos de acabado del interior del habitáculo, en lo que se refiere al audio, video y tapicería, para tener una excelente presentación a los ocupantes del vehículo.

En el capítulo 6, se presentan las conclusiones y recomendaciones a donde se llegó luego de la elaboración total del proyecto de investigación, con la finalidad de indicar cuales fueron los logros y falencias en la consecución del mismo.

CAPÍTULO I

1 MARCO METODOLÓGICO EN EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y CARROCERÍA DE UNA LIMUSINA ESCARABAJO"

1.1 Antecedentes

La limusina es un vehículo de lujo que en tamaño es más largo de lo normal, mismo que puede haber sido ampliado bien por el fabricante o por un mecánico independiente. Se usan para ocasiones especiales como bodas, fiestas o turismo, prestando servicios de comodidad, confort, calidad y seguridad, satisfaciendo los requerimientos que los usuarios. (Listadepalabras.es, 2010)

Las primeras limusinas motorizadas, surgieron como reemplazo de los carruajes tirados por caballos una vez que la locomoción motorizada comenzó a extenderse en el mundo occidental y por ende, se inició "La Cultura De Las Limousine", asociadas permanentemente al lujo extremo. (Amuraworld, 2012)

El desarrollo del presente proyecto de titulación contemplará el diseño y construcción del bastidor, carrocería y habitáculo de la limusina Escarabajo, debido a que este tipo de vehículo es considerado en la actualidad como un modelo clásico, por lo que uno de los objetivos es mantener su forma original en el aspecto externo, conservando las líneas de diseño que lo han caracterizado desde los inicios de su fabricación.

El ambateño, José Mejía cuenta que "en Ecuador se puede hacer una serie de actividades que propicien la calidad y de igual manera la creatividad, sólo se necesita pasión, paciencia y honestidad", esto lo comentó luego de hacer la transformación de un vehículo Chevrolet Optra 1.8 Limited en limusina, idea que

la adquirió por su viaje al Brasil de donde llegó muy emocionado y buscando nuevas metas productivas. (Tungurahua, 2006)

1.2 Planteamiento del problema

En vista de la atracción sobre el tema en modificaciones de vehículos clásicos a nivel nacional, nace el interés por parte de los autores para la realización del proyecto de construcción de una limusina, así lo que se desea es analizar los factores de diseño y garantizar el confort para la seguridad de los ocupantes. La problemática hace posible comprender que no se tiene los conocimientos suficientes sobre la construcción de este tipo de vehículos y además una consideración de importancia como lo es el capital necesario para la posibilidad de fabricación, por lo cual se requería de una capacitación previa sobre el uso de software y cada una de las herramientas de trabajo. En la figura 1, se muestra el diagrama de causa – efecto en relación a las problemáticas que se presentan para fomentar la ejecución del proyecto de titulación.



Figura 1 Diagrama causa – efecto

1.3 Descripción resumida del proyecto

Este proyecto tiene como finalidad el diseño y construcción de una limusina Volkswagen Escarabajo, buscando conseguir un automotor que cumpla con características de confort y funcionalidad que necesitan los distintos tipos de usuarios siendo creada bajo estándares de calidad y seguridad utilizando la asistencia de programas computarizados en diseño y simulaciones como SolidWorks 2015 y ANSYS 16.

En este sentido y en virtud de lo expuesto, como primer punto se partirá de la fundamentación teórica de los conocimientos necesarios para el diseño y construcción de la limusina Volkswagen Escarabajo, donde se analizó la historia del vehículo, sus características mecánicas estructurales y de confort, para posteriormente iniciar con el diseño estructural en el cual abarcaremos temas como la determinación de cargas, impactos frontales y laterales, selección y configuración de los materiales, aplicación de tensiones y esfuerzos, para finalmente proceder a la construcción de la carrocería y su habitáculo, proceso de soldadura, montaje de puertas, parantes, techo, aplicación de masilla, proceso de pintura y tapicería.

1.4 Justificación e importancia

Benalcázar (2011) afirma que: “La relación de personas y número de autos también cambió en los últimos años. En el 2000 había siete autos por cada 100 habitantes, ahora la relación es de 11 autos por cada 100 personas”. (p.1). de esta manera, cabe destacar que los autos clásicos en su mayoría se ven relegados debido al desinterés de los consumidores Al desarrollar proyectos de este tipo es posible rescatar su valor y conservarlos para futuras generaciones de una manera original y ofertando una nueva oportunidad de negocio para terceros en beneficio de la sociedad.

El desarrollo del proyecto de investigación sobre la construcción de una limusina en base al vehículo clásico Volkswagen Escarabajo, nos permite incursionar en parte a la industria automotriz de nuestro país, ya que mediante la innovación, lo que se pretende es fomentar la mano de obra nacional de acorde a las necesidades que se tengan con la sociedad.

Su importancia recae en la optimización en diseños y construcción de estructuras funcionales cumpliendo con requerimientos técnicos que busca la industria a nivel nacional generando fuentes de trabajo y desarrollando experiencia en este ámbito profesional.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Diseñar y construir el bastidor y la carrocería de una limusina Volkswagen Escarabajo.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Establecer conocimientos necesarios e indispensables para el desarrollo en temáticas sobre diseño.
- Investigar a través de fuentes de información sobre temas el diseño de bastidores y carrocerías considerando para ello bases digitales, bibliotecas virtuales y artículos científicos.
- Diseñar el bastidor y la carrocería de la limusina mediante la utilización del software CAD.
- Construir los elementos necesarios para el posterior montaje de las piezas, proceso de pintura y adecuación del habitáculo.
- Establecer conclusiones y recomendaciones sobre el proyecto realizado.

1.6 Metas

- Contar con un vehículo que cumpla con las prestaciones necesarias para transporte de personas en el lapso de un año.
- Desarrollar un análisis de gráficas y tablas sobre los estudios de mallado, cargas aplicadas, tensiones y esfuerzos realizados a la carrocería autoportante.
- Crear tablas de procesos para la construcción de la carrocería en su totalidad.
- Confeccionar los acabados internos del habitáculo como la tapicería y alfombrado, audio video y servicios varios.
- Presentar un proyecto innovador en el marco de la ingeniería automotriz desde una perspectiva real y objetiva.

1.7 Hipótesis

El diseño y construcción de la limusina Escarabajo permitirá incentivar el desarrollo de industrias dedicadas a este tipo de modificaciones, debido a la falta de explotación e importancia que tiene este tema dentro del país.

1.8 Variables de la investigación

Por medio de la operacionalización de variables, se pretende realizar un análisis exhaustivo sobre los conceptos, indicadores, técnicas e instrumentos utilizados en el proyecto de investigación.

1.8.1 Variable independiente

Limusina Volkswagen Escarabajo.

1.8.2 Variable dependiente

Diseño y construcción de una limusina Volkswagen Escarabajo.

1.9 Metodología del desarrollo del proyecto

La metodología utilizada es experimental, ya que mediante el desarrollo del proyecto, se pudo obtener pruebas de ruta, resistencia y confort, dependiendo de la aplicación de carga necesaria para el transporte de los ocupantes.

En lo referente a la investigación científica, se utilizó diferentes métodos de obtención de la información indicada para su posterior utilización en base a las características necesarias para el objeto de estudio.

1.9.1 Método experimental

Este método es el más complejo y que emite seguridad, es necesario ya que se juntan los conocimientos prácticos como teóricos para la realización de las pruebas necesarias sobre la resistencia en la construcción del bastidor y carrocería, con la finalidad de lograr el mayor confort, tanto para ocupantes como para quien opera al vehículo modificado.

1.9.2 Método de síntesis

Lo que se trató de expresar mediante este método, fueron las complicaciones obtenidas al momento de la construcción referente a lo planificado, tratando así comprender cuales son los problemas que se tuvieron por las diversas causas y consecuencias del trabajo generado.

1.9.3 Método de análisis

Cumplir con los lineamientos propuestos para llegar al objetivo de la investigación y así plasmar cuales son los problemas que se tuvieron en la realización del proyecto, para verificar el cumplimiento de lo programado e indicar cuales fueron los puntos bajos y altos que se encontraron en el transcurso de la construcción.

1.10 Fuentes y técnicas de recopilación de información y análisis de datos

1.10.1 Fuentes primarias

- Información Biblioteca- Libros, tesis de grado
- Manual e información del vehículo
- Entrevista a expertos del área de Ingeniería Automotriz

1.10.2 Fuentes secundarias

- Información de Internet
- Revistas
- Resultados de seminarios, congresos en el área Ingeniería Automotriz

CAPÍTULO II

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 Historia del nacimiento de un vehículo Volkswagen Escarabajo

El vehículo Volkswagen fue diseñado como un aporte hacia la población para fomentar así un medio de transporte propio, “el bajo peso de su chasis, la posibilidad de colocarle distintas carrocerías y su motor trasero refrigerado por aire, apto para todo tipo de climas, constituían el punto de partida ideal para un vehículo destinado a cometidos militares y utilitarios.” (Pisano, 2000)

"El hecho de existir el Volkswagen Escarabajo se debe principalmente al empeño de su propio constructor Ferdinand Porsche, quien dio vida al vehículo Volkswagen, al cual se lo apodaba como Escarabajo, Beetle o Vocho.” (Rosaspaga, 2014)

En la figura 2, se presenta el modelo de vehículo Volkswagen de los años 30, tiempo en el que “literalmente la palabra Volkswagen se la utilizaba para designar al vehículo como el coche del pueblo. En Alemania, la idea del coche para el pueblo no era nueva”. (Volkswagen (1940...))



Figura 2 Modelo Volkswagen Escarabajo 1930

Fuente: (Historia del Volkswagen, 2005)

A partir de 1950, Volkswagen empezó a producir escarabajos en África del Sur, constituyendo Volkswagen Comissioned sobre las bases de una vieja compañía alemana de coches Karmann, para construir los convertibles del escarabajo. Todos los escarabajos convertibles de Volkswagen fueron producidos por Karmann. (Volkswagen (1940...)), en la figura 3, está representado el modelo de vehículo del año 50.

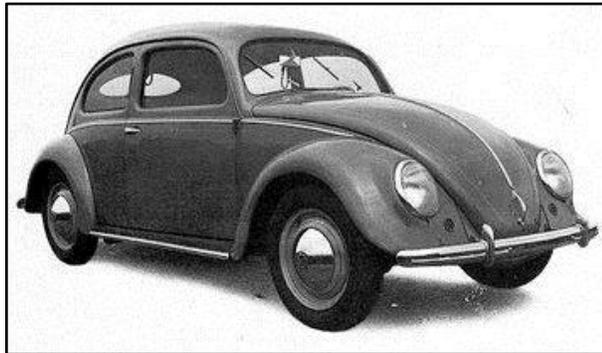


Figura 3 Modelo Volkswagen Escarabajo 1950

Fuente: (Tiempos de expansión y cambios, 2005)

En 1951, Volkswagen comenzó a exportar una versión de lujo del escarabajo. Había un escarabajo estándar, que estaba solamente disponible en color gris. Estos escarabajos estándares carecían de transmisión sincronizada, cromados y otras opciones adicionales que empezaban a ser normales en aquella época. (Volkswagen (1940...))

Los vehículos Volkswagen Escarabajo, construidos antes de 1953 y algunos de ese mismo año eran casi idénticos al KdF-Wagen diseñado antes de la Segunda Guerra Mundial, teniendo en cuenta que KdF-Wagen era un sobrenombre que se le daba a este tipo de vehículo Volkswagen. “Luego de la segunda Guerra Mundial se produjo en masa la producción de este tipo de vehículo, por lo que se supuso una auténtica revolución primero a nivel europeo y luego mundial.” (Rosaspaga, 2014), en la figura 4, se observa el modelo de vehículo del año 1953.



Figura 4 Modelo Volkswagen Escarabajo 1953

Fuente: (Historia del Volkswagen, 2005)

2.2 Evolución del modelo

La década de los cincuenta, a pesar de empezar con la mala noticia de la muerte de Ferdinand Porsche, el Volkswagen Escarabajo se expansionaría a lo largo y ancho del planeta, vendiéndose en muchísimos países y fabricándose en Irlanda, Sudáfrica, Nueva Zelanda, Bélgica, Australia, Filipinas, México y Brasil. (Rosaspague, 2014)

2.3 Características técnicas del vehículo

El Volkswagen Escarabajo, cuenta con un motor trasero longitudinal de 4 cilindros opuestos, en disposición tipo bóxer, refrigerado por aire y con válvulas en la culata, su alimentación se da por medio de un carburador, su propulsión es por medio de transmisión trasera, tiene una caja de 4 velocidades, la suspensión es independiente en las cuatro ruedas mediante barras de torsión y amortiguadores de fricción, el sistema de frenos es de tambor en su parte delantera y trasera y puede alcanzar una velocidad máxima de 120 km/h. (Vargas A., 2007), en la figura 5, se detalla el lugar de cada una de las partes del corte realizado al motor.

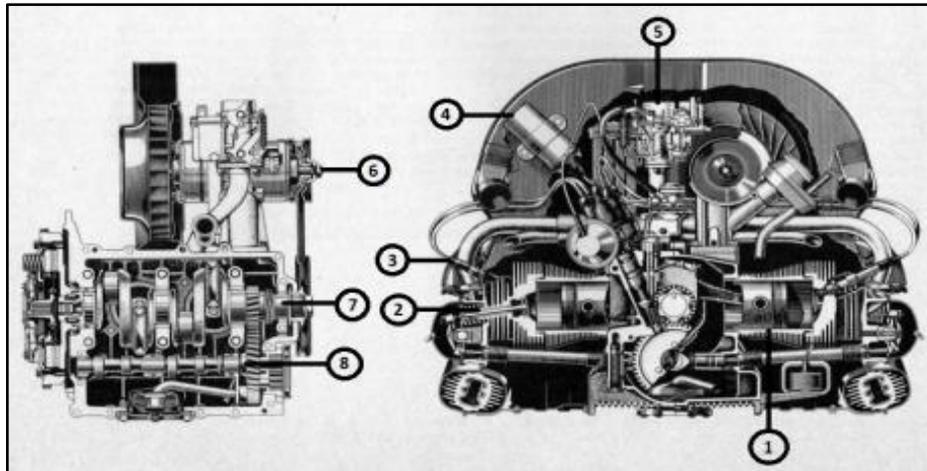


Figura 5 Corte vista lateral y frontal motor Volkswagen Escarabajo

Fuente: (Manual de instrucciones VW 1500, 1972)

En la tabla 1, se indica algunas de las partes principales con las que cuenta el motor del vehículo Volkswagen, indicando su posición sobre el esquema.

Tabla 1
Ubicación de partes del motor

NÚMERO	DETALLE
1	Cilindro
2	Válvula
3	Bujía
4	Bonina de encendido
5	Carburador
6	Alternador
7	Cigüeñal
8	Árbol de levas

2.3.1 Características de motor

Por medio de la tabla 2, lo que se desea es dar a conocer las especificaciones técnicas de ensamble del motor, dando una breve descripción de la información para reparación y mantenimiento.

Tabla 2
Características técnicas del motor VW 1200

CARACTERÍSTICAS	DETALLE
Modelo	1200 cc
Volumen	72,74 plg ³ (1192 cm ³)
Refrigerado	Aire
Número de cilindros	4
Diámetro cilindros	3,031 plg (77 mm)
Carrera	2,520 plg (64 mm)
Potencia máxima	41,5 / 3900 HP / rpm
Par motor máximo	88,13 / 2400 Nm / rpm
Relación de compresión	7 : 1
Punto de encendido	7.5° antes del punto muerto superior
Orden de encendido	1 – 4 – 3 – 2

Fuente: (Manuales para el taller-CECSA, 1982)

2.3.2 Características del chasis

Sobre el chasis del vehículo, van montados los elementos que contiene el vehículo, razón por la cual se debe conocer algunas de las especificaciones que para el conocimiento de sus partes.

- Bastidor con soporte central en forma de túnel.
- Eje delantero atornillado al cabezal del bastidor y grupo motor/caja de cambios también atornillado a la horquilla del bastidor.
- Suspensión independiente en cada rueda: delantera, brazos oscilantes dobles, detrás, ejes oscilantes con brazos de suspensión.
- Suspensión por barras de torsión, amortiguadores telescópicos de doble efecto, Freno de pie hidráulico, freno de mano mecánico.
- Dirección de rodillo con barras de acoplamiento libres de servicio de engrase y amortiguador dirección hidráulico.

Los valores presentados en la tabla 3, nos dan a conocer los datos con los que cuenta el chasis en su forma original, valores que se deben tener en cuenta al momento de la realización de la modificación para ver su cambio en la estructura y forma de comportamiento al momento de su manejo.

Tabla 3
Características del chasis VW Escarabajo

CARACTERÍSTICAS	DETALLE
Batalla	2400 mm
Radio de viraje	5.5 m aproximadamente
Ancho de vía delantero	1305 mm
Ancho de vía trasero	1350 mm
Convergencia	2 hasta 4 mm, a peso en vacío

Fuente: (Manual de instrucciones VW 1500, 1972)

2.3.3 Dimensiones y pesos

Por medio de la figura 6, lo que tratamos es indicar cada uno de los elementos con los que cuenta el vehículo Volkswagen en su interior, tanto en lo referente al habitáculo, en su parte del túnel central de sujeción y la disposición de la dirección, motor, caja y transmisión.



Figura 6 Vista en corte VW Escarabajo

Fuente: (Manual de instrucciones y carnet de mantenimiento, 1967)

a. Dimensiones de la carrocería

En la figura 7, se va a describir las dimensiones de la carrocería tanto en su parte interior como exterior, como referencia para un reemplazo de la chapa metálica sabiendo los valores y ubicaciones de cada elemento.

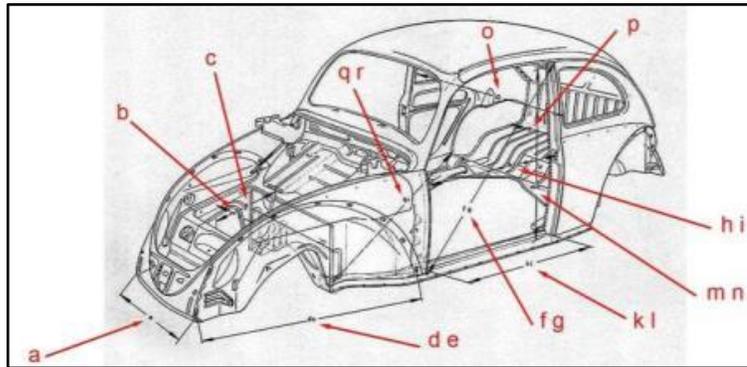


Figura 7 Vista y partes de carrocería VW Escarabajo

Fuente: (Urbi, 2013)

En la tabla 4, vamos a describir las dimensiones internas de la carrocería del vehículo Volkswagen Escarabajo, dando a notar cual es el verdadero espacio interior entre parte y parte.

Tabla 4 Dimensiones internas de la carrocería VW Escarabajo

	LOCALIZACIÓN	(mm)	OBSERVACIONES
a	anchura del faldón delantero	600	medido en la zona de la primera tuerca de soldadura guardabarros
b	anchura del tanque de combustible entre los miembros laterales	693	
c	anchura del tanque de combustible en dirección longitudinal del vehículo	368	
d	distancia entre tuercas de seguridad primera y última para fijación del guardafango	1118	lado izquierdo del vehículo, medido en centros de los agujeros

CONTINÚA



e	distancia entre tuercas de seguridad primera y última para fijación del guardafango	1120	lado derecho del vehículo, medido en centros de los agujeros
f	distancia de la costura de soldadura inferior del montante de las bisagras a la esquina superior del carril de techo trasero	1394	lado izquierdo del vehículo, diagonal de abertura de la puerta
g	distancia de la costura de soldadura inferior del montante de las bisagras a la esquina superior del carril de techo trasero	1394	lado derecho del vehículo, diagonal de abertura de la puerta
h	distancia entre montante de las bisagras	935	lado izquierdo del vehículo, apertura de la puerta a nivel plano
i	distancia entre montante de las bisagras	937	lado derecho del vehículo, apertura de la puerta a nivel plano
k	distancia entre montante de las bisagras piso	924	lado izquierdo del vehículo, apertura de la puerta a nivel de miembro lateral
l	distancia entre montante de las bisagras piso	923	lado derecho del vehículo, apertura de la puerta a nivel de miembro lateral
m	distancia entre los miembros superiores y laterales del habitáculo	1049	lado izquierdo del vehículo
n	distancia entre los miembros superiores y laterales del habitáculo	1049	lado derecho del vehículo
o	ancho del interior entre las bridas soldadas entre los anclajes de ventana con anclajes de los cinturones de seguridad	1023	
p	ancho del piso del maletero	939	medido entre los agujeros en el piso del maletero

CONTINÚA



q	distancia entre esquina de miembros laterales del panel frontal y la carcasa de la esquina de la rueda del larguero trasero	1989	diagonal al interior trasero – izquierdo, delantero – derecho, medido hacia el larguero
r	distancia entre esquina de miembros laterales del panel frontal y la carcasa de la esquina de la rueda del larguero trasero	1985	diagonal al interior delantero – derecho, trasero – izquierdo, medido hacia el larguero

Fuente: (Sportbugger, 2008)

b. Dimensiones exteriores

Por medio de la tabla 5, se va a dar a conocer las dimensiones y pesos admisibles con que trabaja un vehículo Volkswagen Escarabajo, así como las capacidades de peso que este tiene al momento de su movilización y transporte de los ocupantes.

Tabla 5
Dimensiones y pesos VW Escarabajo

#	CARACTERÍSTICAS	DETALLE
1	Batalla	2400 mm
2	Largo	4070 mm
3	Altura	1500 mm
4	Altura libre sobre el piso	150 mm
	Ancho	1550 mm
	Peso en vacío	760 kg
	Carga útil	380 kg
	Carga total admisible	1140 kg
	Carga admisible sobre el eje delantero	490 kg
	Carga admisible sobre el eje trasero	710 kg

Fuente: (Manual de instrucciones y carnet de mantenimiento, 1967)

En la figura 8, se va a detallar la ubicación de los valores principales sobre las dimensiones del vehículo Volkswagen Escarabajo, especificando los puntos de referencia y ubicación.

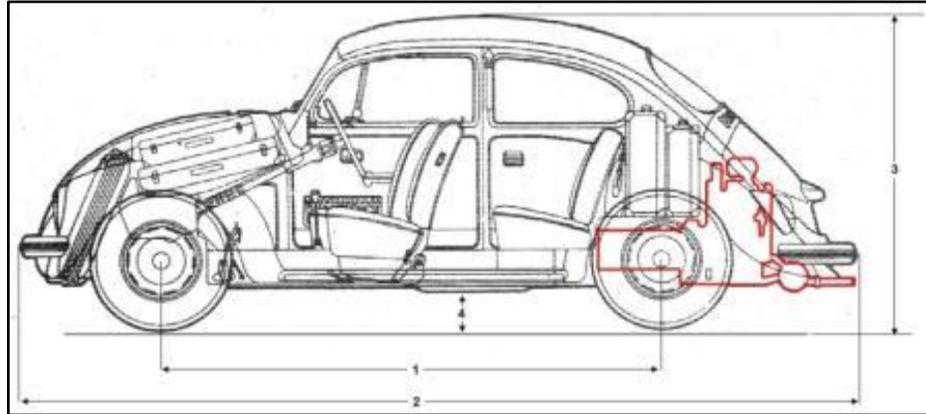


Figura 8 Dimensiones exteriores VW Escarabajo

Fuente: (Volkszone.com, 2015)

c. Dimensiones interiores

El detalle que se presenta en la tabla 6, se da en referencia a las medidas interiores que se tienen en la parte del bastidor, teniendo en cuenta los puntos de apoyo y anclaje de las zonas de sujeción de la carrocería.

Tabla 6 Dimensiones interiores VW Escarabajo

DETALLE (mm)	
A	1528.8 – 1529.2
B	104.5 – 105.5
C	402.5 – 403.5
D	582 – 583
E	204 – 205

Fuente: (Sportbugger, 2008)

La figura 9, presenta el detalle de las medidas que tiene el bastidor del vehículo Volkswagen Escarabajo, tomando en consideración los puntos de soldadura de los pisos y su posición, tanto de su parte delantera como trasera.

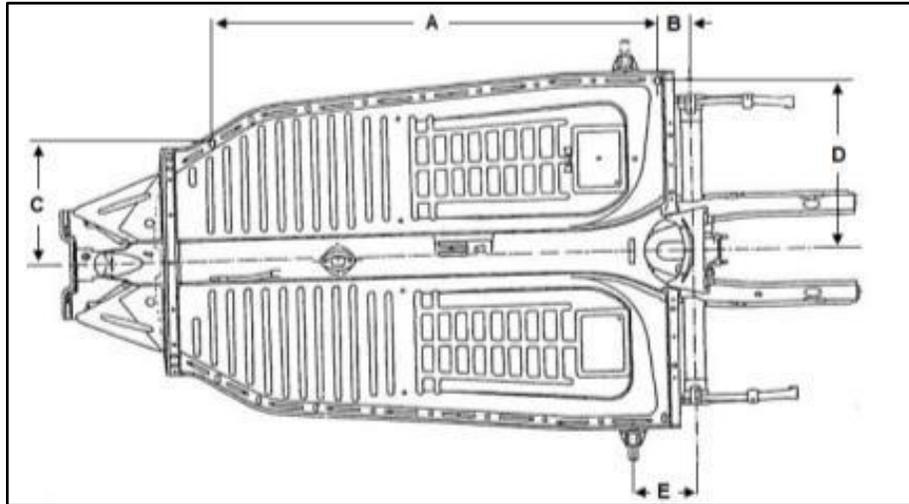


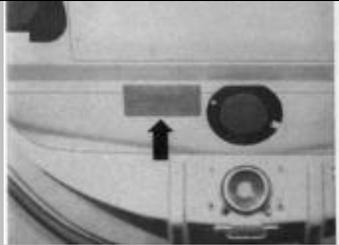
Figura 9 Dimensiones interiores VW Escarabajo

Fuente: (Sportbugger, 2008)

2.3.4 Placa modelo, número de chasis y motor

Los datos más importantes con los que cuenta un vehículo para su identificación se encuentran relacionados con la existencia y su codificación, entre ellos vienen definidos detalles respecto al modelo, número de chasis y motor; por lo que se debe dar mucha importancia a todos estos datos anotados en cada uno de los documentos del vehículo de tal manera que coincidan en relación a los encontrados dentro del mismo. (Volkswagenwerk, 1972), en la tabla 7, se da a conocer la ubicación de los puntos importantes para el control de los datos de origen del vehículo.

Tabla 7
Identificación número de chasis y motor VW Escarabajo

CARACTERÍSTICAS	DETALLE
<p>Placa de modelo</p> <p>Se encuentra debajo del capó delantero, detrás de la rueda de repuesto.</p>	
<p>Número de chasis</p> <p>Se encuentra debajo del asiento trasero, punzonado en el túnel del bastidor.</p>	
<p>Número de motor</p> <p>Se encuentra en la brida situada en el cárter para el soporte del alternador.</p>	

Fuente: (Manual de instrucciones VW 1500, 1972)

2.4 Bastidor

Para el diseño de un bastidor se lo hace en base a la geometría de la carrocería, tomando en cuenta las características que este debe relacionar, como la resistencia, vibraciones, distribución de cargas, flexiones y torsiones. (Galbarro, 2012)

2.4.1 Función del bastidor

Es la de soportar el peso de la estructura y los ocupantes, con los componentes como la suspensión, dirección y motor, “a la vez de resistir las cargas de uso que se generan en el vehículo y cargas dinámicas que se

originan por el funcionamiento de los distintos elementos y movimiento del vehículo, pudiendo absorber las vibraciones y el movimiento de los mismos.” (Galbarro, 2012)

En la figura 10, se presenta que “la constitución del bastidor en su forma estructural se da por dos piezas largas en forma longitudinal a cada lado del vehículo, mismas que se conocen con el nombre de largueros, unidas a otras piezas de menor tamaño y en variable número, tomando el nombre de travesaños”. (Mantenimiento de Vehículos)



Figura 10 Constitución del bastidor

Fuente: (Lauzirika, 2011)

2.4.2 Tipos de bastidores

a. Bastidor en columna (X)

Recibe este nombre por la geometría que tiene, de manera que se estrecha por el centro, proporcionando al vehículo una estructura más rígida, lo que garantiza que se va a tener un mejor diseño para contrarrestar los puntos de torsión elevada, el anclaje delantero es más robusto ya que sirve como fijación de la suspensión delantera. (Galbarro, 2012), en la figura 11, se observa la disposición de la geometría del bastidor en columna.

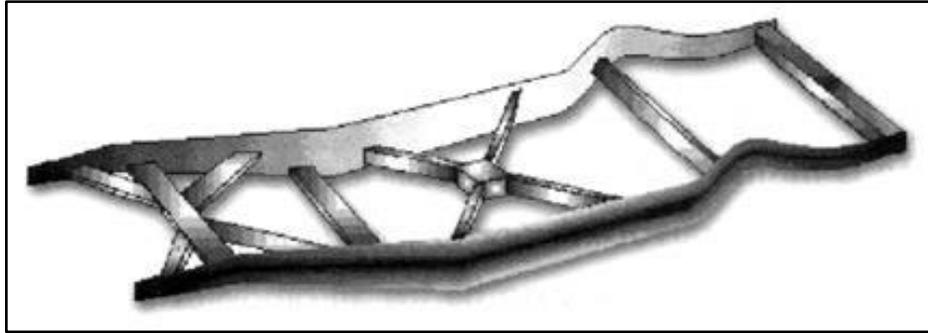


Figura 11 Bastidor en columna

Fuente: (Anrango, 2000)

b. Bastidor perimétrico

Este tipo de bastidor es utilizado en algunos modelos de automóviles y camionetas, por lo que los largueros soportan la parte más ancha, lo que garantiza una mayor protección en el caso de generarse un impacto lateral, por su constitución en forma de caja de torsión absorbe gran cantidad del impacto cuando se tenga un impacto frontal. Con este tipo de bastidor lo que se consigue es tener una mejor estabilidad de rodaje. (Galbarro, 2012), en la figura 12, se puede ver el posicionamiento del bastidor con la carrocería.

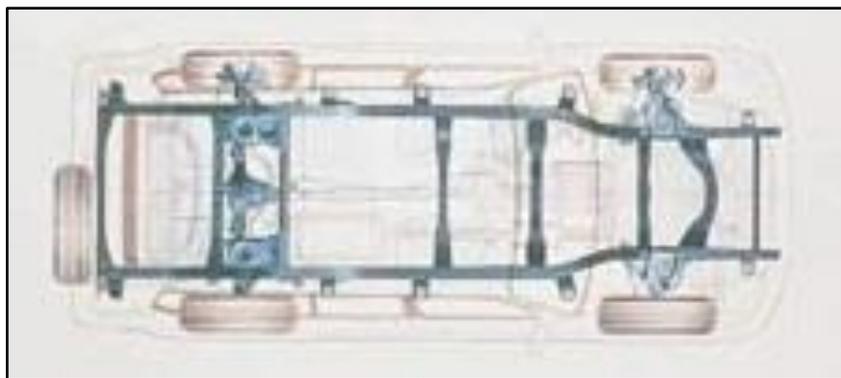


Figura 12 Bastidor perimétrico

Fuente: (Tecnocohe, 2015)

c. Bastidor en escalera (H)

El diseño de este bastidor cuenta con dos largueros laterales realizado con un perfil de chapa metálica en forma de C, de manera paralela o no, que a su vez se encuentran unidos mediante una serie de travesaños. Este fue uno de los modelos más utilizados para automóviles en tiempos pasados, aunque ahora en la actualidad su uso se da para camiones y furgones debido a su gran solidez y soporte para cargas. (Vaca, 2011), en la figura 13, se observa la construcción de un bastidor en escalera.



Figura 13 Bastidor en escalera

Fuente: (Diveimport, 2015)

2.5 Carrocería

2.5.1 Función de la carrocería

Es la de alojar y proteger a los ocupantes dentro del habitáculo, lo que se desea es generar un mejor confort y velocidad con menos potencia y consumo del vehículo, todos estos aspectos se han ido modificando con el paso de los años y así se ha logrado desarrollar un mejor diseño y aerodinámica. (Mantenimiento de Vehículos)

Con cada uno de estos aspectos se ha conseguido desarrollar un habitáculo más seguro para los pasajeros y así diseñar y construir las carrocerías autoportantes, mismas que absorben de mejor manera el impacto cuando existe una colisión, en base a una deformación progresiva tanto de la parte delantera como trasera del vehículo. (Mantenimiento de Vehículos)

2.5.2 Tipos de carrocería

a. Carrocería independiente

Este tipo de carrocería es el más antiguo que se ha utilizado, siendo el más sencillo para su montaje y desmontaje, ya que tiene anexo su propio piso, por lo que posee una elevada resistencia y rigidez, es apta para transportar y soportar gran capacidad de peso por lo que puede absorber los esfuerzos de flexión, torsión y vibraciones, se encuentra atornillada al bastidor por medio de juntas que se puedan sujetar con los puntos de mayor incidencia. (Vaca, 2011), en la figura 14, se puede ver los puntos de sujeción de la carrocería al chasis.

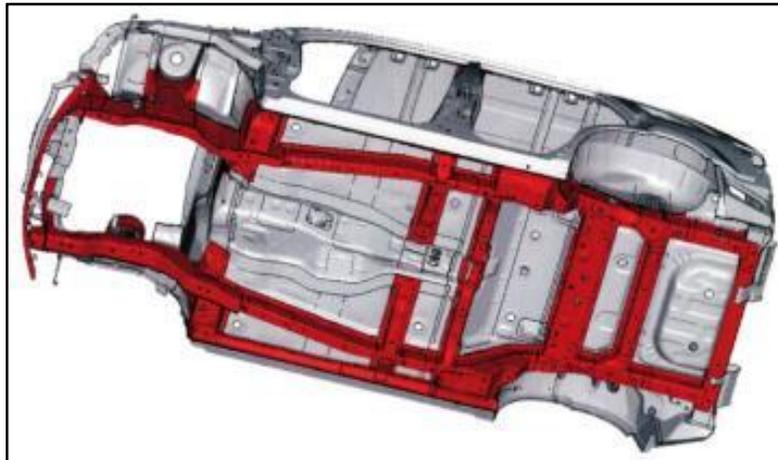


Figura 14 Carrocería independiente

Fuente: (Martínez, 2015)

b. Carrocería autoportante

Es la más utilizada en la actualidad, su estructura se encuentra formada por un mismo conjunto entre el bastidor y la carrocería, por lo que puede adoptar diferentes formas dependiendo del desempeño y diseño que se tenga. Su construcción se puede realizar por medio de soldadura y con elementos desmontables, por lo que se puede conseguir que la chapa externa soporte parte o en su totalidad la carga estructural del vehículo. (Vaca, 2011)

Dependiendo del tipo de unión que se tenga, se puede reducir a un mínimo número las piezas que sean desmontadas, por lo que se deja aparte de la estructura las puertas, capós y parachoques, teniendo a las otras partes unidas mediante soldadura; por otro lado algunas de las piezas que sufren daños con frecuencia se tiene que sean de fácil desmontaje para su reemplazo. (Puente, 2012), en la figura 15, se indica el esquema de este tipo de carrocería.

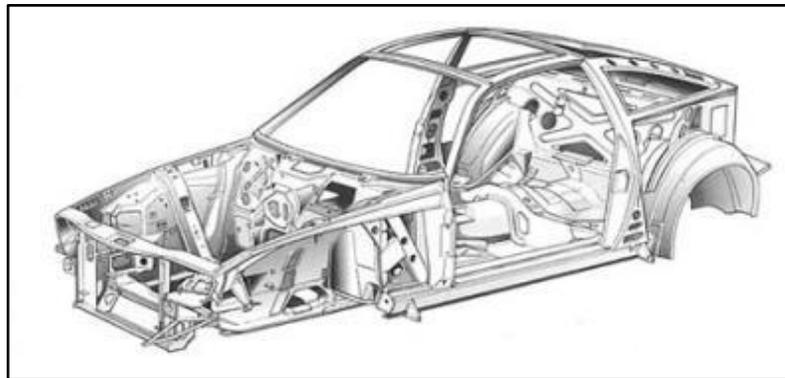


Figura 15 Carrocería autoportante

Fuente: (Martínez, 2015)

Ventajas de la carrocería autoportante.

- Aportan al vehículo ligereza, estabilidad y rigidez.
- Tienen el centro de gravedad más bajo.
- Presentan economía en su construcción por su fabricación en serie.

2.5.3 Componentes de la estructura de una carrocería

“La carrocería se compone de elementos exteriores los cuales ayudan a que se aumente la rigidez, aerodinámica, estética y seguridad del vehículo, por lo que se establecen algunos de los conjuntos estructurales.” (Espinoza, 2013)
Los elementos estructurales que componen la carrocería son:

- a. Capó delantero
- b. Techo
- c. Capó trasero
- d. Guardafango trasero
- e. Puerta
- f. Guardafango delantero
- g. Parachoque trasero
- h. Parachoque delantero
- i. Luna trasera
- j. Parabirsa trasero
- k. Ventana trasera
- l. Ventana delantera
- m. Ventolera
- n. Parabrisa delantero
- o. Luna direccional
- p. Luna delantera

En la figura 16, se indica la posición de los componentes que conforman la carrocería, mismos que pueden ser intercambiados dependiendo para mejorar las prestaciones que nos da el vehículo.

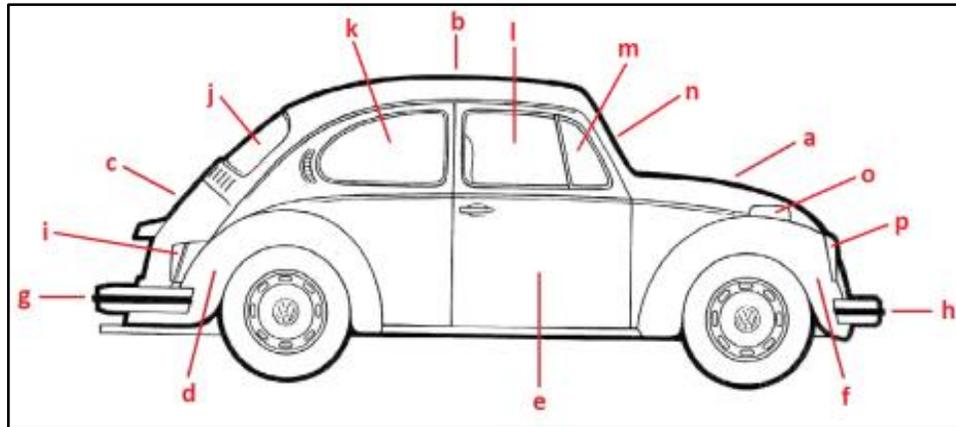


Figura 16 Estructura de la carrocería

Fuente: (Galitruvalcaba, 2014)

2.6 Proceso de Soldadura

Para tener un buen procedimiento al momento de realizar la soldadura, lo primero que se debe hacer es limpiar las superficies de cualquier sustancia que interrumpa el proceso de suelda, para este caso se debe limpiar las grasas u óxidos en la superficie a fundir. (Monroy, 2015)

La soldadura se utiliza para juntar un grupo de elementos de metal con diferentes formas de cortes y a la vez que tienen disposiciones particulares de tamaños, para lograr tener una forma afín, se debe mantener todas estas partes con firmeza mismas que se las puede juntar con abrazaderas o sujetadores. (Nisbett)

En la tabla 8, se describe los tipos de soldadura que se aplican para la unión de los elementos de chapa metálica con la utilización de suelda eléctrica y a su vez la forma de completar las ranuras con ayuda del cambio de metal base por medio del uso de suelda autógena oxiacetilénica.

Tabla 8
Tipo de Soldadura

Tipo de Soldadura							
Cordón	Filete	Tapón	Ranuras				
			Cuadrada	V	Bisel	U	J
							

Fuente: (G. Budynas y J. Nisbett, 2008)

2.6.1 Soldadura por arco eléctrico

Para comprender este tipo de soldadura, se da mediante el intenso calor razón por la cual se convierte la energía eléctrica en energía térmica pudiendo alcanzar una temperatura hasta 4000°C, misma que es necesaria para generar la fundición de los metales inmersos para el trabajo, los cuales se juntan por la producción de un arco eléctrico entre material soldable y el electrodo metálico recubierto, quien puede ser movido de manera manual o mediante algún mecanismo, en la figura 17, se indica el circuito básico para este tipo de soldeo- “Se debe considerar que a mayor distancia de suelda se necesita menor corriente y una mayor tensión, caso contrario se da cuando a menor distancia se requiere mayor corriente y con una tensión menor.” (Rodríguez, 2001)

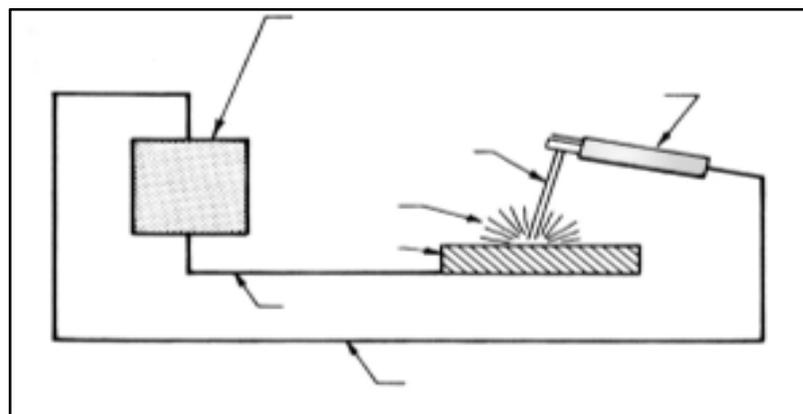


Figura 17 Circuito básico para soldar por arco eléctrico

Fuente: (Rodríguez, 2001)

El arco eléctrico genera un cráter en la pieza, por lo que para una buena soldadura se necesita que exista una penetración eficaz, de manera que se debe tener en cuenta la longitud del arco, que es la distancia existente entre el extremo del electrodo y la superficie del baño fundido, por lo que si la pieza se calienta demasiado y existe una penetración excesiva puede llegar a producirse una perforación peligrosa. (Monroy, 2015)

a. Características de los electrodos.

La medida del electrodo depende de diferentes factores:

- Espesor del material a soldar.
- Preparación de los bordes donde se vaya a colocar la suelda.
- Posición con la que se va a efectuar la suelda.
- Pericia que posea el soldador.

Con la ayuda de la tabla 9, se determina las especificaciones que se tienen para los electrodos, según la norma que utiliza medidas inglesas, indicándonos el significado de cada una de las letras y números que se encuentran al contorno del electrodo, para así poder comprobar el uso que se le puede dar dependiendo del área de trabajo y elementos a fundir.

Tabla 9
Especificaciones AWS A5.1-69 y A5.5-69

a. La letra E antepuesta a las cuatro o cinco cifras identifica a los electrodos aptos para realizar soldadura por arco eléctrico.	
b. Los primeros dos números de los cuatro o los tres números de los cinco indican la resistencia mínima a la tracción.	
E60XX	60000 psi mínimo
E70XX	70000 psi mínimo
E110XX	70000 psi mínimo
c. El próximo dígito indica las posiciones posibles de soldadura	
EXX1X	Todas las posiciones
EXX2X	Plana y horizontal solamente
d. La letra con un número final (por ejemplo EXXXX-A1) indica la aleación aproximada del metal depositado por la soldadura	
A1	0,5 % Mo
B1	0,5 % Cr; 0,5 % Mo
B2	1,25 % Cr; 0,5 % Mo
B3	2,25 % Cr; 1 % Mo
B4	2 % Cr; 0,5 % Mo
B5	0,5 % Cr; 1 % Mo
C1	2,5 % Ni
C2	3,25 % Ni
C3	1 % Ni; 0,35 % Mo; 0,15 % Cr
D1 y D2	0,25 – 0,45 % Mo; 1,75 % Mn
G	0,5 % ≤ Ni; 0,3 % ≤ Cr; 0,2% ≤ Mo; 0,1 % ≤ V; 1 % ≤ Mn (sólo un elemento de la lista)
Norma AWS A5.1 utiliza medidas inglesas	

Fuente: (Rodríguez, 2001)

b. Electrodo SOLDEXA 6011 (SMAW acero de bajo carbono)

“Electrodo revestido de tipo celulósico, de mediana penetración, diseñado para uso con corriente alterna o continua. Presenta un arco estable y uniforme con gran facilidad en el encendido y el reencendido del electrodo, además, presenta fácil remoción de escoria, puede soldar sobre superficies ligeramente oxidadas.” (Soldexa, 2015)

Con la ayuda de la tabla 10, se verifica los valores de los componentes que conforman un electrodo, indicando el análisis químico que se ha realizado al material de la estructura del electrodo, representando en porcentaje la composición de cada metal.

Tabla 10
Análisis químico del metal depositado [%]

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
0.06	0.45	0.25	máx	máx	-	-	-	-	-
			0.03	0.025					

Fuente: (Soldexa, 2015)

En la tabla 11, se observan las propiedades mecánicas del material depositado correspondiente al electrodo 6011 utilizado para la soldadura por arco eléctrico, mismos que nos dan los valores de resistencia a la tracción y el límite de fluencia.

Tabla 11
Propiedades mecánicas del metal depositado

Tratamiento térmico	Resistencia a la tracción [MPa (psi)]	Límite de fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2” [%]
Sin tratamiento	472 (68440)	397 (57565)	24

Fuente: (Soldexa, 2015)

En la tabla 12, se presenta los parámetros recomendados en el soldeo, mismos que nos indican los valores del diámetro de los electrodos, a la vez que nos da a conocer cuál es el amperaje necesario para producir una buena soldadura y no causar problemas de perforaciones.

Tabla 12
Parámetros de soldeo recomendados

Para corriente alterna (AC) o continua (DC): Electrodo al positivo DCEP		
Diámetro [mm (pulg.)]	2,50 (3/32")	3,25 (1/8")
Amperaje mínimo	50	80
Amperaje máximo	80	110

Fuente: (Soldexa, 2015)

c. Factores a tener en cuenta para una buena soldadura.

Amperaje correcto para soldar.- La máquina para la soldadura se va a regular con un amperaje mínimo y máximo señalado por el fabricante para cada tipo de electrodo que se utilice.

“Amperaje insuficiente, dificulta mantener el arco, por lo se produce un abultamiento del material y una mala penetración. Amperaje excesivo, da como consecuencia un cordón aplanado y con porosidades, se produce el recalentamiento del electrodo y mucha salpicadura.” (Exsa, 1999)

Longitud de arco eléctrico.- Se le conoce a la distancia que se tiene entre la punta del electrodo y la pieza de metal en donde se va a soldar, esta distancia se recomienda que sea alrededor de 2 a 5 mm del final del cordón o extremo de la unión, por lo que esta debe ser lo más constante posible para realizar un cordón de suelda homogéneo. (Exsa, 1999)

Ángulo del electrodo respecto a la pieza.- Este ángulo se lo define dependiendo del tipo de costura a realizar, material a soldar y características del electrodo. La forma en que se maneje la angulación cambiará en la forma y aspecto del cordón y su penetración hacia el material. (Filipus, 2011)

Velocidad de avance.- Esta sirve para tener una costura de soldado pareja, por lo que se debe tener una velocidad correcta y constante, ya que si se hace a una velocidad muy rápida la costura queda débil y si se trabaja a una velocidad muy lenta se tiene mucho material de aporte. (Rodríguez, 2001)

Corriente eléctrica.- Es quien indica la temperatura con la que va a trabajar el arco eléctrico, por lo que se tiene que a mayor corriente se tiene una mayor temperatura, si no se trabaja con una temperatura ideal, el aspecto de la costura puede estar bien a simple vista pero en su penetración este será incorrecto, al contrario de cuando se trabaja con una corriente elevada fuera del rango establecido, se puede producir una costura deficiente con salpicaduras de material fundido y grietas en su cordón realizado. (Filipus, 2011)

2.6.2 Soldadura Oxiacetilénica

“Este tipo de soldadura se debe a la reacción de combustión del acetileno (C_2H_2), que resulta ser fuertemente exotérmica (donde se desprende energía), pues se alcanzan temperaturas en el orden de los 3500 °C.” (Monroy, 2015)

Según la relación de oxígeno que se coloque con el acetileno, se distinguen diferentes tipos de llama, los cuales se van a ver representados en la figura 18, tanto en tonalidad, temperatura y longitud, obteniendo lo siguiente:

Oxidante.- Se tiene por un exceso de O_2 en la mezcla, esta llama se usa para soldar latón, con grandes porcentajes de zinc y aleaciones de bronce, la forma de la llama es corta, azulada y poco ruidosa. (Monroy, 2015)

Reductora.- Se tiene por una falta de O_2 en la mezcla, esta llama se usa para soldar aceros al carbono, aceros fundidos, aluminio fundido y aceros especiales, la forma de llama es larga y amarillenta. (Monroy, 2015)

Neutra o normal.- Es la mezcla ideal para soldar hierro fundido, acero maleable, acero suave, bronce, acero inoxidable, su relación exacta $O_2/C_2H_2 = 1:1$. Se produce una llama que pasa de incolora a azulada con un contorno azul – anaranjado. (Monroy, 2015)

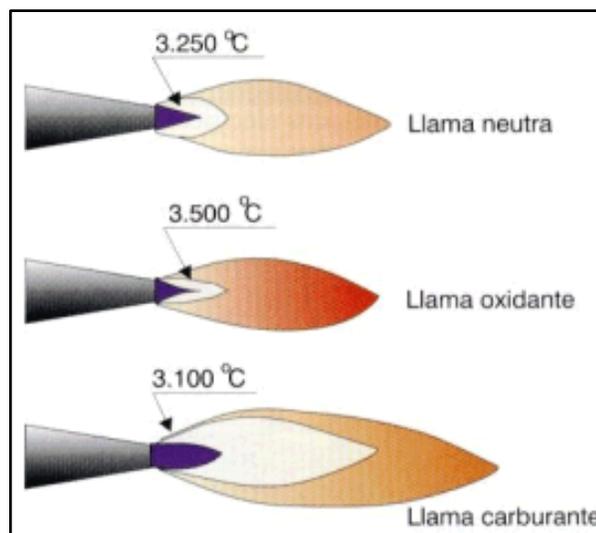


Figura 18 Tipos de Llama relación Oxígeno/Acetileno

Fuente: (Monroy, 2015)

Para trabajar con material de aporte para la suelda, se emplean varillas metálicas de la misma composición del material que se desea fundir. Para el trabajo de la suelda, estas varillas deben contar con un tipo de desoxidante, que es un polvo que recubre las varillas del material de aportación, este depende de los metales que se suelden.

Mediante el soplete se realiza la combustión de la mezcla de acetileno y oxígeno, esta se la puede regular mediante dos válvulas que se encuentran

colocadas en la empuñadura, también se cuenta con boquillas intercambiables que permiten realizar el trabajo en piezas de diferente grosor.

En la figura 19, se encuentra representado un bosquejo del soplete para la suelda oxiacetilénica, indicando cada una de sus partes para la identificación de la mezcla en relación del oxígeno y acetileno, para un posterior uso dentro del proceso de soldadura.

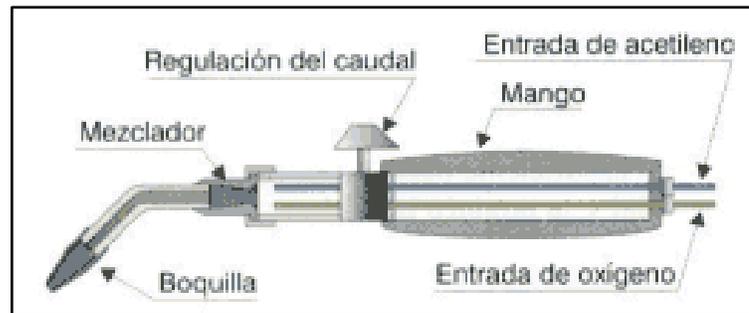


Figura 19 Soplete de suelda oxiacetilénica

Fuente: (Monroy, 2015)

Para garantizar la efectividad del proceso de soldeo, se debe considerar la posición de sujeción del soplete con el material de aporte y la forma de movimiento, de manera que en la figura 20, se representa el desplazamiento a tomar en cuenta para el procedimiento de unión.

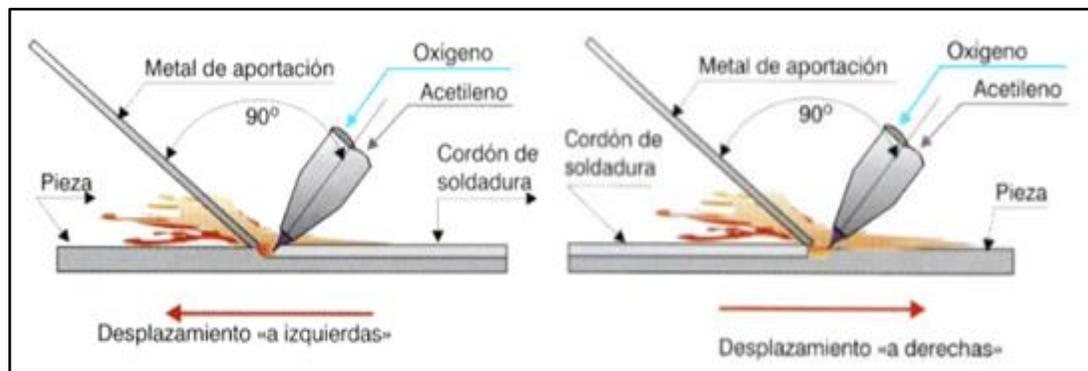


Figura 20 Ilustración procedimiento de soldeo

Fuente: (Monroy, 2015)

a. Ventajas de la Soldadura Oxiacetilénica.

- Transporte del equipo de manera portátil.
- Se lo puede utilizar en cualquier posición.
- Se utiliza para la soldadura de cañerías de diámetro pequeño y manufacturas livianas.
- Se utiliza como fuente de energía calórica para doblar, calentar, endurecer, etc.

b. Desventajas de la Soldadura Oxiacetilénica.

- Se producen deformaciones por la gran concentración de calor.
- No se trabaja con espesores gruesos del material ya que resulta antieconómico.

2.7 Ingeniería asistida por computadora

La ingeniería asistida por computadora (CAE, del inglés: Computer Aid Engineering), se refiere al uso de programas de computadora para analizar la robustez y el rendimiento de los componentes y ensamblajes, de manera que se pueden validar y optimizar los productos que se han fabricado cuando se encuentran en funcionamiento. (Arqhys, 2004)

Por medio de los programas computacionales, se somete a la estructura a un estudio para verificar que las dimensiones y el material soportaran las cargas y esfuerzos calculados, mostrando las deformaciones físicas que presente la estructura, basándose en el modelado por medio de SolidWorks y para luego realizar los cálculos por medio de la técnica del análisis de elementos finitos (Arroyo, E., & Ayala, R.,, 2013)

2.8 Método de análisis elementos finitos

Es un método de aproximación de problemas continuos, de manera que se divide en un número finito de partes, conocidos como elementos, cuyo comportamiento se especifica mediante un número finito de parámetros asociados con ciertos puntos característicos, los que se denominan nodos, mismos que son los puntos de unión de cada elemento con sus adyacentes, el comportamiento en el interior de cada elemento queda definido a partir de la conducta de los nodos. (Varelo, 2004)

El método de elementos finitos se utiliza para la solución de problemas con alto grado de dificultad, por lo que involucran geometrías complejas, determinación de propiedades de materiales y cargas no distribuidas, mediante su análisis computarizado se puede predecir como un objeto real reaccionará a fuerzas, calor, vibración, flujo de fluidos, fenómenos, entre otros, en otros términos generales se refiere a si éste se romperá, fallará o trabajará tal como fue diseñado. (Garza, 2007)

2.9 Conceptos a tener en cuenta

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1323:2009, en su inciso referente a las definiciones se tiene que:

Carga muerta: Corresponde al peso total de la carrocería en condiciones operativas, lo que incluye todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes; es decir, la carrocería terminada con todos sus accesorios.

Carga viva: Corresponde a la carga por ocupación y se la considerará como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería.

Carga de giro: corresponde a la fuerza producida por el giro de un vehículo.

Carga de frenado: Corresponde a la fuerza producida por el frenado del vehículo.

Carga de aceleración brusca: Corresponde a la fuerza producida por la aceleración brusca del vehículo.

Carga por resistencia al aire: Corresponde a la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal.

CAPÍTULO III

3 DISEÑO Y ESTUDIO DE LA CARROCERÍA DE LA LIMUSINA VOLKSWAGEN ESCARABAJO

3.1 Parámetros y requerimientos de diseño

Se considera como diseño a la formulación de un procedimiento para lograr la satisfacción de algo que se ha planteado referente a un problema, mismo que se debe proyectar de manera física para verificar el efecto que se tiene dentro de la sociedad, por lo que debe ser funcional, seguro, útil y de fácil fabricación.

3.1.1 Fases e interacciones del proceso de diseño

Para cumplir con lo referente al diseño se necesita identificar una necesidad que se tenga respecto al lugar donde se proponga la utilización de lo generado, para posteriormente tomar una decisión conforme a la ejecución de lo planeado, luego de haberse generado algunas iteraciones, se culmina con la presentación de los planes para la satisfacción de las necesidades planteadas, en la figura 21 se presentan las fases e iteraciones para el proceso de diseño.

Se debe tener muy en cuenta la factibilidad de lo que nos encontramos realizando mediante la ejecución de un análisis a los temas que se están tratando, para poder de esta manera establecer si el diseño se lo que se ha planeado o si este es necesario que se lo mejore o deseche.

La evaluación se convierte en la prueba final del proceso del diseño total y que sea de manera exitosa, con lo que se desea descubrir de esta manera si el diseño en verdad satisface la necesidad o necesidades que se plantearon al momento de la ejecución del tema. (G. Budynas y J. Nisbett, 2008)

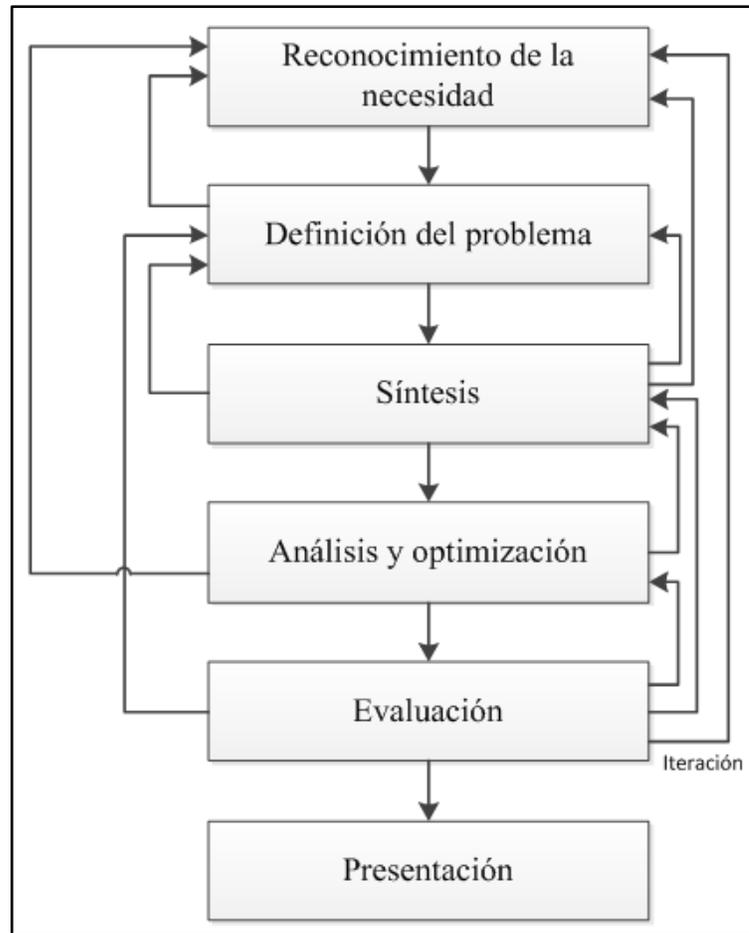


Figura 21 Fases e interacciones del proceso de diseño

Fuente: (G. Budynas y J. Nisbett, 2008)

3.1.2 Herramientas computacionales

Se va a utilizar un software para el diseño mediante la ayuda de un computador (CAD), quien nos va a facilitar desarrollar modelos tridimensionales (3-D), obteniendo como ventaja la realización de cálculos rápidos y exactos de algunas propiedades de los materiales que se han utilizados en el diseño y construcción, el software a utilizar para el diseño es SolidWorks y para los análisis de elementos finitos se tiene la ayuda del software ANSYS.

3.2 Diseño de la estructura autoportante asistido CAD

3.2.1 Bosquejos iniciales para el modelado

Para la realización del bosquejo de la limusina Volkswagen Escarabajo, las primeras ideas se obtuvieron mediante el trazo de primeras líneas y curvas basadas en el diseño original del automotor, identificadas en la figura 22, tratando de ser conservadores con su originalidad y procedencia.

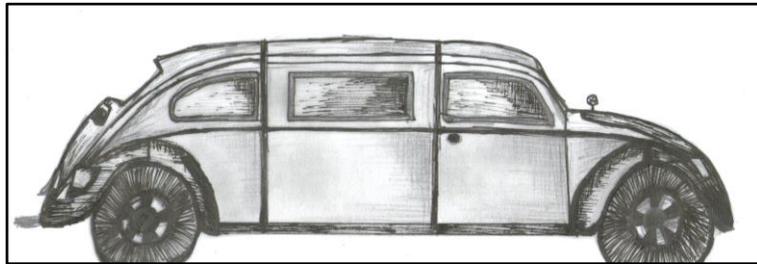


Figura 22 Bosquejo dibujado a mano alzada

Después se utilizó como referencia el modelo de una limusina Volkswagen Escarabajo fabricada en Reino Unido, presentada en la figura 23, a partir de este modelo y de los bosquejos realizados, se lleva a cabo el proceso de diseño, identificando así nuestro modelo a seguir para la construcción.



Figura 23 Diseño limusina Escarabajo (Reino Unido)

Fuente: <http://www.revesby-garage.co.uk/index.php>

3.2.2 Proceso de modelado

Para el proceso de modelado, se cuenta con las medidas originales del vehículo Volkswagen Escarabajo, las cuales se presentan en la tabla 5, con ello se complementa la información necesaria del vehículo en distancias necesarias para el modelado de la nueva carrocería.

Seguido de la verificación de las medidas originales, se determina una separación entre los planos en función de la geometría, luego se procede a fusionar cada uno de estos para obtener como resultado un diseño en 3D de la carrocería, detalle que se encuentra representado en la figura 24.

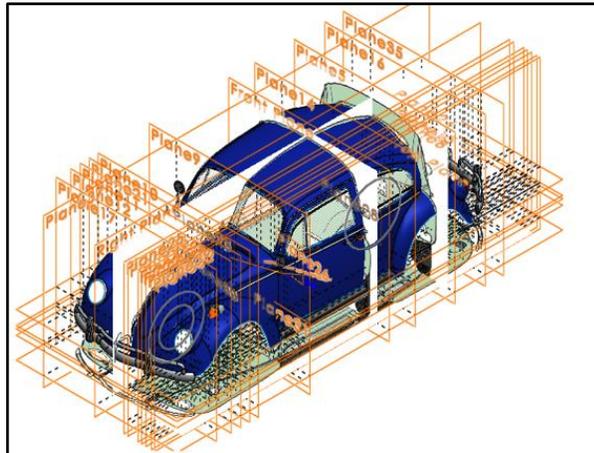


Figura 24 Planos de modelado CAD vistas 3D

A partir de este modelado, se logra generar una carrocería compacta uniendo todos los puntos obtenidos en los planos de geometría, con el propósito de conseguir la carrocería original del vehículo Volkswagen Escarabajo, representado en la figura 25.



Figura 25 Modelado carrocería original VW Escarabajo CAD 3D

Con el diseño modelado de la carrocería original, mostrado en la figura 25, se procede a realizar el corte en el eje transversal sobre la zona central de unión del techo con los parantes de sujeción del habitáculo, logrando de esta manera obtener una separación entre la parte frontal y posterior del vehículo, como se muestra en la figura 26.

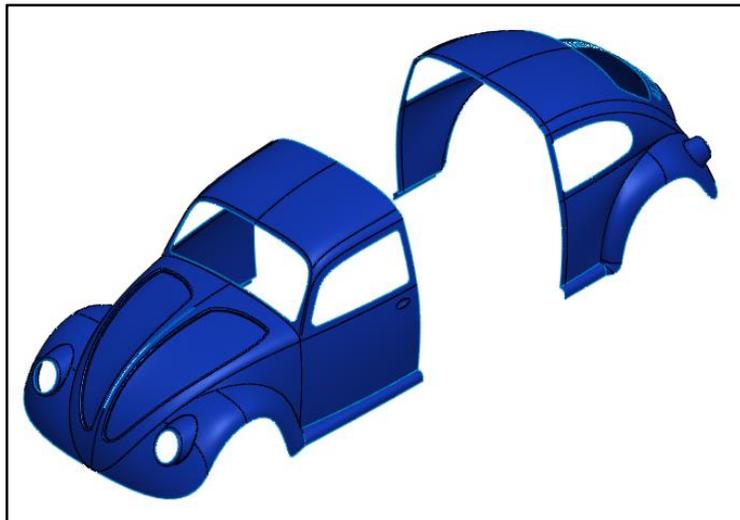


Figura 26 Separación parte frontal y posterior VW Escarabajo

Mediante la obtención del corte realizado al modelado de la carrocería original, se procede a determinar las dimensiones de alargue, separando 120 centímetros desde el punto de corte entre la parte frontal y posterior, conservando el diseño de líneas y curvas gracias al proceso de extrusión de planos y a partir de este proceso se logra obtener el alargue para la construcción de la limusina Volkswagen Escarabajo. En la figura 27, se determina la isometría del modelado para la parte del alargue de la carrocería.

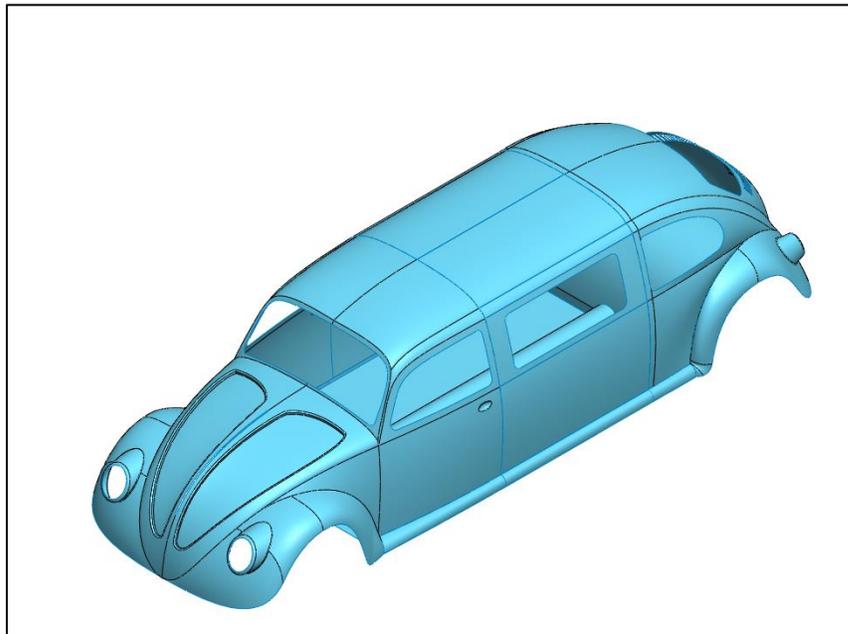


Figura 27 Isometría del modelado carrocería limusina VW Escarabajo

Por medio de la figura 28, se puede observar la vista lateral izquierda del diseño de alargue de la carrocería de la limusina, teniendo como detalle la conservación de líneas y figura original para el momento de la construcción.

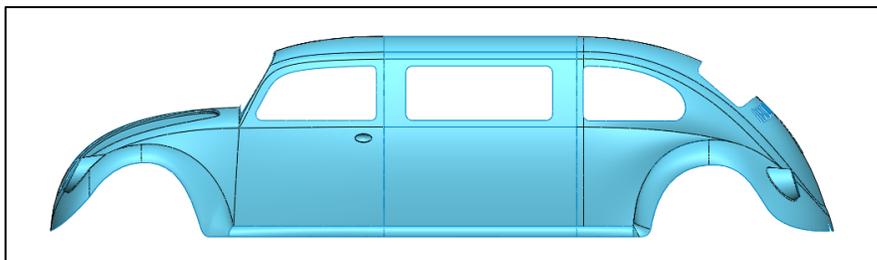


Figura 28 Vista lateral carrocería limusina VW Escarabajo

En el detalle de la figura 29, se presenta la vista superior del diseño de la carrocería de la limusina, indicando el alargue del techo y la forma de continuidad que tienen las líneas de origen sobre la carrocería.

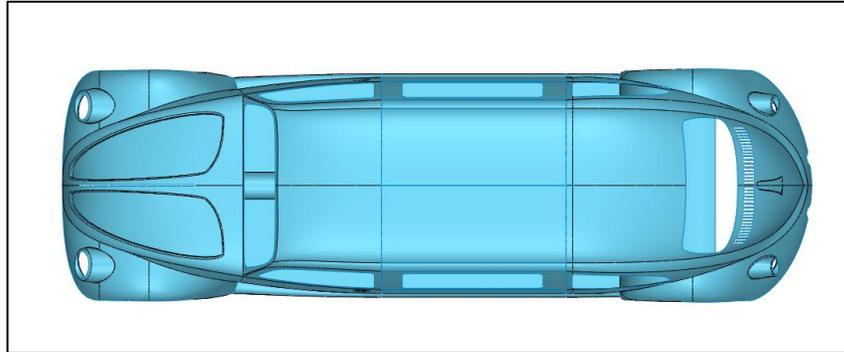


Figura 29 Vista superior carrocería limusina VW Escarabajo

Para finalizar se realiza la unión de la carrocería y el bastidor formando un solo elemento dando como resultado un vehículo compacto, de manera que para el diseño final se agregan los neumáticos, ventanas y parabrisas, tal como se muestra en la figura 30. Este diseño se someterá a diferentes pruebas, análisis estáticos y dinámicos, los cuales permitirán conocer y verificar el comportamiento del vehículo a través de esfuerzos, deformaciones, impactos, etc., resultados que nos permitirán determinar el cumplimiento de los requerimientos de diseño para así dar paso al proceso de construcción.

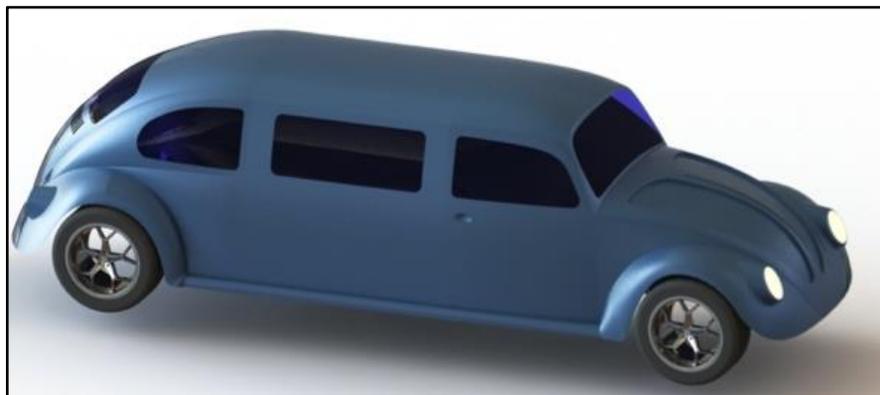


Figura 30 Carrocería final

3.3 Dimensiones y pesos limusina Volkswagen Escarabajo

Los valores de dimensiones y pesos totales que se tiene como producto para la construcción de la limusina Volkswagen Escarabajo, se ven representados en la tabla 13, para su comprensión dirigirse al ANEXO G.

Tabla 13
Dimensiones y pesos limusina VW Escarabajo

CARACTERÍSTICAS	DETALLE
Batalla	3600 mm
Largo	5270 mm
Altura	1500 mm
Altura libre sobre el piso	150 mm
Ancho	1550 mm
Peso en vacío	965 kg
Carga útil	450 kg
Carga total admisible	1415 kg

3.4 Materiales a utilizar en la estructura

Las propiedades mecánicas del Acero ASTM A36, material utilizado para el proceso de análisis estructural se detallan en la tabla 14, indicando cada uno de los valores y unidades con que se va a trabajar al momento de las simulaciones.

Tabla 14
Propiedades mecánicas Acero ASTM A36

PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD
Módulo elástico	200000	N/mm^2
Coeficiente de Poisson	0,26	N/D

CONTINÚA



Módulo Cortante	79300	N/mm^2
Densidad de masa	7850	kg/m^3
Límite de tracción	400	N/mm^2
Límite elástico	250	N/mm^2

Fuente: SolidWorks 2015

3.5 Análisis estructural

El desarrollo del cálculo de combinación de cargas se lo realizo según las especificaciones de la norma NTE INEN 1323, debido a la falta de normas o estándares existentes para la construcción de limusinas dentro y fuera del país, tomando en cuenta la construcción de estructuras.

3.5.1 Determinación de cargas estáticas

Antes de realizar los distintos análisis mediante la combinación de cargas, necesitamos conocer el valor de las diferentes cargas que se presentan dentro de la estructura del vehículo, tales como: carga muerta (M), carga viva (V), carga de frenado (F), carga de aceleración brusca (Ab) , carga de giro (G) y carga por resistencia al aire frontal (Raf).

3.5.2 Determinación de cargas estáticas muertas

Para el cálculo de cargas muertas, se emplea el peso en vacío de la limusina Volkswagen Escarabajo indicado en la tabla 13, mismo que fue obtenido mediante el pesaje del vehículo sobre una báscula.

$$M = Pt * g$$

Ecuación 1

Dónde:

M: Carga muerta (N)

Pt: Peso en vacío de limusina(kg)

g: gravedad = $9,81 \frac{m}{s^2}$

$$M = Pt * g$$

$$M = 965 \text{ kg} * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$M = 9466,65 \text{ N}$$

3.5.3 Determinación de cargas estáticas vivas

Para el cálculo de cargas vivas, se necesita conocer el número de ocupantes que van a estar ubicados sobre la limusina, teniendo que son seis ocupantes distribuidos de la siguiente manera, dos ocupantes incluido el conductor en la parte delantera y cuatro en la parte del habitáculo posterior, teniendo como resultado la carga útil que va a soportar la limusina, valor detallado en la tabla 13.

$$V = Pp * Np * g$$

Ecuación 2

Dónde:

V: Carga viva (N)

Np: número de ocupantes

Pp: peso promedio por persona (kg)

$$V = Pp * Np * g$$

$$V = 75 \text{ kg} * 6 * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$V = 4414,5 \text{ N}$$

3.5.4 Determinación de cargas estáticas dinámicas

a. Carga de giro.

Para el cálculo de carga de giro, se emplea la velocidad de giro de la limusina Volkswagen Escarabajo, valor igual a 50 km/h (13,89 m/s), siendo la velocidad máxima a la cual un vehículo puede circular dentro de la ciudad según la ANT y el radio de giro obtenido a partir de la capacidad de la limusina para girar, mismo que se obtuvo al realizar la prueba con el vehículo sobre un campo abierto, sabiendo que se considera como radio de giro “la figura que describirá el radio formado por el recorrido de los neumáticos del vehículo cuando haya completado en su totalidad un giro” (Lamsako, 2008).

$$G = M_t * \frac{V^2}{r}$$

Ecuación 3

Dónde:

G: Carga de giro (N)

M_t : masa total (kg)

V: velocidad de giro de la limusina $\left(\frac{m}{s}\right)$

r: radio de giro de la limusina (m)

$$G = M_t * \frac{V^2}{r}$$

$$G = 1415 \text{ kg} * \frac{(13,89 \left(\frac{m}{s}\right))^2}{7,75 \text{ m}}$$

$$G = 35225,67 \text{ N}$$

b. Carga de frenado.

Para el cálculo de carga de frenado, se emplea la velocidad inicial de la limusina Volkswagen Escarabajo, valor igual a 50 km/h (13,89 m/s), siendo la velocidad máxima a la cual un vehículo puede circular dentro de la ciudad según la ANT, tomando como velocidad final el valor de 0 km/h (0 m/s) el cual tendrá el vehículo al detenerse completamente y un desplazamiento que es la distancia recorrida durante 5 segundos, tiempo medido para que el vehículo con una velocidad de 50 km/h logre detenerse completamente.

$$F = M_t * a$$

Ecuación 4

Dónde:

F: Carga de frenado (N)

M_t : masa total (kg)

V_f : velocidad final de la limusina $\left(\frac{m}{s}\right)$

V_o : velocidad inicial de la limusina $\left(\frac{m}{s}\right)$

Δ_r : desplazamiento (m)

$$a = \frac{(V_f^2 - V_o^2)}{2\Delta r}$$

Ecuación 5

$$a = \frac{(V_f^2 - V_o^2)}{2\Delta r}$$

$$a = \left(\frac{(0)^2 - (13,89)^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 69,44 m}\right)$$

$$a = -1,3892 \frac{m}{s^2}$$

$$F = M_t * a$$

$$F = 1415 \text{ kg} * \left(-1,3892 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$F = 1965,59 \text{ N}$$

c. Carga de aceleración brusca.

Para el cálculo de carga de aceleración brusca, se emplea la velocidad inicial de la limusina igual a 0 km/h (0 m/s) debido a que el vehículo parte del reposo, velocidad final igual a 50 km/h (13,89 m/s), siendo esta velocidad la máxima que un vehículo puede circular dentro de la ciudad según la ANT, y desplazamiento que es la distancia recorrida durante 15 segundos, tiempo medido para que el vehículo logre llegar a una velocidad de 50 km/h partiendo del reposo.

$$Ab = M_t * a$$

Ecuación 6

Dónde:

Ab: Carga de acekeración brusca (N)

M_t : masa total (kg)

V_t : velocidad final de la limusina $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$

V_o : velocidad inicial de la limusina $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$

Δ_r : desplazamiento (m)

$$a = \frac{(V_f^2 - V_o^2)}{2\Delta r}$$

$$a = \left(\frac{(13,89)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} - (0)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 * 208,33 \text{ m}}\right)$$

$$a = 0,4630 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$Ab = M_t * a$$

$$Ab = 1415 \text{ kg} * \left(0,4630 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$Ab = 655,19 \text{ N}$$

d. Carga por resistencia al aire frontal.

Para del cálculo de carga por resistencia al aire frontal, se emplea el “coeficiente de resistencia al aire frontal igual a 0,38 tomado de pruebas realizadas”, (Randroide, 2006), “la densidad del aire en la ciudad de Latacunga igual a $1,1774 \text{ kg/m}^3$ ”, (Campaña, 2006), el área correspondiente a la proyección de la limusina en un plano perpendicular a su eje longitudinal igual a $1,8 \text{ m}^2$, valor obtenido de nuestro modelado en SolidWorks y el valor de la velocidad del aire especificado en la Norma NTE 1323.

$$Raf = \frac{C_x * \delta * Af * V^2}{2}$$

Ecuación 7

Dónde:

Raf: Carga por resistencia al aire frontal (N)

C_x : coeficiente de resistencia al aire frontal

δ : densidad del aire $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$

Af: área correspondiente a la proyección de la limusina en un plano perpendicular a su eje longitudinal (m^2)

V: velocidad del aire $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$; como mínimo el valor de 25 $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$

$$Raf = \frac{C_x * \delta * Af * V^2}{2}$$

$$Raf = \frac{(0,38) \left(1,1774 \frac{kg}{m^3}\right) (1,8 m^2) \left((25)^2 \left(\frac{m^2}{s^2}\right)\right)}{2}$$

$$Raf = 251,669 N$$

3.5.5 Combinaciones de cargas método LRFD

El método LRFD (Load Resistance Factor Design, “Carga y diseño de factor de resistencia”) nos permite realizar el cálculo de cargas factorizadas las cuales al ser combinadas simularan el comportamiento del diseño del vehículo en condiciones extremas de funcionamiento.

En la Tabla 15, se muestra las ocho combinaciones que la norma NTE INEN 1323 especifica según el método LRFD, por consiguiente utilizaremos la segunda y tercera combinación ya que generan los valores de mayor magnitud.

Recordemos cada una de las cargas utilizadas: carga muerta (M), carga viva (V), carga de frenado (F), carga de aceleración brusca (Ab) , carga de giro (G) y carga por resistencia al aire frontal (Raf).

Tabla 15
Combinación de cargas según método LRFD

#	COMBINACIÓN	MAGNITUD	UNIDADES
1	1,4M + V	17667,81	N
2	1,2M + 1,6V + 0,5G	36036,02	N
3	1,2M + 0,5V + 1,6G	69928,29	N
4	1,2M + 1,6F + 0,8Raf	14706,26298	N
5	1,2M + 0,5V + 0,5F + 1,3Raf	12669,94614	N
6	1,2M + 1,5Ab + 0,5V	14550,02612	N
7	0,9M - 1,3Raf	8192,814975	N
8	0,9M + 1,3Raf	8772,95425	N

3.6 Diseño asistido CAE

Utilizaremos la ingeniería asistida por computadora (CAE), para analizar el comportamiento de la estructura autoportante, empleando los valores de cargas y combinaciones de cargas anteriormente calculados para obtener valores de deformación total y unitaria, esfuerzo equivalente y factor de seguridad, para luego aplicar el método de elementos finitos y realizar el análisis de esfuerzos estructurales.

3.6.1 Mallado

El mallado de un componente es verificado a través de la métrica calidad de malla, “la opción Element Quality proporciona una calidad métrica del material que oscila entre 0 y 1, se basa en la relación entre el área y la suma de los cuadrados de las longitudes de borde multiplicados por un factor C para elementos en 2D, o la relación entre volumen y la raíz cubica de la suma de los cuadrados de las longitudes de borde multiplicados por un factor C para elementos en 3D. Un valor de 1 indica un cubo o cuadrado perfecto, mientras que un valor de 0 indica que el elemento tiene un volumen cero o negativo. Valores próximos o iguales a 1 serán cercanos al comportamiento real del componente analizado”. (ANSYS, 2013)

Para el mallado de la estructura autoportante de la limusina Volkswagen Escarabajo, se utilizó el método cuadrilátero dominante (quadrilateral dominant), “a esta combinación dentro del método mencionado se denomina barrido de sólidos finos, esta distribución o variación de geometría dentro del proceso de mallado es realizada automáticamente por ANSYS” (Mera, 2015). Para la limusina Volkswagen Escarabajo el mallado generó un total 27333 nodos y 26587 elementos con una calidad promedio de 0,8166 como se muestra en la figura 31.

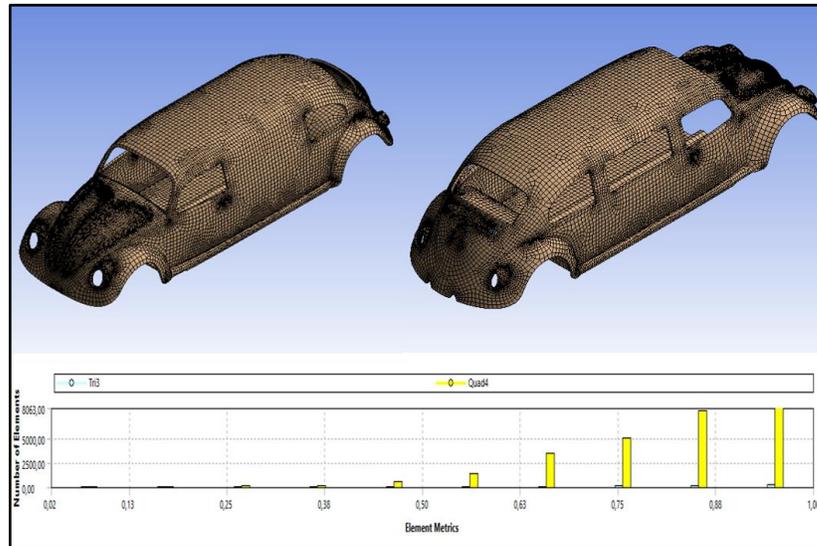


Figura 31 Mallado y calidad de malla de la limusina VW Escarabajo

3.6.2 Estudio de cargas

a. Carga de giro.

En la figura 32, podemos observar los puntos de sujeción que se encuentran representados con color violeta y los paneles en donde se aplica la carga de giro de color rojo, las cargas se generaran a partir de la fuerza centrífuga que se produce en el momento en que el vehículo ingresa a una curva con cierta velocidad y radio de giro determinado. La carga aplicada es de 35225,67 N, obtenida mediante la Ecuación 3.

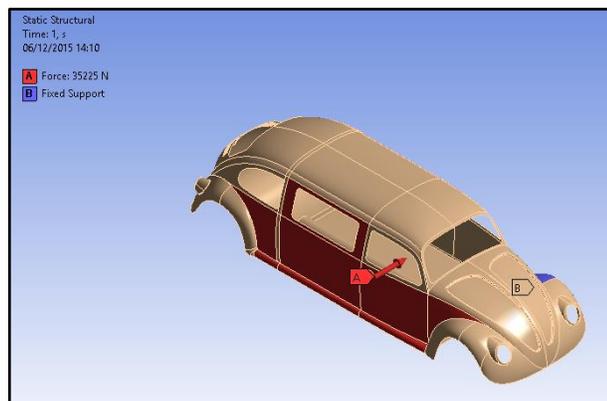


Figura 32 Aplicación de cargas para la carga de giro

a.1 Deformación total.

A través de la figura 33, se ilustra el resultado de deformación total obtenido en el análisis realizado en la carrocería al aplicar la carga de giro.

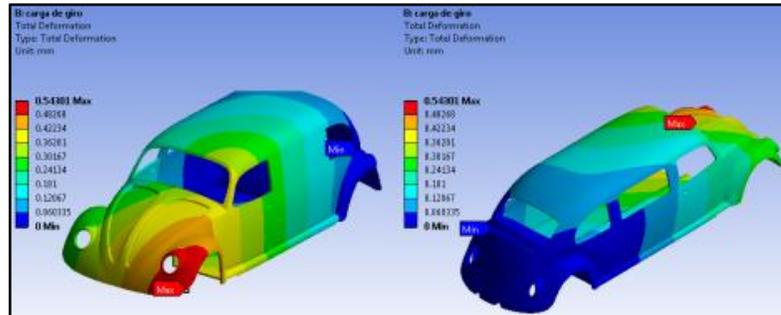


Figura 33 Ilustración deformación total de carga de giro

La deformación máxima obtenida es de 0,54 mm producida en la parte frontal de la carrocería, ilustrada con color rojo, parámetro indicativo que permite garantizar el funcionamiento de este componente que fue simulado en un escenario con condiciones extremas. Este resultado se encuentra dentro del límite de deformación máxima cuyo valor es 21,95833 mm, según la norma NTE INEN 1323, especificado en el ítem 5.1.4.

a.2 Deformación unitaria.

Por medio de figura 34, se ilustra el resultado de deformación unitaria total obtenido en el análisis realizado en la carrocería al aplicar la carga de giro.

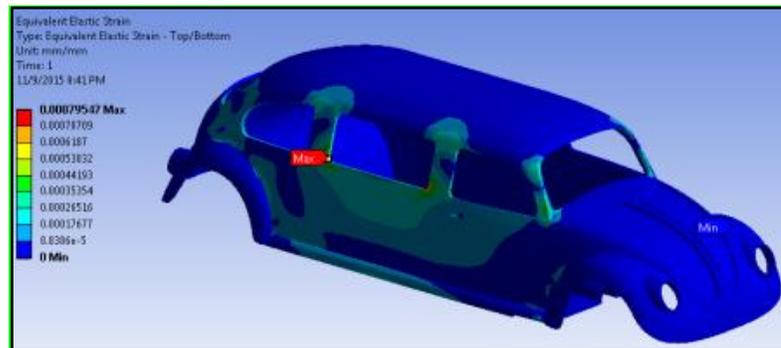


Figura 34 Ilustración deformación unitaria carga de giro

La deformación unitaria máxima obtenida es de 0,00079547 mm/mm producida en los parantes laterales de la carrocería, este valor está por debajo del valor permisible del material utilizado mismo que es 0,00125 mm/mm, parámetro que permite garantizar el funcionamiento de este elemento, que fue simulado en un escenario con condiciones extremas.

a.3 Esfuerzo equivalente.

A través de la figura 35, se ilustra el resultado del esfuerzo equivalente de Von Mises obtenido en el análisis realizado sobre la carrocería al aplicar la carga de giro.

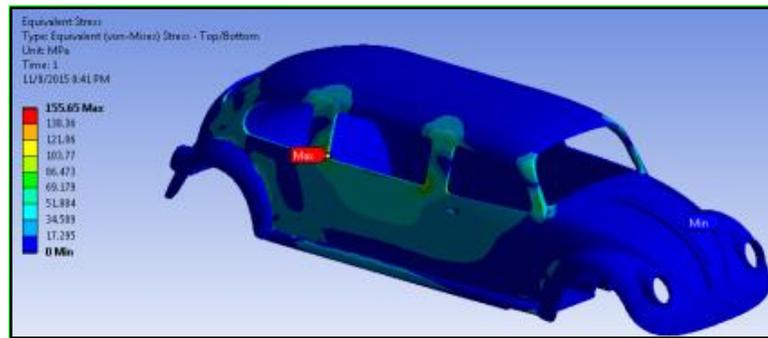


Figura 35 Ilustración esfuerzo equivalente carga de giro

El esfuerzo equivalente de Von Mises máximo obtenido es de 155,65 MPa, producido en el marco de la ventana de la puerta para los ocupantes, este valor está por debajo del límite de fluencia del material empleado cuyo valor es 250 MPa, lo que nos permite evaluar y establecer un funcionamiento adecuado a cargas extremas a las cuales fue analizado este componente.

a.4 Factor de seguridad.

En la figura 36, se ilustra el resultado del factor de seguridad obtenido en el análisis realizado en la carrocería al aplicar la carga de giro.

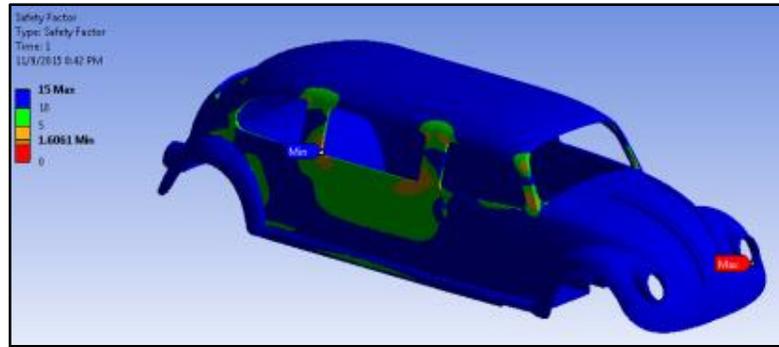


Figura 36 Ilustración de factor de seguridad carga de giro.

El factor de seguridad obtenido después de analizar la carrocería bajo cargas extremas de funcionamiento es de 1,6061, valor que se encuentra dentro del intervalo de 1,25 a 2, (Mott) (2006), manifiesta: “el diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño” (p.185).

b. Carga de frenado.

En la figura 37, se detalla los puntos de sujeción de color violeta y los paneles en donde se aplica las fuerzas por carga de frenado de color rojo, las cuales se producen en el momento en que el vehículo es sometido a una aceleración negativa (sentido contrario al movimiento), debido a la inercia que tiene el vehículo. La carga aplicada es de 1966 N, obtenida mediante la Ecuación 4.

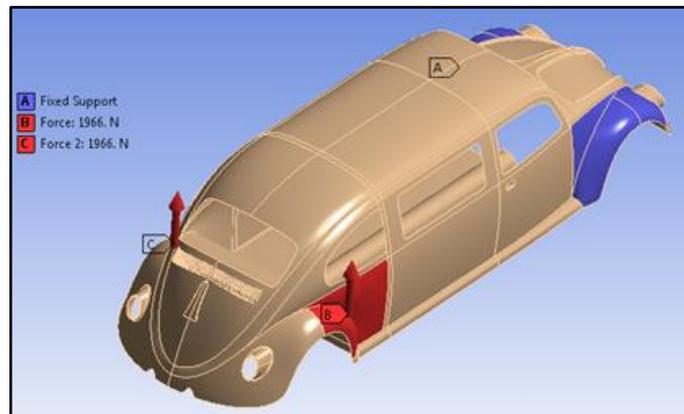


Figura 37 Aplicación de cargas de frenado

b.1 Deformación total.

A través de la figura 38, se representa el resultado de deformación total obtenido en el análisis realizado en la carrocería al aplicar la carga de frenado.

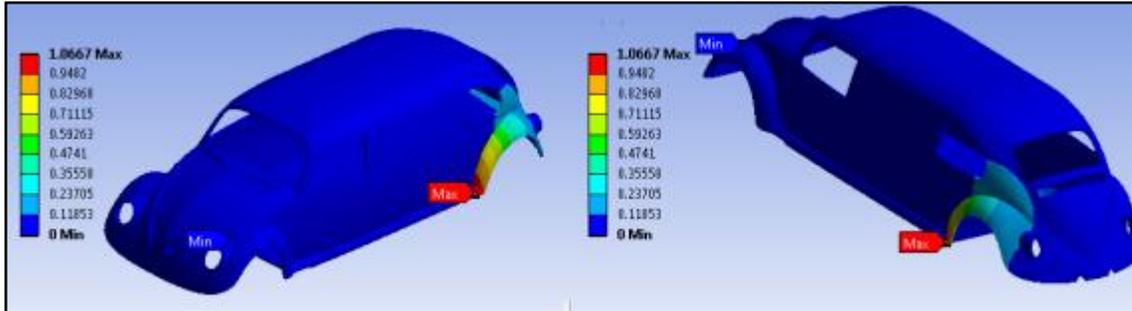


Figura 38 Ilustración deformación total carga de frenado

La deformación máxima obtenida es de 1,066 mm, producida en la parte posterior de la carrocería, en la zona de los faldones, parámetro indicativo que permite garantizar el funcionamiento de este componente que fue simulado en un escenario con condiciones extremas. Este resultado se encuentra dentro del límite de deformación máxima cuyo valor es 21,95833 mm, según la norma NTE INEN 1323, especificado en el ítem 5.1.4.

b.2 Deformación unitaria.

A través de la figura 39, se ilustra el resultado de deformación unitaria total obtenido a través del análisis realizado en la carrocería al aplicar la carga de frenado.

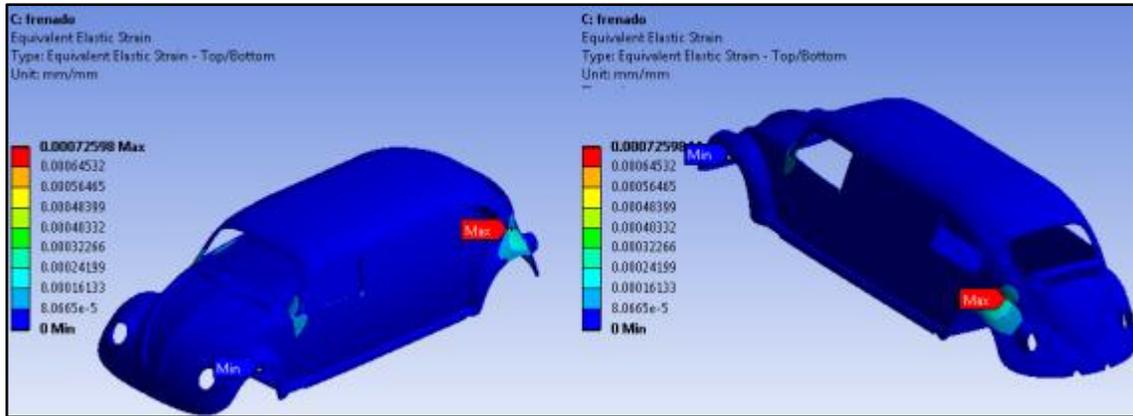


Figura 39 Ilustración deformación unitaria carga de frenado

La deformación unitaria máxima obtenida es de 0,00072598 mm/mm, producida en los parantes laterales de la carrocería, este valor está por debajo del valor permisible del material utilizado mismo que es 0,00125 mm/mm, parámetro que permite garantizar el funcionamiento de este componente que fue simulado en un escenario con condiciones extremas.

b.3 Esfuerzo equivalente.

A través de la figura 40, se presenta el resultado del esfuerzo equivalente de Von Mises obtenido en el análisis realizado en la carrocería al aplicar la carga de frenado.

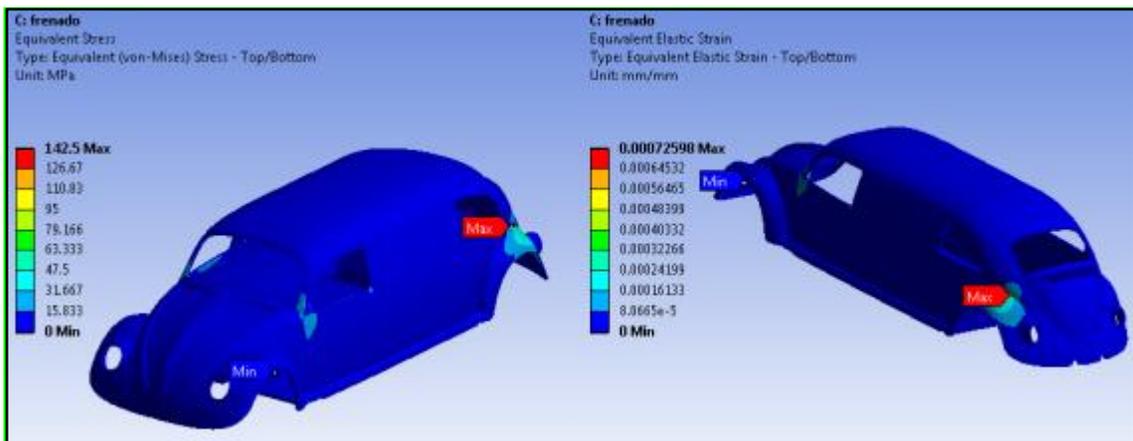


Figura 40 Ilustración esfuerzo equivalente carga de frenado

El esfuerzo equivalente de Von Mises máximo obtenido es de 142,5 MPa, producido en los parantes laterales y faldones posteriores de la carrocería, este valor está por debajo del límite de fluencia del material empleado cuyo valor es 250 MPa, por lo que nos permite evaluar y establecer un funcionamiento adecuado a cargas extremas a las cuales fue analizado este componente.

b.4 Factor de seguridad.

A través de la figura 41, se ilustra el resultado del factor de seguridad obtenido en el análisis realizado en la carrocería al aplicar la carga de frenado.

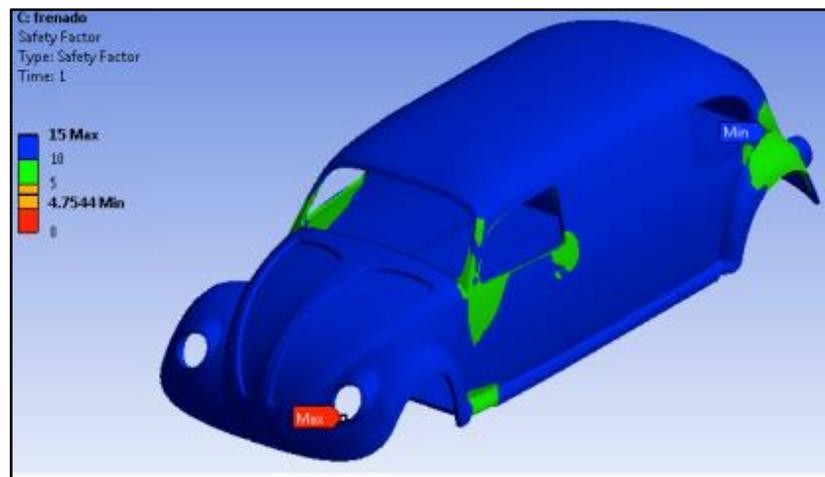


Figura 41 Ilustración de factor de seguridad carga de frenado

El factor de seguridad obtenido después de analizar la carrocería bajo cargas extremas de funcionamiento es de 4,7544, valor que se encuentra dentro del intervalo de 4 o más, (Mott) (2006), afirma que: “el diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis del esfuerzo o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores” (p.185).

c. Carga de aceleración brusca.

En la figura 42, podemos observar los puntos de sujeción de color violeta y los paneles en donde se aplica las fuerzas por aceleración brusca de color rojo, estas fuerzas se producen en el momento en que el vehículo es sometido a una aceleración positiva (igual dirección que el movimiento), debido a la inercia del vehículo. La carga aplicada es de 655 N, obtenida mediante la Ecuación 6.

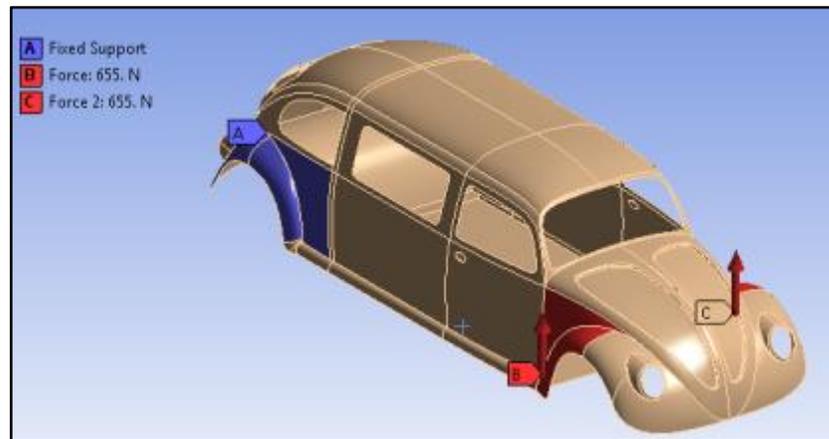


Figura 42 Aplicación de cargas para aceleración brusca

c.1 Deformación total.

A través de la figura 43, se ilustra el resultado de la deformación total, obtenido en el análisis realizado en la carrocería al aplicar la carga de aceleración brusca.

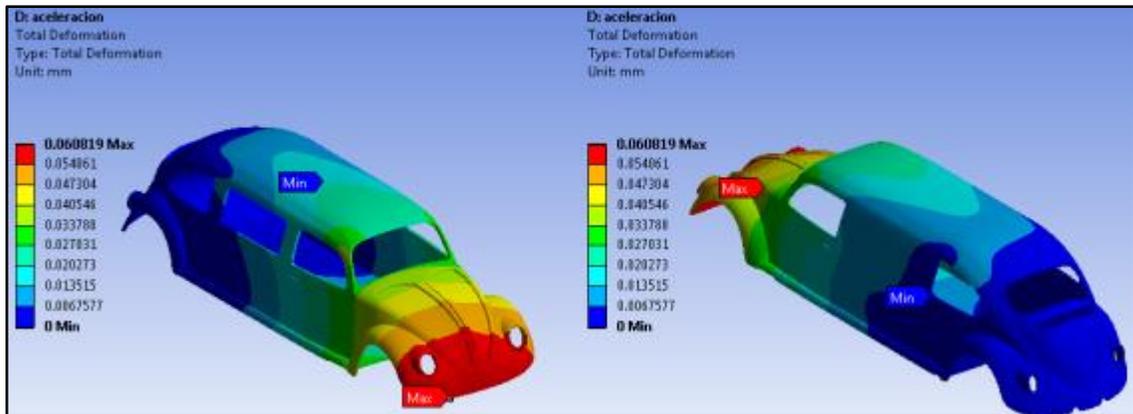


Figura 43 Ilustración deformación total carga de aceleración brusca

La deformación máxima obtenida es de 0,060819 mm, producida en la parte frontal de la carrocería, en la zona inferior del capó. Este resultado se encuentra dentro del límite de deformación máxima cuyo valor es 21,95833 mm, según la norma NTE INEN 1323, especificado en el ítem 5.1.4.

c.2 Deformación unitaria.

A través de la figura 44, se ilustra el resultado de deformación unitaria total obtenido en el análisis realizado en la carrocería al aplicar la carga de aceleración brusca.

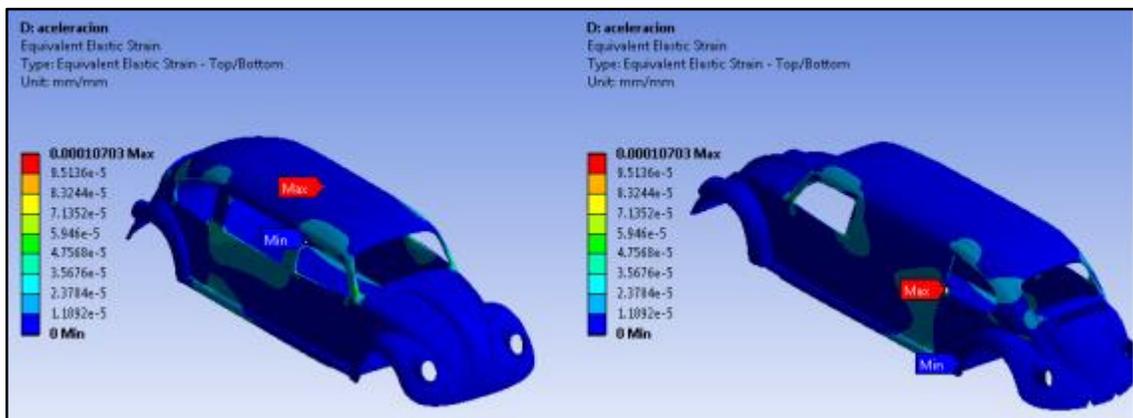


Figura 44 Ilustración de deformación unitaria carga de aceleración brusca

La deformación unitaria máxima obtenida es de 0,00010703 mm/mm, producida en la zona del alargue de la carrocería, en la parte inferior al marco de las ventanas, este valor está por debajo del valor permisible del material utilizado cuyo valor es 0,00125 mm/mm, parámetro que permite garantizar el funcionamiento de este componente que fue simulado en un escenario con condiciones extremas.

c.3 Esfuerzo equivalente.

A través de la figura 45, se ilustra el resultado del esfuerzo equivalente de Von Mises obtenido en el análisis realizado en la carrocería al aplicar la carga de aceleración brusca.

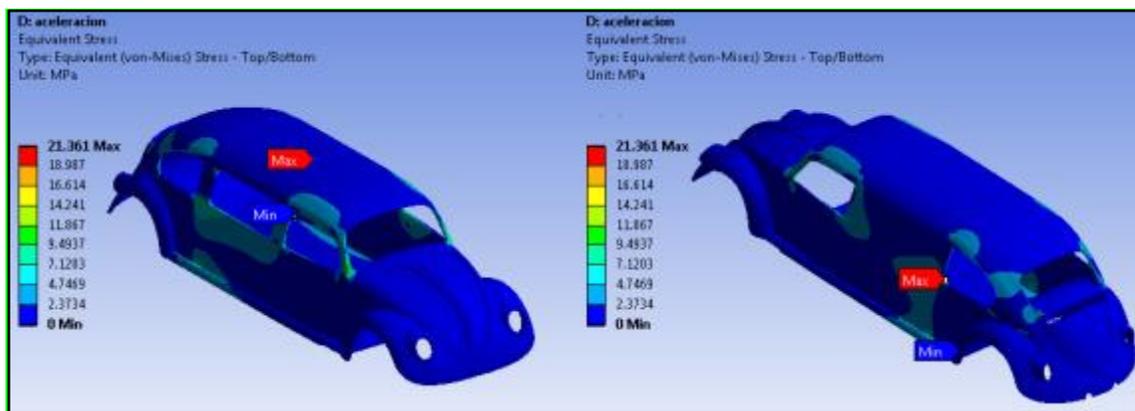


Figura 45 Ilustración de esfuerzo equivalente carga de aceleración brusca

El esfuerzo equivalente de Von Mises máximo obtenido es de 21,361 MPa, en la zona de alargue de la carrocería, en la parte inferior al marco de las ventanas, este valor está por debajo del límite de fluencia del material empleado cuyo valor es 250 MPa, por lo que nos permite evaluar y establecer un funcionamiento adecuado a cargas extremas a las cuales fue analizado este componente.

c.4 Factor de seguridad.

A través de la figura 46, se ilustra el resultado del factor de seguridad obtenido en el análisis realizado en la carrocería al aplicar la carga de frenado.

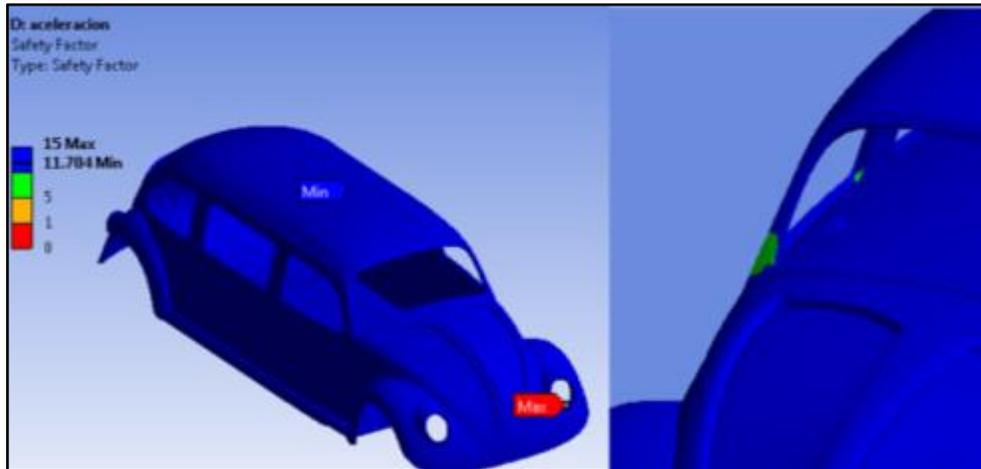


Figura 46 Ilustración de factor de seguridad carga de aceleración brusca

El factor de seguridad obtenido después de analizar la carrocería bajo cargas extremas de funcionamiento es de 11,704, valor que se encuentra dentro del intervalo de 4 o más, (Mott) (2006), afirma que: “el diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis del esfuerzo o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores” (p.185).

d. Carga por resistencia al aire.

En la figura 47, podemos observar los puntos de sujeción de color violeta y los paneles en donde se aplica las fuerzas por resistencia al aire de color rojo. La carga aplicada es de 251,67 N, obtenida mediante la Ecuación 7.

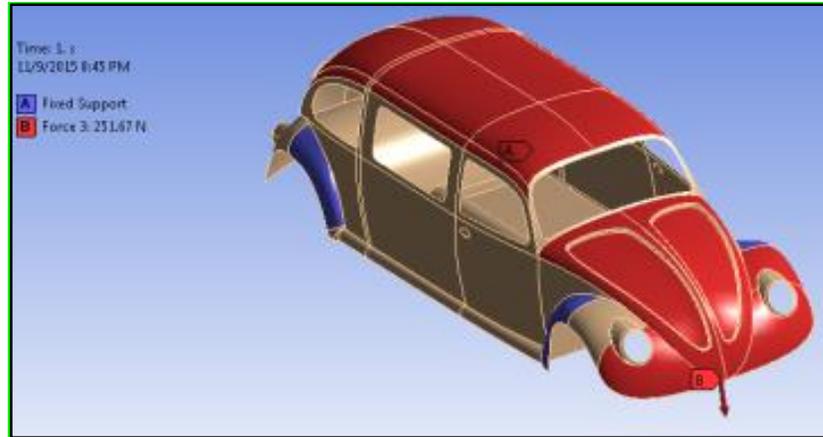


Figura 47 Aplicación de cargas para carga por resistencia al aire

d.1 Deformación total.

A través de la figura 48, se ilustra el resultado de la deformación total obtenido en el análisis realizado en la carrocería al aplicar la carga por resistencia al aire.

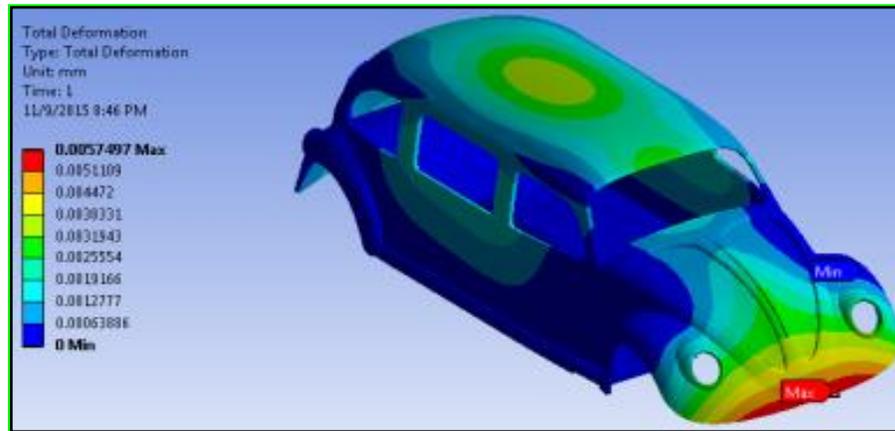


Figura 48 Ilustración de deformación total carga por resistencia al aire

La deformación máxima obtenida es de 0,0057497 mm, producida en la parte frontal de la carrocería, en la zona inferior del capó, parámetro indicativo que permite garantizar el funcionamiento de la estructura. Este resultado se encuentra dentro del límite de deformación máxima cuyo valor es 21,95833 mm según la norma NTE INEN 1323, especificado en el ítem 5.1.4.

d.2 Deformación unitaria.

A través de la figura 49, se ilustra el resultado de deformación unitaria total obtenido en el análisis realizado sobre la carrocería al aplicar la carga por resistencia al aire.

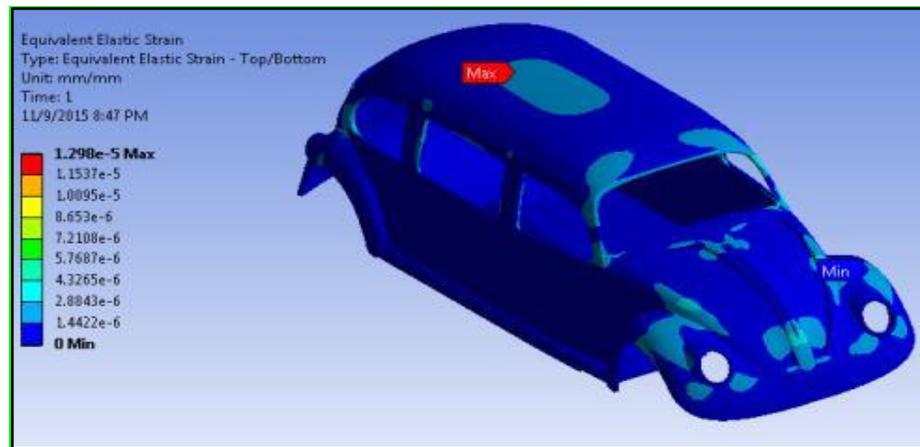


Figura 49 Ilustración de deformación unitaria carga por resistencia al aire

La deformación unitaria máxima obtenida es de 0,00001298 mm/mm, producida en la zona central del techo, este valor está por debajo del valor permisible del material utilizado cuyo valor es 0,00125 mm/mm, parámetro que permite garantizar el funcionamiento de este componente que fue simulado en un escenario con condiciones extremas.

d.3 Esfuerzo equivalente.

A través de la figura 50, se ilustra el resultado del esfuerzo equivalente de Von Mises obtenido en el análisis realizado en la carrocería al aplicar la carga por resistencia al aire.

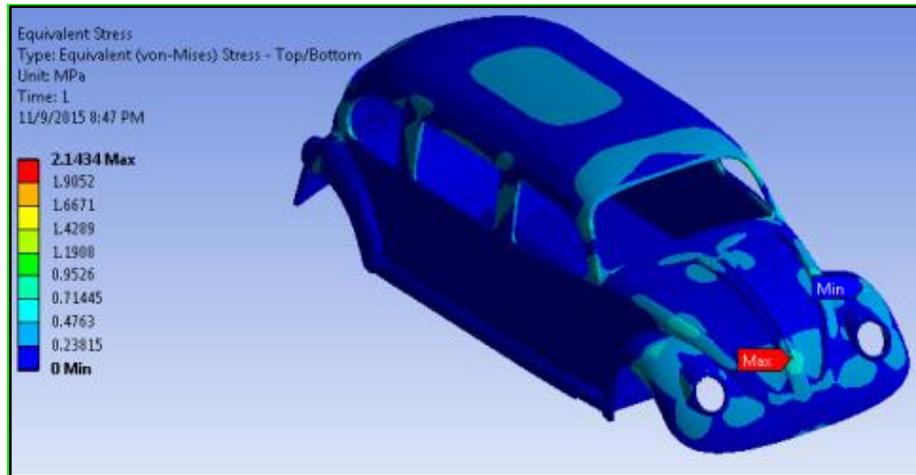


Figura 50 Ilustraron del esfuerzo equivalente carga por resistencia al aire

El esfuerzo equivalente de Von Mises máximo obtenido es de 2,1434 MPa, en la zona inferior del capó, este valor está por debajo del límite de fluencia del material empleado cuyo valor es 250 MPa, por lo que nos permite evaluar y establecer un funcionamiento adecuado a cargas extremas a las cuales fue analizado este componente.

d.4 Factor de seguridad.

A través de la figura 51, se ilustra el resultado del factor de seguridad obtenido en el análisis realizado en la carrocería al aplicar la carga por resistencia al aire.

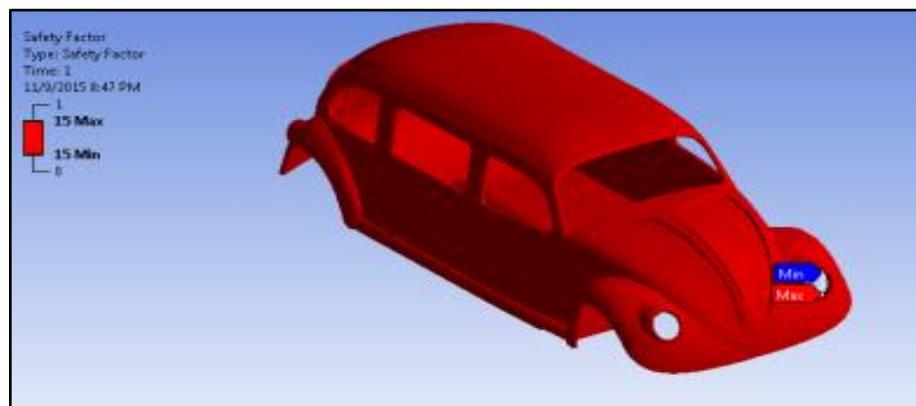


Figura 51 Ilustración de factor de seguridad carga por resistencia al aire

El factor de seguridad obtenido al analizar la carrocería bajo cargas por resistencia al aire es de 15, valor que se encuentra dentro del intervalo de 4 o más, (Mott) (2006), afirma que: “el diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis del esfuerzo o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores” (p.185).

3.6.3 Análisis de combinación de cargas

Por medio de las combinaciones de cargas según el método LRFD, representadas en la tabla 15, se quiere realizar un análisis de las combinaciones que generan los valores más altos dentro de los cálculos establecidos, de manera que se va a estudiar cada una de ellas.

Los datos que nos representa dicha ecuación, es la multiplicación de los valores que se han obtenido al calcular las cargas estáticas.

a. Combinación # 2.

$$1,2 M + 1,6 V + 0,5 G$$

Ecuación 8

Dónde:

M: Carga Muerta (N)

V: Carga Viva (N)

G: Carga de Giro (N)

$$C_2 = 1,2 M + 1,6 V + 0,5 G$$

$$C_2 = 1,2(9466,65)(N) + 1,6(4414,5)(N) + 0,5(35225,67)(N)$$

$$C_2 = 36036,01 (N)$$

a.1 Aplicación de fuerzas.

Para la aplicación de esta combinación, se realiza una sumatoria entre la carga viva y carga muerta, debido a que se aplican las fuerzas en el mismo plano. En la figura 52, se detalla los puntos de sujeción que se muestran de color violeta y los paneles en los cuales se aplican las diferentes cargas se muestran con color rojo.

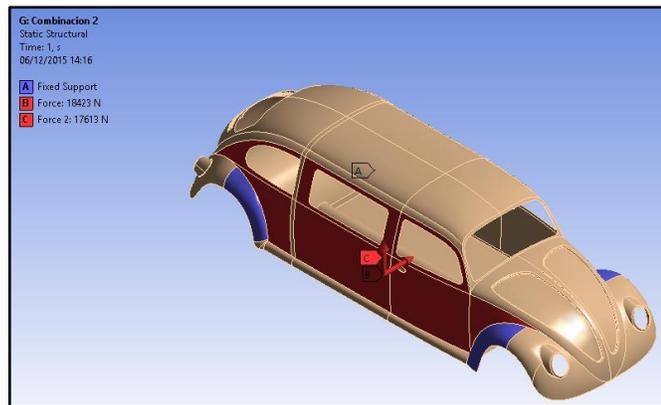


Figura 52 Aplicación de fuerzas para combinación LRFD #2

a.2 Deformación total.

A través de la figura 53, se indica el resultado de la deformación total obtenido en el análisis realizado sobre la carrocería al aplicar los valores de la combinación # 2 según el método LRFD.

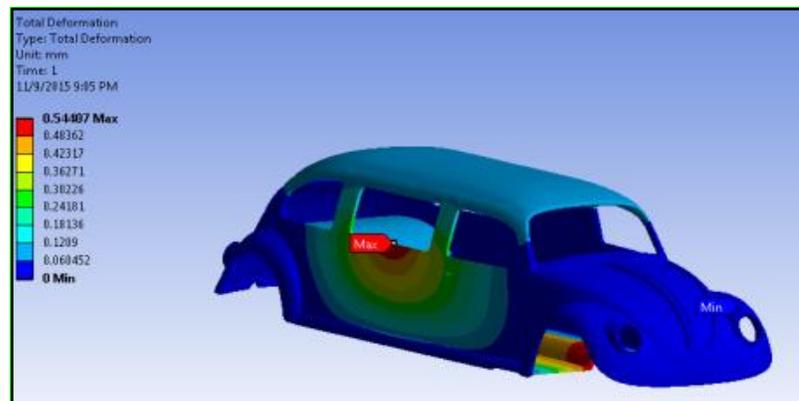


Figura 53 Ilustración deformación total de carrocería LRFD #2

La deformación máxima obtenida es de 0,54407 mm, producida en la parte inferior del marco de la puerta de los ocupantes, parámetro indicativo que permite garantizar el diseño realizado y la utilización de materiales. Este resultado se encuentra dentro del límite de deformación máxima cuyo valor es 21,95833 mm, según la norma NTE INEN 1323, especificado en el ítem 5.1.4.

a.3 Deformación unitaria.

A través de la figura 54, se indica el resultado de la deformación unitaria total obtenido en el análisis realizado sobre la carrocería al aplicar los valores de la combinación # 2 según el método LRFD.

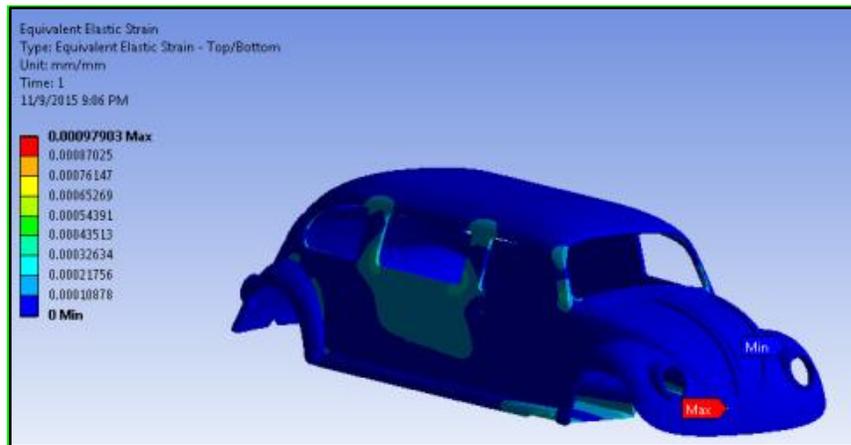


Figura 54 Ilustración deformación unitaria de carrocería LRFD #2

La deformación unitaria máxima obtenida es de 0,00097903 mm/mm, producida en la parte inferior del capó, este valor se encuentra por debajo del valor permisible del material utilizado cuyo valor es 0,00125 mm/mm, parámetro que permite garantizar el funcionamiento de este componente que fue simulado en un escenario con condiciones extremas.

a.4 Esfuerzo equivalente.

A través de la figura 55, se indica el resultado del esfuerzo equivalente de Von Mises obtenido en el análisis realizado sobre la carrocería al aplicar los valores de la combinación # 2 según el método LRFD.

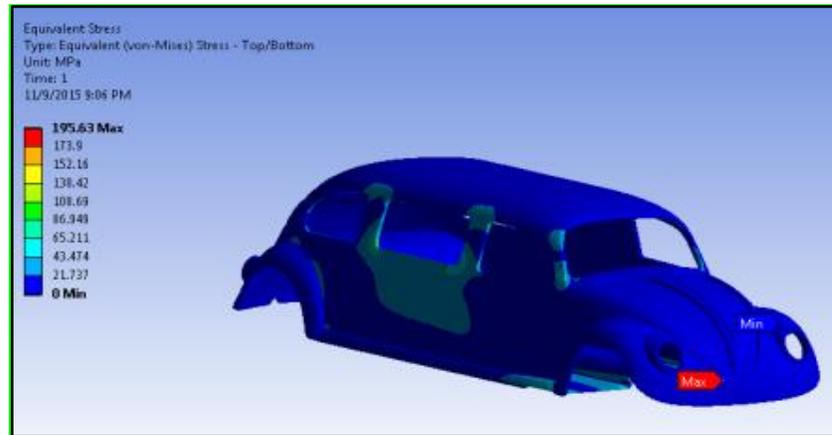


Figura 55 Ilustración esfuerzo equivalente de carrocería LRFD #2

El esfuerzo equivalente de Von Mises máximo obtenido es de 195,63 MPa, concentrado en la zona inferior del capó, este valor se encuentra por debajo del límite de fluencia del material empleado cuyo valor es 250 MPa, por lo que nos permite evaluar y establecer un funcionamiento adecuado de la carrocería a cargas extremas.

a.5 Factor de seguridad.

A través de la figura 56, se indica el resultado del factor de seguridad obtenido en el análisis realizado sobre la carrocería al aplicar los valores de la combinación # 2 según el método LRFD.

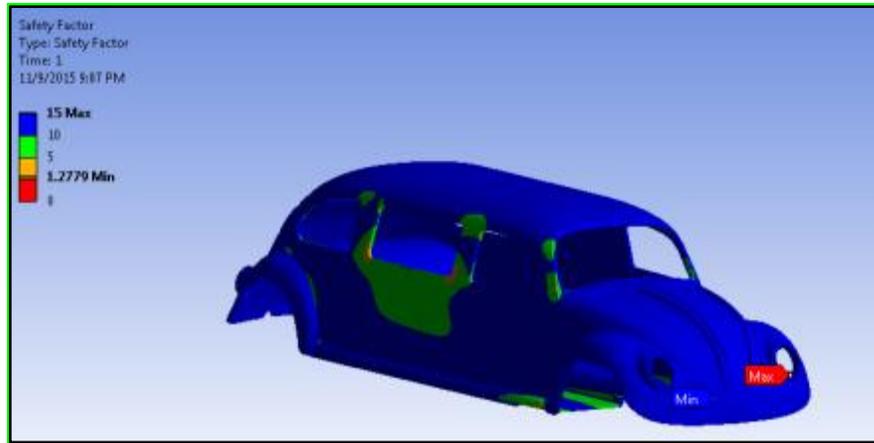


Figura 56 Ilustración factor de seguridad de carrocería LRFD #2

El factor de seguridad obtenido después de analizar la carrocería bajo cargas por resistencia al aire es de 1,2779, valor que se encuentra dentro del intervalo de 1,25 a 2, (Mott) (2006), manifiesta: “el diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño” (p.185).

b. Combinación # 3.

$$1,2 M + 0,5 V + 1,6 G$$

Ecuación 9

Dónde:

M: Carga Muerta (N)

V: Carga Viva (N)

G: Carga de Giro (N)

$$C_3 = 1,2 M + 0,5 V + 1,6 G$$

$$C_3 = 1,2(9466,65)(N) + 0,5(4414,5)(N) + 1,6(35225,67)(N)$$

$$C_3 = 69928,3(N)$$

b.1 Aplicación de fuerzas.

Para la aplicación de esta combinación, se realiza una sumatoria entre la carga viva y carga muerta, debido a que se aplican las fuerzas en el mismo plano. En la figura 57, se detalla los puntos de sujeción que se muestran de color violeta y los paneles en los cuales se aplican las diferentes cargas se muestran con color rojo.

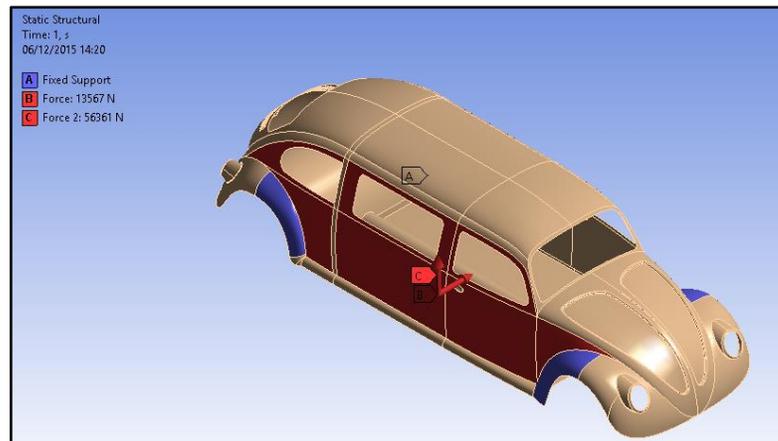


Figura 57 Aplicación de fuerzas para combinación LRFD #3

b.2 Deformación total.

A través de la figura 58, se indica el resultado de la deformación total obtenido en el análisis realizado sobre la carrocería al aplicar los valores de la combinación # 3 según el método LRFD.

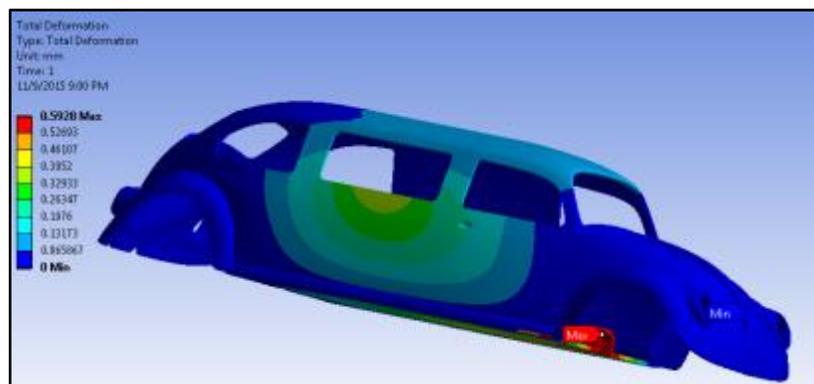


Figura 58 Ilustración deformación total de carrocería LRFD #3

La deformación máxima obtenida es de 0,5928 mm, producida en el extremo delantero del piso, parámetro indicativo que permite garantizar el diseño realizado y la utilización de materiales. Este resultado se encuentra dentro del límite de deformación máxima cuyo valor es 21,95833 mm, según la norma NTE INEN 1323, especificado en el ítem 5.1.4.

b.3 Deformación unitaria.

A través de la figura 59, se indica el resultado de la deformación unitaria total obtenido en el análisis realizado sobre la carrocería al aplicar los valores de la combinación # 3 según el método LRFD.

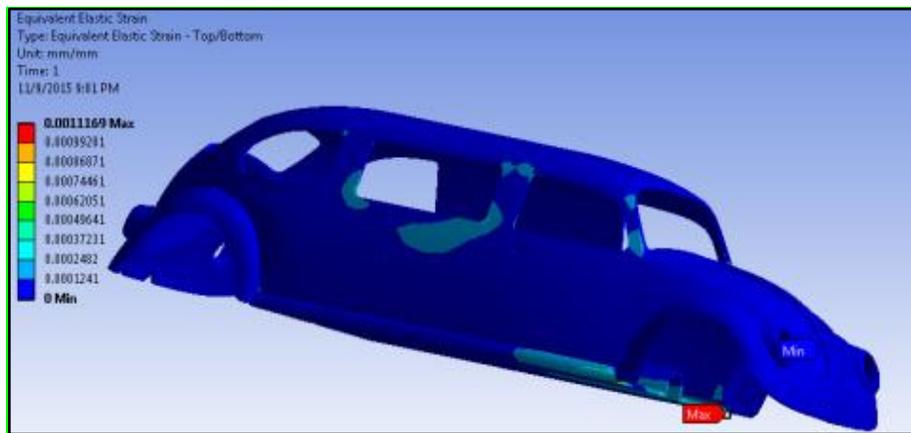


Figura 59 Ilustración deformación unitaria de carrocería LRFD #3

La deformación unitaria máxima obtenida es de 0,0011169 mm/mm, producida en el extremo delantero del piso, este valor está por debajo del valor permisible del material utilizado cuyo valor es 0,00125 mm/mm, parámetro que permite garantizar el funcionamiento de este componente que fue simulado en un escenario con condiciones extremas.

b.4 Esfuerzo equivalente.

A través de la figura 60, se indica el resultado del esfuerzo equivalente de Von Mises obtenido en el análisis realizado sobre la carrocería al aplicar los valores de la combinación # 3 según el método LRFD.

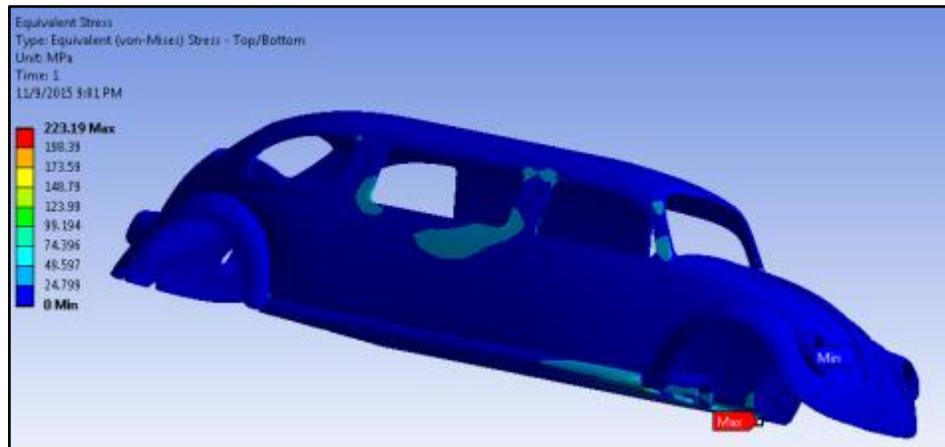


Figura 60 Ilustración esfuerzo equivalente de carrocería LRFD #3

El esfuerzo equivalente de Von Mises máximo obtenido es de 223,19 MPa, concentrado en el extremo delantero del piso, este valor está por debajo del límite de fluencia del material empleado cuyo valor es 250 MPa, por lo que nos permite evaluar y establecer un funcionamiento adecuado de la carrocería a cargas extremas.

b.5 Factor de seguridad.

A través de la figura 61, se indica el resultado del factor de seguridad obtenido en el análisis realizado sobre la carrocería al aplicar los valores de la combinación # 3 según el método LRFD.

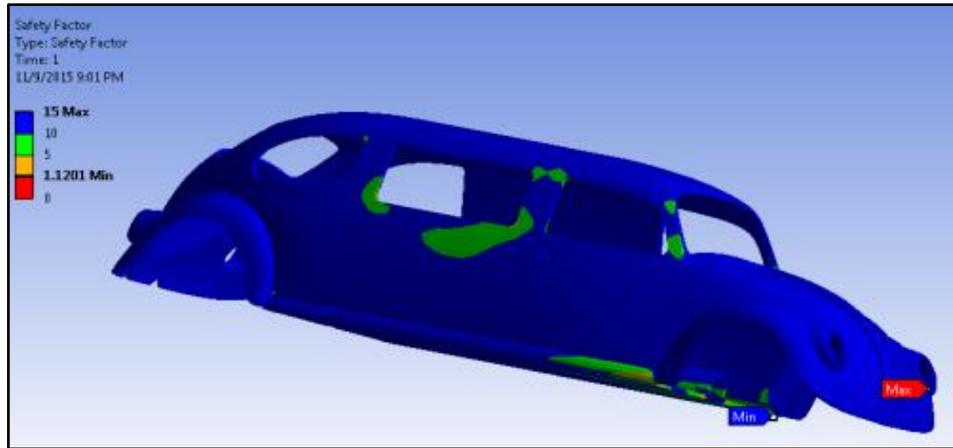


Figura 61 Ilustración factor de seguridad de carrocería LRFD #3

El factor de seguridad obtenido después de analizar la carrocería bajo cargas por resistencia al aire es de 1,1201, según (Thk) (2006), en su apartado de Guías sobre el comportamiento de máquinas y herramientas afirma que: “el valor del factor de seguridad de una máquina sin vibración ni impacto se encuentra dentro del intervalo de 1,0 a 4” (p.A-61).

3.6.4 Comparación entre las combinaciones estudiadas

La tabla 16, muestra los resultados obtenidos después de analizar las dos combinaciones seleccionadas del método LRFD.

Tabla 16
Comparación combinaciones método LRFD

	Carga total (N)	Def. total (mm)	Def. unitaria	Esfuerzo Von Mises (MPa)	Factor de seguridad
Combinación #2	36036,01	0,54	0,00097	195,63	1,277
Combinación #3	69928,29	0,59	0,00111	223	1,12

Como resultado de las combinaciones podemos observar que el valor del factor de seguridad obtenido en la combinación # 3 es de 1,12, siendo este

valor el más crítico entre las dos combinaciones pero aun así se encuentra dentro del intervalo de 1,0 a 4 según el catálogo general de la Guía LM permitiendo confiar en el diseño propuesto.

3.6.5 Impacto frontal

Para el impacto frontal se toma como referencia el peso en vacío de la limusina, correspondiente al valor indicado en la tabla 13, el valor utilizado para la velocidad inicial es de 64 km/h (17,78 m/s), se considera como velocidad final luego del choque al valor de 29 km/h (8,233 m/s), mismos que se encuentran especificados por la norma europea EN 1317, aplicada por el programa de seguridad para automóviles EuroNCAP. El intervalo de tiempo aplicado para el análisis es de 0,1 segundos.

Mediante un artículo científico, (Iza, 2013) afirma que: “se va a realizar los cálculos para determinar el impulso mecánico al producirse un choque o impacto frontal, tomando como datos parte del ensayo realizado por los estudiantes del Equipo FESPE 2012”, de donde se tomaron en cuenta las fórmulas para la determinación del impulso mecánico generado.

Dónde:

V_1 : velocidad inicial $\left(\frac{m}{s}\right)$

m : peso en vacío de limusina (kg)

$$P_i = m \cdot v_1$$

Ecuación 10

$$P_i = m \cdot v_1$$

$$P_i = 965 \text{ kg} * \left(-17.78 \frac{m}{s}\right)$$

$$P_i = - 17157,7 \text{ Ns}$$

Dónde:

V_2 : velocidad inicial $\left(\frac{m}{s}\right)$

m : peso en vacío de limusina (kg)

$$P_f = m \cdot v_2$$

Ecuación 11

$$P_f = m \cdot v_2$$

$$P_f = 965 \text{ kg} * \left(8,233 \frac{m}{s}\right)$$

$$P_f = 7944,845 \text{ Ns}$$

Dónde:

P_i : momento inicial de impacto (Ns)

P_f : momento final de impacto (Ns)

Δt : variación del tiempo (s)

F_{imp} : impacto frontal (N)

$$F_{imp} = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

Ecuación 12

$$F_{imp} = \frac{P_f - P_i}{\Delta t}$$

$$F_{imp} = \frac{7944,845 \text{ Ns} - (-17157,7 \text{ Ns})}{0,1 \text{ s}}$$

$$F_{imp} = 251\,018 \text{ N}$$

a. Aplicación de fuerzas.

En la figura 62, se indica la zona del capó y guardafangos delanteros en la cual se va a aplicar la fuerza para la determinación del impacto frontal que viene representada de color rojo, los puntos de sujeción se lo hace en los paneles

posteriores que vienen representados de color violeta, a partir de estas restricciones se realiza el cálculo deseado sobre la carrocería de la limusina.

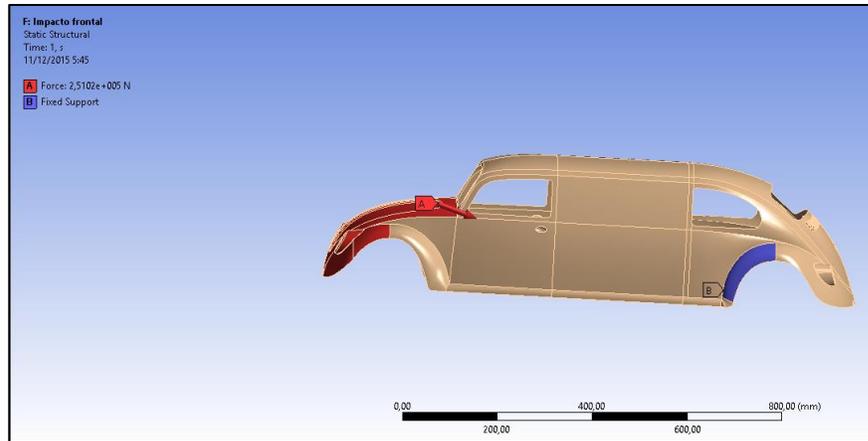


Figura 62 Determinación de paneles para el impacto frontal

a.1 Deformación total.

A través de la figura 63, se indica el resultado de la deformación total obtenido en el análisis de impacto frontal.

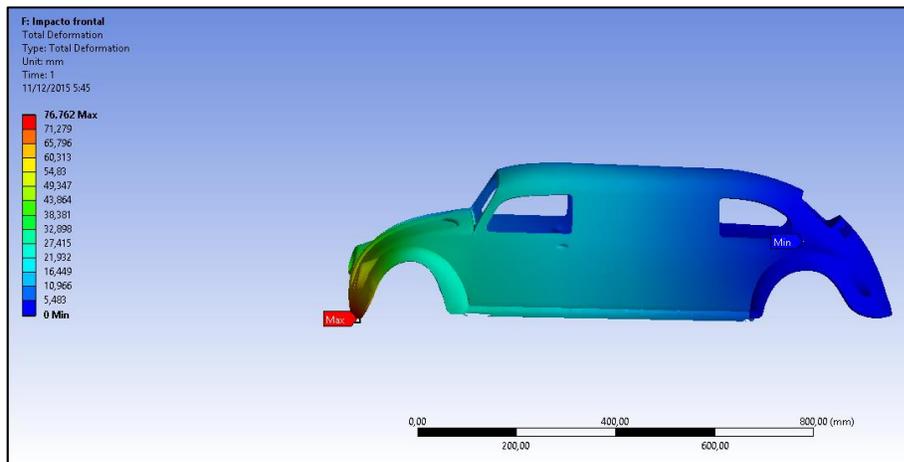


Figura 63 Ilustración deformación total de carrocería en impacto frontal

La deformación máxima obtenida es de 76,762 mm, producida en la parte inferior del capó, la deformación producida no afecta la integridad del habitáculo

del vehículo, parámetro indicativo que permite garantizar la seguridad de los ocupantes.

a.2 Deformación unitaria.

A través de la figura 64, se indica el resultado de la deformación unitaria total obtenido en el análisis de impacto frontal realizado sobre la carrocería.

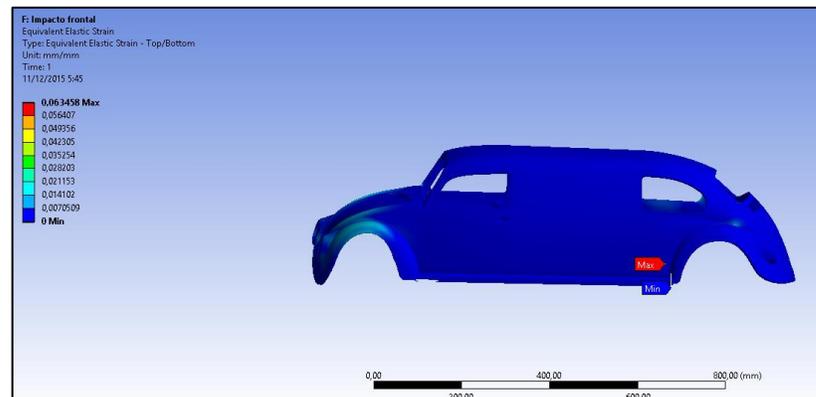


Figura 64 Ilustración deformación unitaria de carrocería en impacto frontal

La deformación unitaria máxima obtenida es 0,063458 de mm/mm, producida en el guardafango delantero izquierdo, este valor está sobrepasando el valor permisible del material utilizado cuyo valor es 0,00125 mm/mm, parámetro que permite considerar la opción de reforzar el diseño en esta sección o utilizar otro tipo de material.

3.6.6 Impacto lateral

Para el impacto lateral se toma como referencia una masa de 1500 kg, del vehículo que va a impactar a la limusina en su costado derecho, utilizando valores para la velocidad inicial de 64 km/h (17,78 m/s) y se considera como velocidad final luego del choque al valor de 29 km/h (8,233 m/s), mismos que se encuentran especificados por la norma europea EN 1317, aplicada por el

programa de seguridad para automóviles EuroNCAP. El intervalo de tiempo aplicado para el análisis es de 0,1 segundos.

Dónde:

V_1 : velocidad inicial $\left(\frac{m}{s}\right)$

m : masa de vehículo que va a impactar (kg)

$$P_i = m \cdot v_1$$

Ecuación 13

$$P_i = m \cdot v_1$$

$$P_i = 1500 \text{ kg} * \left(-17.79 \frac{m}{s}\right)$$

$$P_i = - 26685 \text{ Ns}$$

Dónde:

V_2 : velocidad inicial $\left(\frac{m}{s}\right)$

m : masa de vehículo que va a impactar (kg)

$$P_f = m \cdot v_2$$

Ecuación 14

$$P_f = m \cdot v_2$$

$$P_f = 1500 \text{ kg} * \left(8.233 \frac{m}{s}\right)$$

$$P_f = 12349.5 \text{ Ns}$$

Dónde:

P_i : momento inicial de impacto (Ns)

P_f : momento final de impacto (Ns)

Δt : variación del tiempo (s)

F_{iml} : impacto lateral (N)

$$F_{iml} = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

Ecuación 15

$$F_{iml} = \frac{P_f - P_i}{\Delta t}$$

$$F_{iml} = \frac{12349.5 \text{ Ns} - (-26685 \text{ Ns})}{0,1 \text{ s}}$$

$$F_{iml} = 390\,345 \text{ N}$$

b. Aplicación de fuerzas.

En la figura 65, se indica la zona lateral izquierda en la cual se va a aplicar la fuerza para la determinación del impacto lateral que viene representada de color rojo, los puntos de sujeción se lo hace en los guardafangos del lado derecho del vehículo que vienen representados de color violeta, a partir de estas restricciones se realiza el cálculo deseado sobre la carrocería de la limusina.

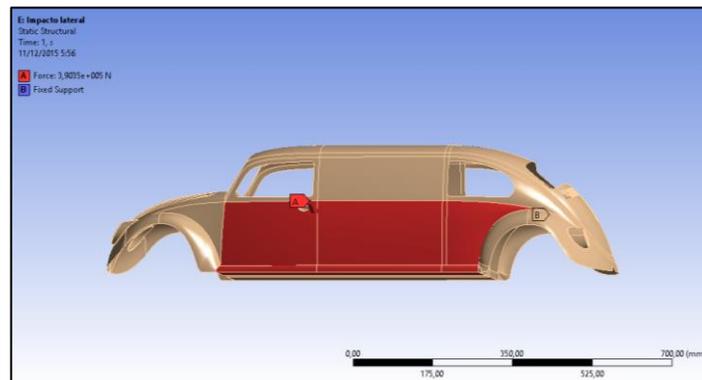


Figura 65 Determinación de la zona para el impacto lateral

b.1 Deformación total.

A través de la figura 66, se indica el resultado de la deformación total obtenido en el análisis de impacto lateral.

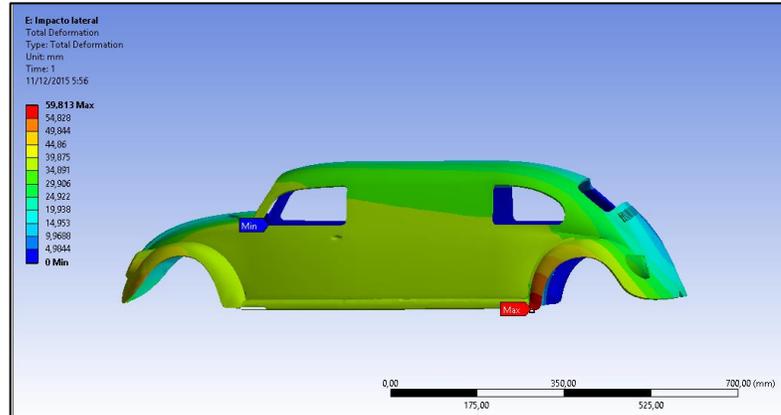


Figura 66 Ilustración deformación total de carrocería en impacto lateral

La deformación máxima obtenida es de 59,813 mm, producida en la parte inferior del guardafango posterior izquierdo, la deformación producida no afecta la integridad del habitáculo .

b.2 Deformación unitaria.

A través de la figura 67, se indica el resultado de la deformación unitaria total obtenido en el análisis de impacto lateral realizado sobre la carrocería.

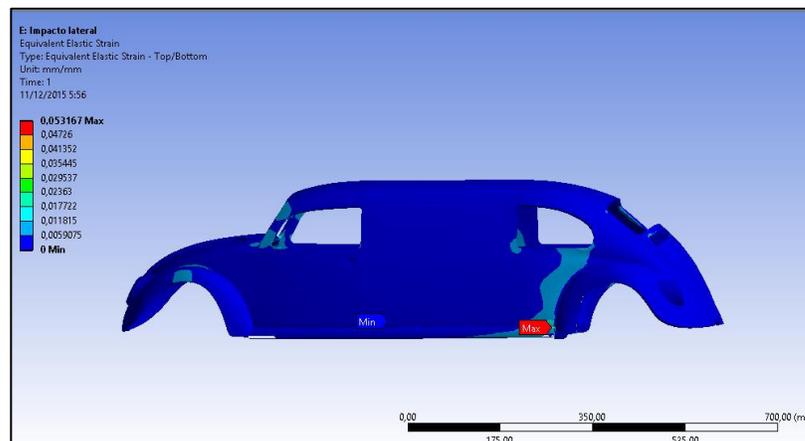


Figura 67 Ilustración deformación unitaria de carrocería en impacto lateral

La deformación unitaria máxima obtenida es de 0,053167 mm/mm, producida en la parte inferior del guardafango posterior izquierdo, este valor está sobrepasando el valor permisible del material utilizado cuyo valor es 0,00125 mm/mm, parámetro que permite considerar la opción de reforzar el diseño en esta sección o utilizar otro tipo de material.

CAPÍTULO IV

4 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL BASTIDOR Y CARROCERÍA DE LA LIMUSINA VOLKSWAGEN ESCARABAJO

4.1 Sistema de Soldadura

Para la construcción de los diferentes elementos de la limusina Volkswagen Escarabajo, se utilizó suelda eléctrica debido a la necesidad de la infiltración de material de aporte en forma de puntos para la unión, modificación y creación de los distintos paneles y partes del habitáculo.

El material de aporte es muy importante para el proceso de soldeo, de manera que para la construcción, nos basamos en las propiedades de la chapa metálica, se decidió utilizar electrodos de numeración 6011. En el proceso de soldeo se utilizó una soldadora de arco eléctrico marca Solar, representada en la figura 68, misma que cuenta con 230 A para corriente alterna alta y 180 A para corriente alterna baja, de 60 ciclos y de fase única.



Figura 68 Soldadora Solar

Fuente: (Wave, 2012)

4.1.1 Modificación de la carrocería

La modificación en el alargamiento de la carrocería se la realizó de tal manera que se deseó cumplir con las necesidades que se tenían para la ubicación de los ocupantes dentro del habitáculo, sus componentes y el confort que la misma iba a brindar al momento de la transportación, identificamos en la figura 69, la unión de los elementos mediante soldadura eléctrica.



Figura 69 Unión de carrocería mediante el uso de suelda eléctrica

En la figura 70, se observa el diseño de la carrocería de la limusina Volkswagen Escarabajo realizado mediante el software SolidWorks, dándose a notar la modificación que se realizó a la misma y las partes donde cumple con el alargamiento requerido para la modificación del habitáculo.

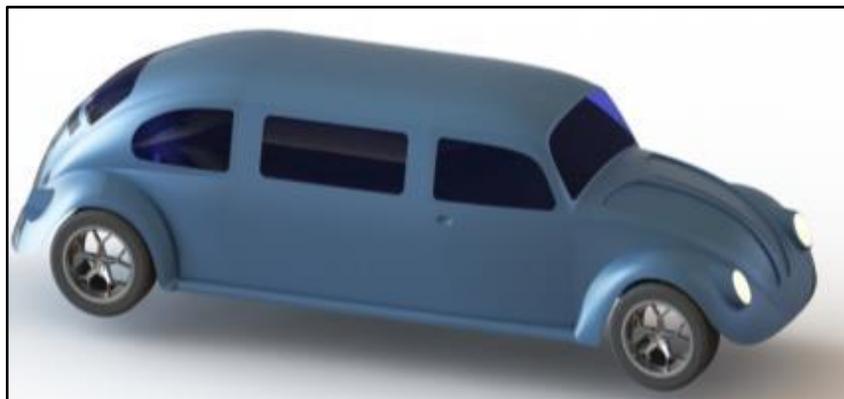


Figura 70 Diseño de carrocería limusina Escarabajo en SolidWorks

4.2 Selección de los elementos a modificarlos

Para la realización del proyecto de construcción de limusina Volkswagen Escarabajo, se adquirió un vehículo que se encontraba en óptimo estado mecánico y estructural, representado en la figura 71, de manera que se trató de priorizar el uso de los materiales al momento de la modificación, para poder aprovechar cada una de las características que el vehículo presentaba.



Figura 71 Vehículo Volkswagen Escarabajo 1972

El corte del vehículo se lo realizó de manera transversal en la parte central, tratando de obtener la mejor estética para no perder la continuidad de las líneas de construcción, después de ello se determinó el incremento de longitud a construir y se fijó mediante diagonales la carrocería en el corte para evitar descentramientos en los parantes, tal como se muestra en la figura 72.



Figura 72 Diagonales en carrocería

El vehículo Volkswagen Escarabajo, dispone de nueve cañerías alojadas dentro del túnel central que cruza todo el habitáculo del vehículo, observar la disposición en la figura 73; cada una de estas cañerías cumplen con diferentes funciones como la de conducir el combustible, líquido de frenos, albergar los cables que conectan el pedal de freno con los tambores, el freno de mano, el cable para el pedal del embrague y el cable del acelerador. De manera que al realizar el corte de la carrocería fue necesario incrementar el tamaño longitudinal de dichos conductos para mantener el trabajo de manera original de cada uno de los componentes.



Figura 73 Alargue de cañerías internas

Para el proceso de construcción se fabricó el alargue del bastidor, techo, piso, lateral y construcción de una tercera puerta que va a servir para el ingreso y salida de los ocupantes al habitáculo, por esta razón se adquirió y modificó la puerta original del conductor, indicada en la figura 74, para que su apertura sea de manera inversa a la puerta delantera, esto se logró sustituyendo el marco redondeado del modelo original por un marco rectangular.



Figura 74 Puerta original lado del conductor

Dentro del proceso de soldeo se usó dos sistemas: el de suelda eléctrica debido a la necesidad de una alta cantidad de material de aporte que se logra mediante el electrodo 6011 y la suelda oxiacetilénica, utilizada para el proceso de enderezado de las parte que constituyen la carrocería, en especial el habitáculo del motor quien presentaba deformaciones en su estructura, como se observa en la figura 75.



Figura 75 Enderezada con uso de suelda oxiacetilénica

4.3 Construcción y montaje

4.3.1 Bastidor

El bastidor del Volkswagen Escarabajo se compone de un fuerte tubo en la parte central, que en su parte trasera se abre en horquilla para recoger al grupo de mando y una cabeza ancha para recoger al eje delantero. En el paso del tubo central hacia la horquilla está soldado un travesaño que cuenta con soportes para la suspensión de las ruedas traseras. Debido a que la parte inferior es lisa, el bastidor ofrece una resistencia mínima al viento, por lo que en cualquier tipo de terreno en donde se lo conduzca se van a tener condiciones óptimas para el manejo. En gran parte de la superficie del bastidor, se tiene que este es libre de torsión. (Andrés, 2013)

Por el interior del tubo central se encuentra la tubería del combustible como también los tubos guía para el paso de los cables de freno, el cable del embrague, cable del acelerador y los cables para la calefacción, así como la biela del mando de velocidades. Por cada uno de los tubos internos pasan los cables para los pedales de mando, el freno de mano, la palanca de cambio y el reglaje de la calefacción. El soporte de la batería se encuentra soldado en la chapa derecha del piso.

a. Partes del bastidor.

En la figura 76, se presenta de manera esquemática la ubicación de las partes del bastidor del vehículo Volkswagen Escarabajo.

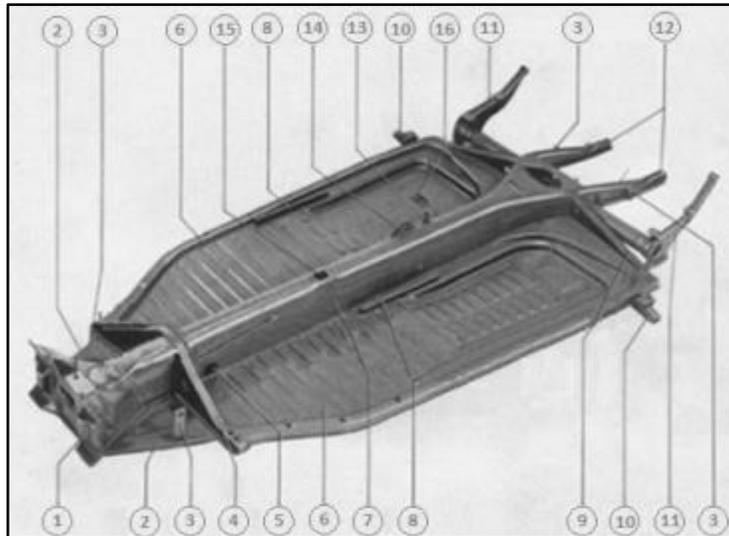


Figura 76 Partes del Bastidor

Fuente: (Andrés, 2013)

Mediante la tabla 17, se conocerá la ubicación y descripción de cada una de las partes del bastidor.

Tabla 17
Ubicación y descripción de las partes del bastidor

UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Cabeza del bastidor
2	Chapa de refuerzo
3	Soporte para el cable del freno
4	Travesaño delantero
5	Asiento para los pedales de mando
6	Chapa del piso
7	Túnel
8	Corredera
9	Chapa de cierre
10	Asiento para el gato
11	Soporte
12	Horquilla

CONTINÚA



13	Asiento para el mando de calefacción
14	Asiento para el freno de mano
15	Asiento para la palanca de cambios
16	Asiento para la fijación de la batería

Fuente: (Andrés, 2013)

b. Modificación del bastidor.

Al formar un solo conjunto entre el bastidor y el piso del vehículo, para realizar su alargue debido a las condiciones que presenta la limusina, los largueros que se encuentran de unión entre bastidor y carrocería, sufrieron una leve modificación en su estructura original, siendo estos crecidos, de manera que soporten una mayor cantidad de peso al cual se van a someter con el nuevo diseño de la carrocería.

Su unión se la realizó mediante trabajos de soldadura a la chapa metálica dando forma en función del larguero, ver figura 77, esto se comprobó mediante pruebas obtenidas con anterioridad por la simulación CAD, para determinar los lugares en donde se pueden producir pandeos y roturas, de manera que se determinó que era suficiente este tipo de unión para el soporte de toda la estructura y los elementos que van a ser montados y acoplados al vehículo.

Para la construcción del bastidor se eligió utilizar planchas de acero con recubrimiento galvanizado G60 (180 gr/m²), con calidad de acero ASTM 653 CS y bajo la norma INEN 115, que nos indica las tolerancias de trabajo al momento de la construcción, las características del material utilizado para la unión del bastidor se presentan en el ANEXO A.



Figura 77 Estructura modificada del bastidor

c. Diagrama de procesos para la construcción del bastidor

MÉTODO ACTUAL		MÉTODO PROPUESTO		FECHA:						
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:			ALARGUE DEL BASTIDOR							
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:			CONSTRUCCIÓN							
	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS			
	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM				
OPERACIONES	24,5	114								
TRANSPORTE	14	31								
INSPECCIONES	23,5	113						Estudiado por: Rosero S. / Vallejo R.		
RETRASOS	0	0								
ALMACENAMIENTO	2	8								
TIMPO TOTAL	64H									
DIST. RECORRIDA (Km)	1,3									
DETALLE DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO(HORAS)	CALCULO DE TIEMPO/COSTO
Determinación de diagonales para corte	Análisis	●	➡	■	D	▽	20	1	1	
Corte bastidor antiguo	Sierra	●	➡	■	D	▽	40	8	4	
Obtención de molde para la estructura	Cartulina	●	➡	■	D	▽	20	1	1	
Medición del aumento	Flexómetro	●	➡	■	D	▽	20	1	0,5	
Adquisición de materiales para la construcción	Vehículo	●	➡	□	D	▽	1000	1	1	
Corte de plancha de tol galvanizado 1,1 mm	Sierra	●	➡	■	D	▽	80	8	2	
Doblado de la estructura	Dobladora	●	➡	■	D	▽	40	6	5	
Centrar y nivelar la estructura del alargue	Mordazas y bancos	●	➡	■	D	▽	40	8	2	
Fijación por soldadura eléctrica	Soldadura eléctrica 90A	●	➡	■	D	▽	40	80	8	

Por medio de la figura 78, se puede observar la construcción del nuevo bastidor que va a soportar la carrocería modificada, siendo acoplada en función de formar un solo conjunto entre bastidor y carrocería.



Figura 78 Alargue del bastidor

4.3.2 Piso

“Es el conjunto de chapas, generalmente con nervios o extensiones, que se encuentran unidas mediante un proceso de soldadura a los largueros y travesaños, formando una o más superficies que constituyen el fondo de una caja o carrocería.” (Mantenimiento de Vehículos)

Uno de los procedimientos para el reemplazo de las chapas del piso se lo puede realizar mediante un desmontaje total de la carrocería o también por partes, ver figura 79, dependiendo cuales se encuentren en mal estado y necesiten una pronta sustitución, para esto se debe desconectar la batería de carga del vehículo para la utilización de la suelda.

a. Desmontaje.

- Recortar la chapa del piso mediante la ayuda de un soplete, luego observar que por acción del corte los rebordes de apoyo hacia el túnel del bastidor y los travesaños delantero y posterior no se deterioren.
- Retirar los residuos de la chapa sobrante del piso con ayuda de unas pinzas, para enderezar los bordes de apoyo del bastidor con ayuda de una máquina de mano.

b. Montaje.

- Colocar la chapa nueva del piso en base a las medidas obtenidas.
- Soldar la chapa del piso mediante la utilización de soldadura eléctrica, con un intervalo de 10 – 15 mm entre cada uno de ellos.
- Con la utilización de suelda eléctrica o autógena, unir el borde perfilado exterior de la nueva estructura de la chapa del piso a lo ancho del perfil del travesaño delantero y a lo largo del contorno del túnel del bastidor.



Figura 79 Cambio de piso de la carrocería

Para la construcción del piso se eligió utilizar planchas de acero con recubrimiento galvanizado G60, con calidad de acero ASTM 653 CS y bajo la norma INEN 115, debido a la exposición que tiene el piso directamente al medio ambiente, las características del material utilizado para la unión del piso se presentan en el ANEXO A.

c. Diagrama de procesos para la construcción del piso

MÉTODO ACTUAL		MÉTODO PROPUESTO		FECHA:						
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:			ALARGUE DEL PISO							
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:			CONSTRUCCIÓN							
	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS			
	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM				
OPERACIONES	14,8	157								
TRANSPORTE	4	7								
INSPECCIONES	13,8	156					Estudiado por:			
RETRASOS	0	0					Rosero S. / Vallejo R.			
ALMACENAMIENTO	1	1								
TIEMPO TOTAL	33H 36M									
DIST. RECORRIDA (Km)	1,145									
DETALLE DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO(HORAS)	CALCULO DE TIEMPO/COSTO
Corte piso antiguo	Sierra	●	➔	■	D	▽	20	2	2	
Extracción del piso oxidado		●	➔	■	D	▽	20	2	0,5	
Adquisición de materiales para la construcción	Vehículo	●	➔	□	D	▽	1000	1	1	
Obtención de la plantilla del piso	Cartulina	●	➔	■	D	▽	10	1	0,3	
Medición de plancha de tol galvanizado 1,1 mm	Flexómetro	●	➔	■	D	▽	20	1	1	
Corte de plancha	Sierra	●	➔	■	D	▽	25	2	0,5	
Doblado con plantilla	Dobladora	●	➔	■	D	▽	20	4	2	
Centrado	Mordazas	●	➔	■	D	▽	10	4	1	
Soldadura del piso	Soldadura eléctrica 90 ^a	●	➔	■	D	▽	10	70	3,5	
Pulido de soldadura	Moladora	●	➔	■	D	▽	10	70	3	

En la figura 80, se observa el cambio de la chapa metálica para el montaje del nuevo piso, esto se logró con ayuda del proceso de soldadura eléctrica para la unión de los diferentes puntos de sujeción con el túnel central del bastidor.



Figura 80 Alargue de piso del habitáculo

4.3.3 Parantes

Los parantes son las estructuras que se encuentran dispuestas de forma vertical y horizontal a los costados de la carrocería, mismos que se encargan de soportar el peso de los elementos que se van a colocar de unión con el piso y el techo del vehículo, para nuestro caso de construcción va a cumplir con la función de servir como fijación de las estructuras de las puertas entre la parte delantera y trasera de la limusina, para tener un mejor soporte del habitáculo del vehículo, indicado en la figura 81.



Figura 81 Construcción de los parantes

Para contar con una mejor estética y simetría en las líneas de los costados de la limusina, los parantes fueron fabricados con el fin de conseguir mayor rigidez en la construcción de la carrocería del habitáculo, como se observa en la figura 82, ayudándonos cada uno de los parantes a contar con el dobléz en cada zona de curvatura, en la parte lateral derecha a la sujeción de todo el forro de chapa metálica fabricado y en el costado izquierdo donde se coloca la puerta fabricada para el ingreso y salida de los ocupantes, de manera que cuente con mayor apertura en sentido inverso, con las modificaciones pertinentes en base a su diseño.

Para la construcción de los parantes se eligió utilizar planchas de acero laminadas en frío con recubrimiento negro, fabricadas bajo la norma NTE INEN 115, con calidad ASTM A36 / SAE 1010, teniendo como una de las principales aplicaciones de este tipo de acero la fabricación de paneles automotrices, las características del material utilizado para la unión de los parantes se presentan en el ANEXO B.



Figura 82 Líneas de costado de la parte modificada

a. Diagrama de procesos para la construcción del parante

MÉTODO ACTUAL		MÉTODO PROPUESTO		FECHA:						
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:		CONSTRUCCIÓN DE PARANTES								
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:		CONSTRUCCIÓN								
	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS			
	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM				
OPERACIONES	18,5	139								
TRANSPORTE	6	13								
INSPECCIONES	18,5	139					Estudiado por:			
RETRASOS	0	0					Rosero S. /			
ALMACENAMIENTO	4	4					Vallejo R.			
TIEMPO TOTAL	47 H									
DIST. RECORRIDA (Km)	0,15									
DETALLE DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO(HORAS)	CALCULO DE TIEMPO/COSTO
Obtención de molde para la estructura de parantes	Cartulina	●	↩	■	D	▽	10	1	1	
Medidas de aumento	Flexómetro	●	↩	■	D	▽	20	5	0,5	
Corte de plancha de tol negro de 1,1 mm	Sierra	●	➔	□	D	▽	70	12	4	
Doblado de la estructura	Dobladora	●	↩	■	D	▽	20	20	5	
Centrar y nivelar los parantes	Mordazas y bancos	●	➔	■	D	▽	10	1	2	
Fijación y soldadura	Soldadura eléctrica 130 A	●	↩	■	D	▽	10	50	3	
Pulido de soldadura	Moladora	●	↩	■	D	▽	10	50	3	

4.3.4 Puertas

El centro Documentación de estudios y oposiciones afirma que “la función de la puerta es la de permitir abrir y cerrar el hueco correspondiente del lateral

de la carrocería para dar acceso al ingreso y salida del habitáculo, por lo que se necesita precisar su posición en el vehículo”, teniendo este elemento en la parte delantera izquierda, delantera derecha y trasera derecha, para el caso de nuestra construcción.

Cuando se requiera retirar una puerta para realizarle algún trabajo y esta luego deba ser montada nuevamente, se debe seguir algunos pasos para no perder la pista de como esta se encontraba colocada, por lo que se necesita marcar la posición de las bisagras en los postes de sujeción. Los agujeros de las bisagras y los puntos de sujeción se fabrican a sobremedida para permitir así el alineamiento de las puertas, observar en la figura 83.

Cuando se tiene una base que cuenta con agujeros de mayor dimensión, existe la posibilidad de permitir movimientos hacia arriba, hacia abajo, hacia adentro, hacia afuera, hacia adelante y hacia atrás, para una mejor regulación. Todo esto debe ajustarse de manera que la puerta cierre completamente y permanezca cerrada, entrando así libremente al pestillo de la cerradura. (Moreno, 2010)

a. Bisagras de las puertas.

- Determinar cuáles tornillos de las bisagras se deben aflojar para mover la puerta en las direcciones deseadas dependiendo de la posición en la que se desea colocar.
- Aflojar el tornillo o los tornillos de la bisagra para poder mover la puerta mediante la ayuda de una barra de palanqueo con almohadillas.
- Mover un poco la puerta y así verificar el ajuste después de apretar los tornillos, a la vez de asegurarse de que no haya contacto entre ninguno de los paneles adyacentes.

- Realizar esta operación hasta que la puerta tenga su posición correcta, para al final realizar un nuevo ajuste a cada uno de los tornillos de sujeción.

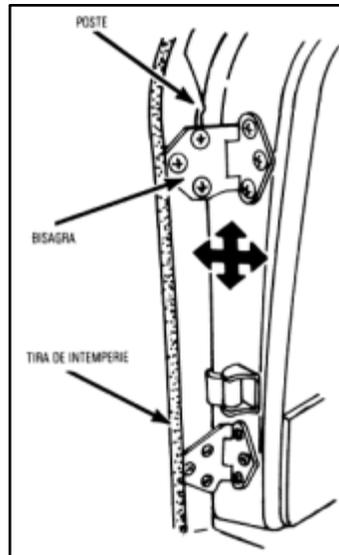


Figura 83 Direccinamiento puerta mediante ajustaje de bisagras

Fuente: (Manual de instrucciones y carnet de mantenimiento, 1967)

b. Modificación puerta para ingreso de ocupantes.

Para la fabricación de la puerta de ingreso de los ocupantes, el diseño se basó en la puerta delantera izquierda para no alterar los refuerzos con los que cuenta la carrocería en la parte del habitáculo, ya que la apertura de esta se va a tener en sentido inverso, como parte principal se tiene el marco del vidrio, para luego darle una forma rectangular al mismo, indicado en la figura 84.

En cuanto al forro de chapa metálica de la puerta de los ocupantes, se le fabricó de manera total, ya que al tener las modificaciones de diseño se tuvo que descartar el forro original, de manera similar se trabajó con el sistema del eleva vidrios por su nueva forma, por lo que se tuvo que fabricar un vidrio para esta puerta, mismo que será accionado por un sistema eléctrico.

Para la construcción de la puerta para el lado de los ocupantes se eligió utilizar planchas de acero laminadas en frío con recubrimiento negro, fabricadas bajo la norma NTE INEN 115, con calidad ASTM A36 / SAE 1010, teniendo como una de las principales aplicaciones la fabricación de paneles automotrices, las características del material utilizado para la modificación de la puerta de ocupantes se presentan en el ANEXO C.



Figura 84 Modificación marco de puerta para nuevo vidrio

En la figura 85, se puede observar el montaje de la puerta de ingreso y salida de ocupantes, al igual que la conservación de la estética de las líneas del vehículo y el encuadre que tiene en la parte modificada.



Figura 85 Puerta modificada para ingreso de ocupantes

c. Diagrama de procesos para la construcción de la tercera puerta

MÉTODO ACTUAL		MÉTODO PROPUESTO		FECHA:						
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:			MODIFICACIÓN PUERTA							
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:			CONSTRUCCIÓN							
	ACTUAL	PROPUESTO	DIFERENCIA	ANÁLISIS						
	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO					
					NUM					
OPERACIONES	16,15	95								
TRANSPORTE	4	1								
INSPECCIONES	16,15	95			Estudiado por: Rosero S. / Vallejo R.					
RETRASOS	4	1								
ALMACENAMIENTO	0,5	2								
TIEMPO TOTAL	40H 48M									
DIST. RECORRIDA (Km)	2,121									
DETALLE DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO(HORAS)	CALCULO DE TIEMPO/COSTO
Adquisición de la puerta original	Vehículo	●	➔	■	●	▽	2000	1	4	
Corte de marco original	Sierra	●	➔	■	D	▽	10	2	0,15	
Diseño nuevo marco	Análisis marco antiguo	●	➔	■	D	▽	10	1	1	
Obtención de plantilla para marco	Cartulina	●	➔	■	D	▽	5	1	0,3	
Medición de plancha de tol negro 0,90 mm	Flexómetro	●	➔	■	D	▽	32	2	0,5	
Corte de plancha de tol	Sierra	●	➔	■	D	▽	32	2	2	
Doblado de tol	Dobladora	●	➔	■	D	▽	2	4	2	
Soldadura y ensamble del forro en el marco	Soldadura eléctrica 130A	●	➔	■	D	▽	5	50	1	
Pulido del proceso de soldado	Lija Moladora	●	➔	■	D	▽	5	30	1	
Fondeado del elemento	Soplete	●	➔	■	D	▽	10	1	0,2	

4.3.5 Construcción parte lateral

El panel lateral constituye una estructura de chapas exteriores que poseen un carenado al contorno del habitáculo de la limusina, para la construcción del panel hay que mencionar que el corte del vehículo se lo realizó analizando las diagonales principales en las cuales el alargue tendría el mejor aspecto externo e interno en cuanto a su estética constructiva, buscando con ello que la modificación sea lo menos notoria posible, a partir de esto se obtuvo la plantilla de los lados ya cortados y se diseñó el nuevo lateral.

Para la construcción de la parte lateral izquierda se eligió utilizar planchas de acero laminadas en frío con recubrimiento negro, fabricadas bajo la norma NTE INEN 115, con calidad ASTM A36 / SAE 1010, teniendo como una de las principales aplicaciones la fabricación de paneles automotrices, las características del material utilizado para la unión de la parte lateral se presentan en el ANEXO B.

a. Modificación del vidrio para la puerta de ocupantes y parte lateral trasera izquierda.

Al haber cambiado la forma del marco para el vidrio de la puerta de los ocupantes, se procedió a realizar el diseño de un nuevo vidrio, molde para el cual se consiguió por medio del diseño de una cartulina, para luego mandar a templar y tinturar, este nuevo elemento se lo realizó mediante la norma NTE INEN 1669:2011.

La norma NTE INEN 1669:2011, trata de establecer los requisitos que deben cumplir los vidrios de seguridad para automotores terrestres, que se fabriquen o comercialicen en el país. Para lo cual el vidrio de seguridad templado que se mandó a fabricar, debe constar de una sola lámina de vidrio, tratada térmicamente, de manera que si algún momento llegara a romperse en

cualquier punto, la pieza entera se desintegra en fragmentos pequeños. El vidrio de seguridad templado no puede cortarse o perforarse después del tratado.

En la figura 86, se indica la colocación del vidrio modificado para la parte del habitáculo de los ocupantes, este fue fabricado bajo la norma NTE INEN 1669:2011.



Figura 86 Modificación del marco para el vidrio parte lateral trasera

b. Diagrama de procesos para la construcción de la parte lateral

MÉTODO ACTUAL		MÉTODO PROPUESTO				FECHA:				
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:		ALARGUE PARTE LATERAL								
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:		CONSTRUCCIÓN								
	ACTUAL	PROPUESTO	DIFERENCIA	ANÁLISIS						
	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM				
OPERACIONES	12,3	95								
TRANSPORTE	1	1								
INSPECCIONES	12,3	94					Estudiado por: Rosero S. / Vallejo R.			
RETRASOS	0	0								
ALMACENAMIENTO	0,5	2								
TIEMPO TOTAL	26H 6M									
DIST. RECORRIDA (Km)	2,141									
DETALLE DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO(HORAS)	CALCULO DE TIEMPO/COSTO
Adquisición De Materiales	Vehículo	●	➔	□	D	▽	2000	1	1	
Obtención de plantilla para el lateral	Cartulina	●	➔	■	D	▽	5	1	0,3	
Medición de plancha de tol	Flexómetro	●	➔	■	D	▽	32	2	0,5	
Corte de plancha de tol negro 1,1 mm	Sierra	●	➔	■	D	▽	32	2	2	
Doblado de tol	Dobladora	●	➔	■	D	▽	2	4	2	
Fijación y centrado	Mordazas	●	➔	■	D	▽	40	4	1	
Soldadura del forro del lateral	Soldadura eléctrica 130 ^a	●	➔	■	D	▽	5	50	1	
Pulido del proceso de soldado	Lija Moladora	●	➔	■	D	▽	5	30	1	
Fondeado del elemento	Soplete	●	➔	■	D	▽	20	1	0,5	

4.3.6 Modificación del techo

Según el comentario de Jossie Moreno, dice que “el techo es un elemento exterior apoyado sobre la parte superior de los laterales y parantes, se extiende desde la parte superior del parabrisas hasta el vidrio posterior”, para nuestro cometido se mantuvo las líneas originales y se obtuvo la plantilla para la construcción y su doblaje tomando la forma original.

Al momento de dar la forma y curvatura para la fabricación del alargamiento del techo, se lo hizo formando moldes para conservar las líneas de origen, indicado en la figura 87; para conseguir una forma cóncava del mismo, se lo realizó por medio de una máquina dobladora, generando así las canaletas para conducto de agua y garantizar una buena estética.

Para la construcción del techo se eligió utilizar planchas de acero laminadas en frío con recubrimiento negro, fabricadas bajo la norma NTE INEN 115, con calidad ASTM A36 / SAE 1010, las características del material utilizado para la construcción del techo se presentan en el ANEXO B.



Figura 87 Alargue de techo

a. Diagrama de procesos para la construcción del techo

MÉTODO ACTUAL		MÉTODO PROPUESTO		FECHA:						
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:		ALARGUE DEL TECHO								
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:		CONSTRUCCIÓN								
	ACTUAL	PROPUESTO	DIFERENCIA	ANÁLISIS						
	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM				
OPERACIONES	17,7	99								
TRANSPORTE	6	8								
INSPECCIONES	15,7	98								
RETRASOS	0	0								
ALMACENAMIENTO	0,4	2								
TIEMPO TOTAL	39H 48M									
DIST. RECORRIDA (Km)	1,150									
DETALLE DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO(HORAS)	CALCULO DE TIEMPO/COSTO
Adquisición De Materiales	Vehículo	●	➔	□	D	▽	1000	1	2	
Obtención de plantilla para el techo	Cartulina	●	➔	■	D	▽	10	1	0,3	
Medición de plancha de tol	Flexómetro	●	➔	■	D	▽	40	2	0,4	
Corte de plancha de tol negro 1,1 mm	Sierra	●	➔	■	D	▽	40	2	1	
Doblado de tol	Dobladora	●	➔	■	D	▽	10	6	4	
Fijación y centrado	Mordazas	●	➔	■	D	▽	10	7	4	
Soldadura del techo	Soldadura eléctrica 90A	●	➔	■	D	▽	20	40	5	
Pulido del proceso de soldado	Moladora	●	➔	■	D	▽	20	40	5	

Estudiado por: Rosero S. / Vallejo R.

4.3.7 Construcción de estribos

Sobre el diseño propuesto para la construcción de la limusina Volkswagen Escarabajo, se decidió sustituir el modelo original de estribos por uno que mejore la estética de la modificación, de manera que se realizó el modelo de un solo cuerpo de estribos y su sujeción hacia los pisos del vehículo, se puede observar los estribos de un solo cuerpo en la figura 88.

En la fabricación de los estribos de un solo cuerpo, se los hizo de manera integral, tomando moldes realizados con cartulina y dando la forma para el encuadre de estos con la carrocería, ayudando a tener una mejor estética y priorizando la aerodinámica del vehículo.

Para la construcción de los estribos se eligió utilizar planchas de acero con recubrimiento galvanizado G60, con calidad de acero ASTM 653 CS y bajo la norma INEN 115, debido a la exposición directa al medio ambiente que este tiene, ya que van estar expuestos en su mayoría a malas condiciones por el camino donde transitar, las características del material utilizado para la fabricación de los estribos se presentan en el ANEXO A.



Figura 88 Construcción de estribos

a. Diagrama de procesos para la construcción de los estribos

MÉTODO ACTUAL		MÉTODO PROPUESTO		FECHA:						
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:		CONSTRUCCIÓN DE ESTRIBOS								
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:		CONSTRUCCIÓN								
	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA	ANÁLISIS				
	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM				
OPERACIONES	16,5	155								
TRANSPORTE	5	42								
INSPECCIONES	16,5	155								
RETRASOS	0	0								
ALMACENAMIENTO	6	42								
TIEMPO TOTAL	44 H									
DIST. RECORRIDA (Km)	0,190									
DETALLE DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO(HORAS)	CALCULO DE TIEMPO/COSTO
Obtención de molde para estribos	Cartulina	●	↩	■	D	▽	10	1	1	
Medidas de aumento	Flexómetro	●	↩	■	D	▽	20	6	0,5	
Corte de plancha galvanizada	Sierra	●	➔	■	D	▽	70	12	4	
Doblado de estructura	Dobladora	●	↩	■	D	▽	20	24	6	
Soldadura de segmentos	Soldadura eléctrica 90A	●	↩	■	D	▽	20	30	2	
Pulido de soldadura	Moladora	●	↩	■	D	▽	30	30	1	
Centrar y nivelar estribos	Mordaza y bancos	●	➔	■	D	▽	10	2	1	
Fijación	Pernos	●	↩	■	D	▽	10	50	1	

Estudiado por: Rosero S. / Vallejo R.

4.3.8 Fabricación del minibar

La elaboración del minibar debe ser una de las partes de interés para los ocupantes, ya que es lo primordial por la impresión que cause al momento de ingreso al vehículo, por tal motivo su construcción se la realizó en metal y con una forma estética basándose en el capó delantero, para tener un contraste entre la madera de la división y la tapicería de los asientos, su pintura viene a tener el mismo tono de la carrocería de la limusina y su preparación se la realizó de acuerdo a trabajar como una pieza más del vehículo.

El minibar de la limusina cuenta con espacios vistos donde se colocan los vasos para licores y un recipiente contenedor de botellas para mantenerlas frías, en su parte interna este cuenta con dos lugares para la colocación de botellas en forma vertical y rieles para las copas que se pueden ocupar de acorde al evento que se tenga.

Para su construcción se tuvo un previo diseño y planificación de lo que se deseaba realizar en el interior del habitáculo, por lo que se realizó un molde basándose a pedazos de cartulina para imprimirlos sobre la base de la plancha de tol, logrando elaborar así cada una de sus partes para tener un posterior ensamblaje con el modelo planificado por medio de la utilización de suelda eléctrica.

Para la construcción bar se eligió utilizar planchas de acero con recubrimiento galvanizado G60, con calidad de acero ASTM 653 CS y bajo la norma INEN 115, debido a la exposición directa que se va a tener con relación de la humedad, las características del material utilizado para el moldeo del minibar se presentan en el ANEXO A.

a. Diagrama de procesos para la construcción del bar

MÉTODO ACTUAL		MÉTODO PROPUESTO				FECHA:				
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:		FABRICACIÓN DEL MINIBAR								
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:		CONSTRUCCIÓN								
		ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS		
		TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM			
OPERACIONES		16,5	92							
TRANSPORTE		3	4							
INSPECCIONES		16,5	92					Estudiado		
RETRASOS		0	0					por: Rosero		
ALMACENAMIENTO		3	4					S. / Vallejo		
TIEMPO TOTAL		39 H						R.		
DIST. RECORRIDA (Km)		0,310								
DETALLE DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA (m)	CANTIDAD	TIEMPO(HORAS)	CALCULO DE TIEMPO/COSTO
Obtención de medidas para ubicación del bar	Flexómetro	●	↷	■	D	▽	30	1	0,5	
Diseño de elementos individuales	Cartulinas	●	↷	■	D	▽	50	5	3	
Corte de canales para minibar	Sierra	●	↷	■	D	▽	20	2	2	
Corte de elementos diseñados en plancha de tol	Sierra	●	➡	■	D	▽	60	4	3	
Doblado de elementos	Dobladora	●	↷	■	D	▽	20	5	3	
Soldadura de elementos	Soldadura eléctrica 90A	●	↷	■	D	▽	30	31	1	
Corte para agujeros de vasos	Sierra	●	↷	■	D	▽	20	9	1	
Centrar y nivelar puertas	Mordazas	●	↷	■	D	▽	10	2	1	
Fijación de puertas	Bisagras	●	↷	■	D	▽	40	2	1	

En la figura 89, se observa el proceso de moldeo que se le da a la plancha de tol galvanizado para la obtención del diseño que se realizó en relación a la parte delantera como un capó, se observa cortado en su parte externa para poder dar un forma curva.



Figura 89 Moldeo de tol para elaboración parte delantera

En la figura 90, podemos ver el minibar terminado, moldeado respecto a la forma delantera del capó, diseño con el cual se desea innovar este tipo de construcción y dar a notar un mejor detalle en el interior del habitáculo.



Figura 90 Construcción del minibar en forma de capó

4.3.9 Carrocería

El diseño de una carrocería, aparte de cumplir con la estética y funcionalidad, cuenta con diferentes tipos de factores, algunos como las necesidades estructurales, ligereza, aerodinámica y seguridad, mismos que nos sirven para mejorar las prestaciones de servicio, economizar energía y proteger a los ocupantes. (Mantenimiento de Vehículos)

a. Especificaciones generales en la construcción de una carrocería.

Rigidez.- Este valor debe ser lo máximo posible que se puede soportar con respecto a la flexión y torsión, para de esta manera contar con que las deformaciones elásticas sean mínimas en las aberturas de las puertas y las tapas tanto delantera como trasera. (Mantenimiento de Vehículos)

Resistencia al servicio.- Por medio de los esfuerzos alternativos a los que se encuentra sometida una carrocería cuando el vehículo se encuentra en movimiento, puede llegar a provocar grietas en el bastidor o fallos en los puntos de soldadura, de manera que las zonas con mayores amenazas de daños son los puntos de apoyo del tren de rodaje, la dirección y el conjunto de tracción. (Mantenimiento de Vehículos)

Esfuerzos en los accidentes.- Si en algún momento se produjera un accidente, los choques en la carrocería deberían estar en condiciones de convertir la máxima cantidad de energía cinética en trabajo de deformación, por lo que esto tendría que evitar que el habitáculo pueda deformarse en su totalidad y causar daños hacia los ocupantes del mismo. (Mantenimiento de Vehículos)

Facilidad de reparación.- En las zonas que contengan la mayor exposición en lo referente a sufrir pequeños golpes o daños frecuentes, cuenten con una

pronta reparación o recambio, por lo que se requiere que exista fácil accesibilidad a las chapas exteriores desde una parte interna, accesibilidad a los tornillos de sujeción y contar con una posición favorable en los puntos de unión. (Mantenimiento de Vehículos)

Condiciones de visibilidad y aerodinámica.- Para tener una buena visibilidad al momento del manejo del vehículo, lo que se debe buscar es una buena combinación entre las condiciones óptimas de manejo y la colocación funcional de los componentes que actúan contra ella, como son: capó, techo, espejos retrovisores, etc. (Mantenimiento de Vehículos)

En lo referente a la aerodinámica de la carrocería, los factores que se deben considerar son los coeficientes de resistencia al aire, forma de la carrocería, así como la superficie de la sección del vehículo.

b. Desmontaje de la carrocería.

Para realizar el desmontaje de la carrocería del vehículo Volkswagen Escarabajo se procede a:

- Levantar el vehículo y colocarlo sobre soportes fijos, tanto en la parte delantera como posterior, de esta manera se puede desmontar todas las ruedas.
- Retirar los asientos tanto delanteros como traseros.
- Vaciar el tanque de combustible y desmontarlo, zafar las mangueras de salida del tanque.
- Desconectar el eje impulsor del velocímetro del cubo de la rueda izquierda delantera.
- Separar la columna de dirección y retirarla junto con el volante.
- Desconectar el cable del interruptor de luces indicadoras del freno, separar el cable del motor de arranque y los cables de los interruptores.

- Desmontar los pernos del refuerzo del panel posterior, uno a cada lado.
- Al ser la carrocería un solo conjunto soldado con el bastidor, proceder a desoldar los puntos de sujeción para poder tener elementos independientes.
- Levantar la carrocería del chasis y retirarla.

c. Modificación de la carrocería.

La modificación de la carrocería se la va a realizar tanto en su forma estética como en su tamaño de origen, para cumplir con la función de servicio de limusina, brindando una mayor rigidez por el peso al cual se va a encontrar sometida, misma que debe afrontar una resistencia al servicio por el movimiento que tiene y la irregularidad del terreno en donde se vaya a movilizar, algo que no se debe olvidar es que tenga una buena resistencia a los accidentes y de igual manera que sea factible su reparación brindando facilidad con el montaje y desmontaje de cada uno de los elementos que conforman toda la estructura, para garantizar una buena visibilidad, en la figura 91 se puede observar la carrocería terminada en su totalidad con los detalles propuestos por el fabricante.



Figura 91 Carrocería final de limusina Escarabajo

4.4 Chapistería

El proceso de chapistería y pintura, se lo realizó en Talleres NIAGARA, Centro de colisiones, se seleccionó este taller debido a que cuenta con todos los elementos y equipos necesarios para la consecución del trabajo, los técnicos supieron guiarnos en cada uno de los procedimientos de chapistería y pintura, logrando culminar el trabajo de manera íntegra.

Para empezar con este proceso, lo que se va a utilizar es una masilla plástica para cubrir cada una de las imperfecciones que se tienen en las partes de la carrocería. Pilar Santos (2004) afirma que: “con el fin de garantizar una mejoría en los tiempos del secado, a la masilla se le acompaña con endurecedores o catalizadores, estos deben tratarse en proporciones que generalmente van del 2 a 3 % en su peso,” antes de su aplicación se debe tener una mezcla homogénea para aprovechar las propiedades de cada uno de estos materiales.

Una desventaja en la utilización de componentes catalizadores junto con la masilla plástica, es el escaso tiempo que se tiene para el empleo de la misma, transcurrido el tiempo indicado para el secado por el catalizador, el material se vuelve duro y sea hace imposible extenderlo por la superficie donde se decidió colocarlo.

4.4.1 Aplicación de la masilla

La función principal de la aplicación de la masilla es la de generar un relleno y terminación. “Se debe conocer que ninguna de las masillas que se aplican para el repintado automotriz no proporcionan al acero ninguna protección frente a la corrosión ni se la considera como una buena base para la aplicación de la pintura de acabado, ya que su función principal es la de realizar una nivelación

superficial, utilizando el tipo necesario para el caso de su utilización.” (Espí, 2004)

“La masilla se la aplica mediante la utilización de un caucho llano sobre la superficie donde se va a enmasillar, el tamaño de estos cauchos depende de la superficie y la cantidad de enmasillado, para lograr una buena aplicación de la masilla”, (La web de la pintura, 2014) se debe tener varias consideraciones:

- Tipo de superficie para el enmasillado.
- Proporción de la mezcla de masilla con el catalizador.
- Temperatura del lugar de trabajo para el secado de la masilla.
- Tiempo necesario para realizar el lijado.

En la figura 92, se indica los elementos mediante los cuales se realiza el proceso de enmasillado, observando la limpieza que tiene que tener cada uno para evitar dañar la mezcla que se va a colocar sobre la chapa metálica.



Figura 92 Acrílico y caucho para enmasillar

4.4.2 Catalización de la masilla

Cuando se necesite hacer la mezcla de la masilla con el catalizador o endurecedor se realiza en proporciones que van de 2 a 3 % en peso, ya que si hay variaciones en estas proporciones sea en mayor o menor cantidad puede originar problemas con la mezcla, en la figura 93 se observa los materiales a utilizar, teniendo en cuenta que puede suceder si se varía la cantidad de mezcla de cada uno de los elementos, tales como:

- Si existe poca cantidad de catalizador, la masilla no se endurecerá en el tiempo determinado, se tendrá un lijado dificultoso, se embarrará la lija.
- Si hay mucha cantidad de catalizador, la masilla no se endurecerá antes del tiempo previsto, al contrario se tendrán pequeñas cantidades de catalizador por lo que ocasionaría la formación manchas en la superficie de trabajo.

Para la determinación de la cantidad de mezcla entre catalizador y masilla, ver ANEXO D.

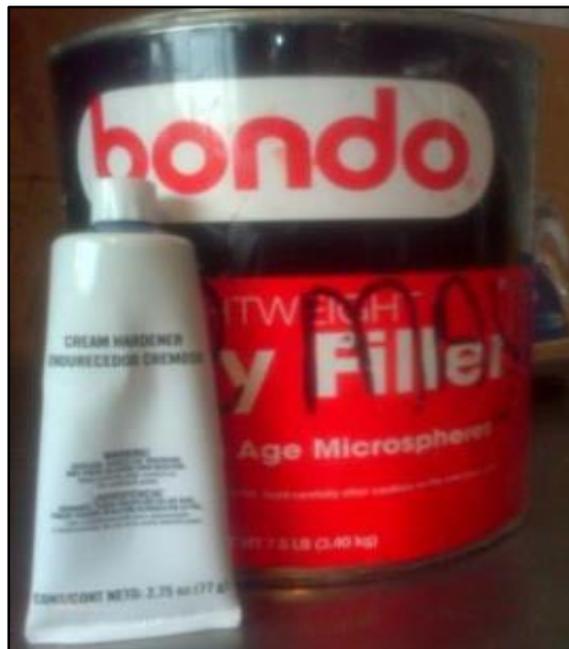


Figura 93 Catalizador junto con masilla plástica

En la figura 94, se observa la proporción para realizar la mezcla entre endurecedor y masilla sobre el cuadro de acrílico donde se puede mezclar, a la vez de contar con el caucho para el enmasillado de las superficies.



Figura 94 Acrílico, masilla y caucho para enmasillar

4.5 Pintura

Para la aplicación de la pintura por medio de pulverización, nos vamos a basar en la Norma NTE INEN 2270:2001, quien nos establece los métodos de aplicación de pinturas sobre láminas metálicas que se van a ocupar para ensayos, misma que nos explica que se debe diluir la muestra con el solvente apropiado para obtener una viscosidad específica, para que se forme una película lisa y uniforme, también se debe mantener una presión constante de aire y ajustar la distancia de la pistola a la lámina que debe ser alrededor de 20 a 25 centímetros, así como el tamaño del conducto de salida.

La pintura sobre las piezas de chapa metálica de un vehículo cumple con la función de proteger a cada parte de la corrosión y proporcionar un mejor aspecto estético, el cual se lo define con el aporte del color y brillo suficiente

que hacen resaltar cada una de las partes del vehículo y así contar con un embellecimiento total.

4.5.1 Proceso de pintado

Para contar con un proceso de pintado que cumpla con las exigencias del usuario, se debe seguir un orden específico en la preparación de cada una de las partes del vehículo, por lo que se va a contar con la aplicación sucesiva de distintos productos de pintura, mismos que cuentan con una misión específica para un mejor acabado y resalte de la pintura.

Lo que se desea en este proceso es tener el mayor acceso hacia cada una de las partes del vehículo, mismas que se las pueda trabajar de una manera íntegra, por lo que se trata de contar con una carrocería desnuda, facilitando así la manipulación en las diferentes zonas, especialmente en las difíciles de llegar.

4.5.2 Preparación de las superficies

En lo referente a la preparada de las superficies para el proceso de pintura, lo primordial es encontrar un buen lugar donde realizar el trabajo, mismo que cuente con una excelente ventilación, buena iluminación y suficiente espacio para movilizarse alrededor del vehículo; evitar la presencia de calentadores de agua u hornos que pueden generar combustión por la producción de los gases acumulados al momento de la pintura.

Para la preparación de cada superficie sobre la que se desea trabajar, lo primero que se necesita es desmontar una a una las partes de la carrocería para realizar un trabajo íntegro y con mayor maniobrabilidad, de esta manera dar un tratamiento especializado a cada una de ellas.

a. Lijado.

Para este proceso en cada una de las superficies, lo que se desea realizar es lijar alrededor del área a preparar para un posterior pintado, para hacer esto se va a utilizar un taco especial de lijado, ver figura 95, que puede ser de caucho o con una estructura plástica que se lo utiliza juntamente con una lija de grano #80, para las zonas difíciles se puede lijarse a mano.



Figura 95 Taco para lijado

Mediante el proceso de lijado lo que nosotros vamos a lograr es retirar el exceso de pintura en cada una de las zonas dañadas, para luego mediante la ayuda de una pistola de aire soplar el polvo de donde se realizó la lijada, esto se hace para preparar dicha superficie y tener una posterior corrección.

Para el control del lijado se lo va a realizar por medio del tacto, esto se lo hace pasando la mano sobre la superficie trabajada, luego de esto hay un control visual, observando a vista rasante con un ángulo de 20° con el reflejo de la luz. De haber imperfecciones ya sean ondulaciones o rayas se deberá volver a enmasillar la zona de trabajo hasta lograr la plenitud deseada y una homogeneidad necesaria.

Las superficies a trabajar se deben limpiar con la ayuda de un guaipe remojado con alcohol o thinner, para de esta manera asegurarse eliminar todas las grasas y aceites, observar la figura 96, hasta los producidos por los dedos al momento de la manipulación, en la tabla 18 se presenta la secuencia que se debe seguir en el proceso de lijado.



Figura 96 Lijado parte lateral izquierda

Tabla 18
Detalle uso lijas para proceso de lijado de superficies

TALLERES NIAGARA	
PROCESO DE LIJADO	
LIJA	PROCESO
LIJA # 80 EN SECO	DESBASTE
LIJA # 180 EN SECO	QUITAR RAYADURAS
LIJA # 220 EN SECO	QUITAR RAYADURAS PARA FONDEAR
LIJA # 400 EN SECO	LIJADO DE FONDO PARA PINTURA LÍNEA 22
LIJA # 600 PARA AGUA	LIJADO DE FONDO PARA PINTURA LÍNEA 55
LIJA # 1000 PARA AGUA	MATIZAR BRILLO
LIJA # 1500 PARA AGUA	PULIR

Fuente: Talleres NIAGARA, Centro de colisiones

a.1 Control de lijado

“Se refiere a un producto en polvo muy fino en base de carbón, el cual es útil para revelar en una aplicación las rayas, líneas o desperfectos en el proceso de lijado en seco ya sea sobre metal, masilla, fondo, pintura, fibra de vidrio plástico” (Colombia, 2007); no cuenta con tiempo de secado después de aplicarse.

La función de este elemento es la de asegurar que la masilla poliéster junto con el fondo sean planos, no contengan ondulaciones ni cuenten con porosidades, por lo que la acción es la de resaltar las líneas de contorno de la carrocería, verificando así que estas sean derechas y correctas, en base a este resultado se dice que se asegura que las partes de la carrocería se encuentren listas antes de la primera capa de pintura, en la figura 97 se observa el dispensador y la esponja para colocar el control de lijado.

Composición

- Aditivos: Carbón Activado
- Materias Primas: Caliza, Carbón Activado
- Básicas: Carbón Negro



Figura 97 Control de lijado

b. Pintura de fondo

Para la aplicación en lo referente el repintado automotriz, nos vamos a basar en la Norma NTE INEN 2286:2001, quien nos establece los requisitos mínimos que deben cumplir los diferentes tipos de fondos usados en la latonería y afines para el repintado de vehículos automotores, misma que nos explica que estos deben ser de fácil aplicación, tener buena fluidez y contar con excelentes propiedades al momento del cubrimiento según el color.

b.1 Promotor de adherencia.

Es un producto que cuenta con la propiedad de secado rápido luego de su aplicación, permitiendo que los recubrimientos automotrices que se van a colocar sobre esta superficie se adhieran de manera uniforme, sobre partes rígidas, semi-rígidas y flexibles, no necesita tratamiento especial para su aplicación en el plástico.

En el campo comercial a este tipo de promotor se le conoce con el nombre de fondo fosfatizante, por lo que su utilización es para cubrir al metal y evitar una posible oxidación en los poros de la chapa metálica, evitando de este modo la corrosión, para posteriormente garantizar que no se tendrá problemas con los efectos que se puedan generar por la temperatura que se tiene en el medio ambiente.

Se lo emplea alrededor de una proporción de 2 a 1, teniendo 2 partes del producto y 1 del diluyente catalizador, para casos de tener una mezcla total, se puede diluir hasta un 10% con el diluyente de ajuste, en este caso el thinner, para su pesaje y verificación de contar con una mezcla homogénea, observar en la figura 98.

Para la determinación de la cantidad de la mezcla entre catalizador y fosfatizante, ver ANEXO E.



Figura 98 Preparación cantidad de promotor de adherencia

En la figura 99, se muestra el trabajo realizado para la aplicación de la capa de promotor de adherencia sobre la estructura de la limusina Volkswagen Escarabajo, tanto en su parte interior como exterior.



Figura 99 Aplicación de capa del promotor de adherencia

b.2 Fondo plomo (Primer PU 0022).

Las pinturas de fondo son las primeras que se aplican sobre la pieza de chapa metálica, en otros casos se la coloca sobre piezas que se han aplicado el

promotor de adherencia, ya que las mismas han sido trabajadas para mejorar su forma y cubrir imperfecciones, las funciones que tiene el fondo plomo son:

- Tener alto poder de relleno.
- Proteger a la pieza ante la corrosión.
- Asegurar la firmeza de la pintura sobre la pieza.
- Nivelar las irregularidades que se tengan antes del pintado.

Composición

- Resina poliéster modificada, excelente para la retención del color
- Pigmentos
- Solventes orgánicos

Para su aplicación se emplea en una relación de 4 partes de volumen del Primer PU 0022, 1 parte en volumen de catalizador y 1 parte de thinner. Cuando se tenga una temperatura ambiente de 25 °C, se tiene un tiempo de vida útil para la mezcla de 30 minutos, se recomienda para una absorción del fondo Primer PU 0022 de 2 manos de esparcimiento del mismo, para su secado se tiene que aproximadamente es en 30 minutos por la mezcla de los dos catalizadores, en la figura 100 se indica la carrocería de la limusina Volkswagen Escarabajo fondeada en su totalidad por la parte interior y exterior.

Para la determinación de la cantidad de la mezcla entre Primer PU 0022, catalizador y thinner, ver ANEXO F.



Figura 100 Carrocería fondeada

c. Lavado

Para retirar el exceso de pintura de fondo que se pueda haber adherido en las piezas del vehículo se procede a realizar un lavado y lijado a la vez, mediante el uso del taco de lijar juntamente con una lija fina para agua #600, esta operación consiste en dejar a la superficie completamente lisa para la preparación antes de la imprimación de la pintura, detalle que se representa en la figura 101.

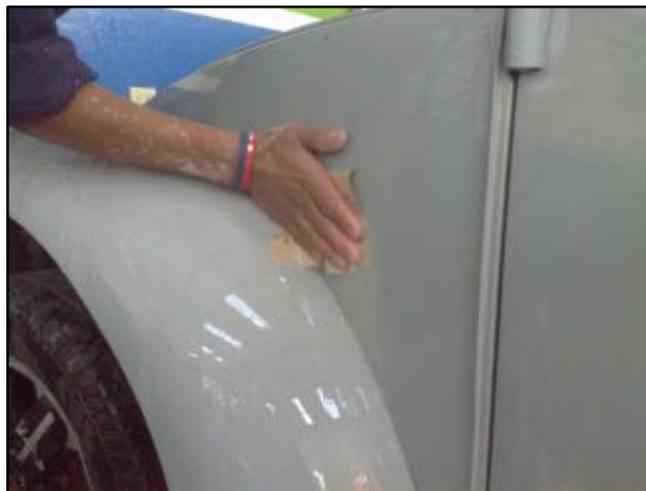


Figura 101 Lavado de carrocería

4.6 Secuencia de pintado

4.6.1 Cabina de Pintura

Para contar con un mejor acabado en la aplicación de la pintura, el taller debería contar con una cabina de pintura que tenga un sitio donde se pueda realizar el presurizado y climatizado de las partes del vehículo, sus paredes deben tener protecciones contra la suciedad y adherencia de polvos innecesarios, por lo que se recomienda que tenga ventiladores extractores de toda esta suciedad, debido a su forma de instalación se requiere que cuente con cable hacia tierra para descargar o liberar la estática de la carrocería, la cabina de pintura del taller donde se realizó la imprimación de pintura se indica en la figura 102.

Otro punto a considerar y tener presente es la iluminación, la cual se recomienda que posea lámparas de tubo de luz ultravioleta para similar la luz que genera el sol en forma de luz más no en la de producción de rayos. Para la aplicación de la pintura es importante tener una correcta instalación de línea de aire que funcione solamente para la cabina de pintura.



Figura 102 Cabina de pintura

En la figura 103, se determina la distribución de las partes que conforman una cabina de pintado, indicando todos los elementos que debe contener para realizar un trabajo con garantía y tener un buen proceso de pintura.

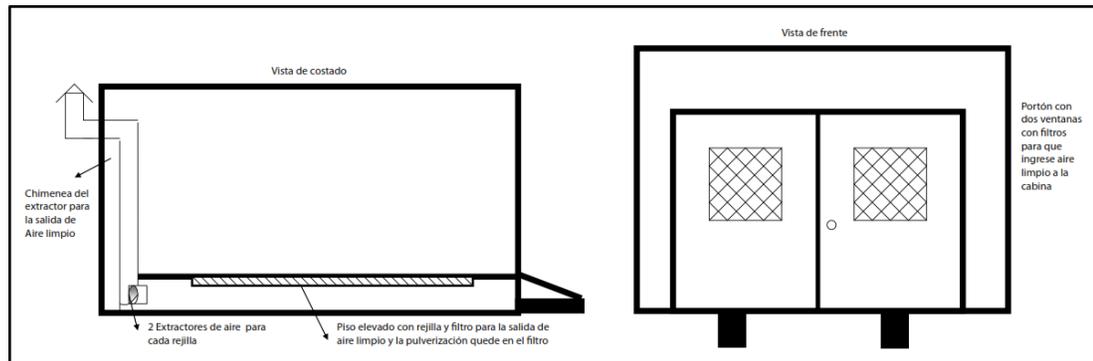


Figura 103 Distribución cabina de pintura

Fuente: (Mantenimiento y reparación de automotores)

4.6.2 Lámparas de calor

Las lámparas de calor que se encuentran dentro de la cabina de pintura, tienen una disposición central, mismas que nos ayudan con el secado de la pintura de manera uniforme, ya que estas trabajan mediante luz ultravioleta para garantizar un secado con mayor profundidad, ayudando a obtener una mejor solidificación de la pintura para evitar problemas posteriores, en la figura 104 se puede ver la intensidad de luz que genera cada lámpara.



Figura 104 Lámpara de calor

4.6.3 Temperatura en interior cabina de pintura

“Para la aplicación de los anticorrosivos sobre la chapa metálica, se lo hace a una temperatura ambiente que oscila de 22° a 26° C con un secado final de 2 horas. En nuestro caso al utilizar la cabina de pintura se considera una temperatura de trabajo en el interior de 60° C, que equivalen unos 30 minutos para tener un secado uniforme de la superficie pintada” (Mantenimiento y reparación de automotores), dejando un secado más pronunciado para garantizar el trabajo, en la figura 105 se observa la temperatura de trabajo dentro de la cabina de pintura.



Figura 105 Temperatura de trabajo

4.6.4 Techo papel filtrante

La función del papel filtrante en el techo de la cabina de pintura es la de absorber las cantidades de aire y contaminantes que se encuentran en el ambiente, para evitar así que el pintado sea dañado por partículas y residuos, de manera que no afecten a las personas ni contaminen el medio ambiente.

Para asegurar de que exista una retención permanente de las partículas ya filtradas, cada fibra de las mantas de papel filtrante cuenta con una acción adhesiva de larga duración y resistente a la influencia de la temperatura, por lo que garantiza la óptima capacidad de las mismas. (Cartés, Filtros para cabina de pintura), en la figura 106, se observa la disposición del papel filtrante sobre el techo de la cabina de pintura.



Figura 106 Filtros de techo

Fuente: (Cartés, Filtros para cabina de pintura)

4.7 Pulido

Para el pulido del vehículo se lo puede hacer de dos formas, a mano o con máquina (pulidora). Se dice que el método de pulido a mano es mucho mejor, este se lo utiliza para partes pequeñas y de fácil acceso, pero por su demora lo

hace inferior al realizado con una pulidora, ya que produce un acabado más brillante y uniformidad. (Manual forodetalles)

4.7.1 Pulido a mano

Para la realización del pulido a mano, se vierte el pulimento con el aplicador y se esparce por todas las partes del vehículo, esto se lo hace sin generar demasiada presión, ya que la misma puede producir rayones en la carrocería, cuando el pulimento se empieza a secar es el momento indicado para proceder a retirar los restos con la ayuda de una toalla de microfibra. (Manual forodetalles)

El pulido a mano no se lo debe descartar, ya que hay lugares en donde no puede llegar la pulidora con la esponja, por lo que necesariamente se lo utiliza, en este caso específicamente para el trabajo bajo las puertas, guantera y lugares pequeños e incómodos, este tipo de pulido se indica en la figura 107.



Figura 107 Proceso de pulido a mano

4.7.2 Pulido con pulidora

Se vierte el pulimento sobre la esponja de la pulidora antes de accionarla o a su vez se coloca pequeñas cantidades de pulimento sobre cada una de las partes de la carrocería a pulir, para su trabajo, se apoya la cara donde se encuentra el pulimento, por lo que de esta manera se evita pasar la esponja en seco. (Manual forodetalles)

Lo que se realiza es accionar la pulidora en baja velocidad para poder cubrir todas las partes con el pulimento, de esta manera y progresivamente se irá avanzando sobre la superficie de la carrocería sin aplicar más presión ni peso que el mismo que produce la pulidora, esto se lo hace de una manera horizontal y luego vertical para cubrir sus partes, lo que se gana con estos movimientos es pasar por toda la superficie y de manera uniforme, sin dejar zonas sin pasar o repasarlas algunas de ellas por error (Manual forodetalles). El proceso de pulido con pulidora se representa en la figura 108.



Figura 108 Proceso de pulido con pulidora

CAPÍTULO V

5 ACABADOS DEL INTERIOR DEL HABITÁCULO

5.1 Instalación eléctrica

5.1.1 Caja de fusibles

Se encuentra ubicada bajo el tablero de instrumentos del vehículo, junto al tubo de la dirección. Cuando se tenga el caso de un fusible quemado, aparte de repararlo se debe averiguar cuál fue el origen de su falla, razón por la que no se recomienda utilizar fusibles reparados de manera provisional con alambre y así evitar un mayor daño, en la tabla 19 se indica el detalle de la ubicación de los fusibles dentro de la caja fusiblera.

Tabla 19
Ubicación de fusibles

DETALLE		
1	Luz trasera derecha / Luz de población derecha / Luz de matrícula	8 Amperios
2	Luz trasera izquierda / Luz de población izquierda	8 Amperios
3	Luz direccional derecha	8 Amperios
4	Luz direccional izquierda	8 Amperios
5	Luz de carretera derecha	8 Amperios
6	Luz de carretera izquierda / Control de la luz de carretera	8 Amperios
7	Luz interior	8 Amperios
8	Libre	8 Amperios
9	Libre	16 Amperios
10	Bocina / Luz de freno	8 Amperios
11	Motor de limpiaparabrisas	16 Amperios
12	Luces intermitentes	8 Amperios

Fuente: (Manual de instrucciones VW 1500, 1972)

En la figura 109, se observa el diagrama y disposición de la caja de fusibles, indicando el detalle en cada uno de los espacios y el amperaje que se necesita para la función de los elementos de trabajo.

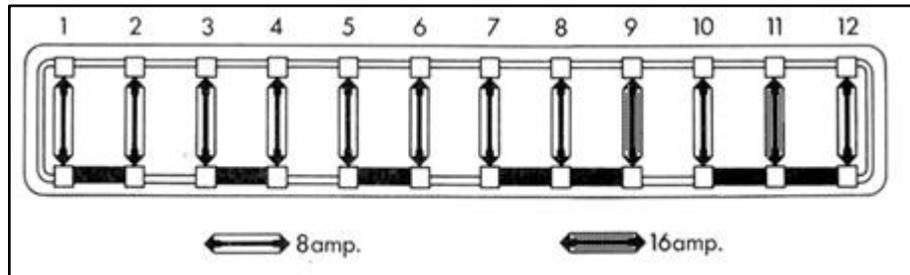


Figura 109 Caja de fusibles

Fuente: (Manual de instrucciones VW 1500, 1972)

5.1.2 Inversor de corriente 12 V C.D. a 120 V C.A.

Se conoce como inversor de corriente a un circuito el cual nos permite convertir la corriente directa (C.D.) a corriente alterna (C.A.), esto se logra utilizando una batería de 12 V C.D. Se lo considera como un sistema eficiente y fiable para alimentar una amplia variedad de aparatos que cuenten con energía de eléctrica como la que llega a nuestros hogares pero con su utilización dentro del vehículo, como es el uso para nuestro caso, en la figura 110 se indica el modelo de inversor de corriente que se utiliza para la conexión de los elementos internos del habitáculo.

Este sistema se encuentra diseñado y proporcionado para varios años de funcionamiento sin problemas e incluye un circuito de vigilancia de seguridad automático a la protección del inversor y la batería, a la vez de evitar que se produzcan sobrecargas accidentales por las condiciones con las que se le mantenga trabajando.

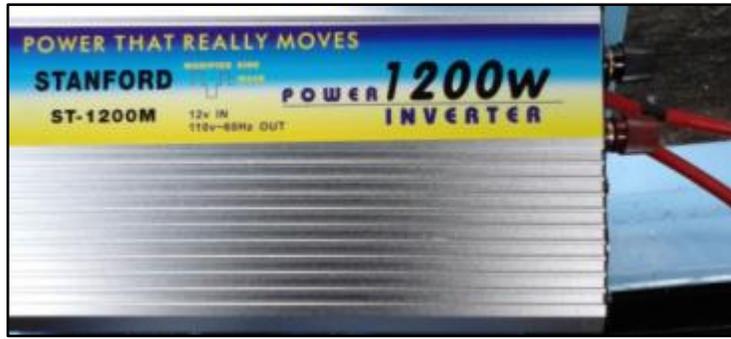


Figura 110 Inversor de corriente de 12 V C.D. a 110 V C.A.

a. Capacidad de duración de la batería

El tiempo de duración de funcionamiento de la batería depende de la capacidad de la misma y de la potencia de los aparatos los cuales se van a conectar a ella, para la obtención del tiempo de operación, se realiza el siguiente cálculo:

$$t = \frac{A[h] \cdot V}{W}$$

Ecuación 16

Dónde:

t = tiempo de duración de la batería [hora]

A[h] = Capacidad de la batería [Amperios * hora]

V = Voltaje de entrada [Voltios]

W = Potencia de carga [Vatio]

$$t = \frac{60 [Ah] \cdot 12 [V]}{360 [W]}$$

$$t = 2 \text{ horas}$$

5.2 Tapicería

La tapicería dentro de la limusina Volkswagen Escarabajo tiene como función principal la de proporcionar un recubrimiento a cada una de las partes internas, los paneles y los asientos para los pasajeros, para generar un mejor confort y estética dentro del habitáculo, para ello el color escogido en la tapicería debe combinar con la pintura que se proporcionó a la carrocería, generando así un juego de gamas de colores acorde a los detalles que se coloquen.

Mediante la realización de la tapicería de cada uno de los elementos del interior del vehículo, lo que se desea es realizar una corrección a las imperfecciones encontradas y dar un realce a cada una de estas partes, a la vez lograr una mejor presentación y generar un estilo clásico en el diseño del interior, para mantener así la línea del tiempo y conservar su estilo original.

5.2.1 Proceso de fabricación

- Reconstrucción de las armazones de los asientos, enresortar y verificar que la estructura quede totalmente firme.
- Fabricación de las plantilla para las partes laterales según diseño y medidas establecidas.
- Cortar y pegar la espuma en su lugar correspondiente.
- Cortar la cuero sintético basándose a las medidas que se tienen de asiento y espaldar.
- Acondicionamiento y costura del modelo base para ir forrando cada área de los asientos y partes laterales.
- Realizar las costuras de remate y acabados.
- Verificar cada pieza para asegurarse de la calidad de terminados.

5.2.2 Asientos

Los asientos tanto de la parte delantera como trasera se los trabajó en sentido de restauración de sus rieles y soportes de resortes en los puntos de anclaje como en los de sujeción, para luego proceder a tomar las medidas de las esponjas spum, mismas que se van a colocar dando la forma clásica de cada uno de los asientos, como se observa en la figura 111.

En lo referente a la tapicería se procedió a realizar los moldes mediante el uso de plástico, de esta manera lo que se trata es evitar tener moldes incorrectos al momento de dar la forma requerida del tapizado de los asientos, lo que se logra es tener un buen temple del material utilizado, en este caso se trabajó con cuerina Americana.



Figura 111 Tapicería asientos delanteros

En la figura 112, se observa la tapicería en los asientos traseros, lo que se trató con este diseño es contar con un modelo clásico, resaltando así la originalidad de cada una de las partes del interior del habitáculo.



Figura 112 Tapicería asiento trasero

5.2.2 Paneles y laterales

Para la elaboración de la tapicería de las partes laterales de la limusina Volkswagen Escarabajo, se realizó un trabajo previo en lo referente a los moldes de dichas partes, indicados en la figura 113, para luego proceder a acolchonarlas con esponja, darles forma y grosor, para luego proporcionar el diseño final para su presentación, contando con líneas de diseño para tener un buen combinando con los asientos y elementos del interior.



Figura 113 Molde parte lateral

En la figura 114, se indica el proceso final de tapicería de las partes laterales, pudiendo observar los detalles que se tienen en relación con la combinación del diseño de los asientos.



Figura 114 Tapicería parte lateral

5.2.3 Alfombrado del piso y techo

El trabajo que se realizó en el piso del habitáculo de la limusina Volkswagen Escarabajo, se lo hizo mediante la utilización de una capa de aislante tanto de ruido como de vibraciones, esto se procedió a colocar alrededor de todo el contorno del piso para luego colocar la tapicería de la alfombra, cubriendo cada uno de los elementos que se encuentran en su interior.

Para un mejor soporte del piso al momento de la utilización del habitáculo para ocupantes como tripulantes, se colocó un piso de madera, para una mejor estabilidad al momento del ingreso y a su vez para lograr tener una mejor estética entre el piso y la división hacia la parte del conductor, para poder observar la combinación de materiales, observar en la figura 115.



Figura 115 Alfombrado parte del piso

En lo referente a la colocación del techo, este tiene en su interior un material aislante de ruidos y vibraciones, lo que se espera con esto, es generar un mayor temple del material utilizado para la tapicería, así poder evitar ruidos externos por construcción del vehículo y del medio en donde se va a desempeñar el mismo, observar la figura 116.



Figura 116 Tapicería del techo

5.3 Instalación de audio y video

Para la selección de los elementos que van a conformar el sistema de audio y video para el interior del habitáculo de la limusina Volkswagen Escarabajo, se procedió a buscar un radio que cuente con conexión a televisión, de manera que se pueda controlar todas las acciones desde la parte frontal.

La reproducción del video se da mediante una televisión LED marca KALLEY, misma que se encuentra conectada a un radio marca PIONEER, el cual nos va a facilitar la reproducción tanto del audio como del video para el habitáculo de los ocupantes.

El sistema de sonido se encuentra alimentado por medio de un amplificador potencia marca BETTER de 1200 Watts de salida que cuenta con 4 canales de conexión, 2 de los canales controlan el sonido de la caja de audio, constituida por un bajo de doble bobina, 2 parlantes medios y 2 parlantes twitter; para la reproducción del sonido de la televisión se da por medio de la caja de audio y a la vez por un parlante subwoofer rectangular marca SAMSUNG, que se lo puede controlar independientemente o en conjunto con toda la conexión de audio y video, en la figura 117 se observa la colocación de la televisión y el parlante sobre la división entre habitáculo de ocupantes y del conductor.



Figura 117 Sistema de audio y video

5.4 Instalación del minibar

Para la instalación del minibar de uso para los ocupantes dentro del habitáculo, se le adecuo con los detalles externos que tiene el capó para un realce en su color y contextura de presentación, teniendo en su interior el espacio para la ubicación de dos botellas, un par de rieles para colgar copas, un agujero donde se inserta un balde de aluminio que cumple con la función de nevera y en su parte superior agujeros para la inserción de vasos.

Este minibar se lo empotró de manera homogénea con la división entre la parte de ocupantes con la del chofer, ubicado bajo la televisión y el parlante subwoofer, este se encuentra empernado y puede ser desmontado con facilidad. La apertura y cierre de sus puertas va de acuerdo a la necesidad de ocupación que se le da al mismo, en la figura 118 se observa la fijación del minibar dentro del habitáculo de los ocupantes.



Figura 118 Fijación de minibar

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Se investigó y analizó las normas y reglamentos afines relacionados al diseño y construcción de carrocerías y automóviles, debido a la no existencia de una norma específica para limusinas.
- Se modeló y diseñó el bastidor y la carrocería de la limusina escarabajo con la utilización de SolidWorks 2015 y ANSYS 16 obteniendo parámetros de diseño que se encuentran dentro de los valores establecidos en las normas.
- Las cargas aplicadas dentro del análisis estructural se seleccionaron acorde al método LRFD, especificado en la norma INEN 1323, las cuales nos permitieron comprobar que el diseño soportara los esfuerzos a los que va a estar sometido mediante la obtención de factores de seguridad adecuados.
- El análisis de impactos se realizó en función de ensayos y parámetros europeos, a partir de ellos se obtuvo las deformaciones totales las cuales no sobrepasan el límite máximo especificado por la norma INEN 1323, corroborando así la no afectación de la integridad del habitáculo en dichos sucesos.
- Se construyó los paneles necesarios para la fabricación de la limusina con diagramas de procesos propuestos por nosotros mismo, conservando las líneas de diseño originales con las cuales se fabricó el Volkswagen Escarabajo.

- Mediante los softwares utilizados, nos permiten implementar componentes sobre la limusina, que se desean acoplar a condiciones específicas en el campo donde se va a desempeñar, de manera que se reduce el tiempo de diseño y los costos a manejar al momento de su implementación.
- Para la realización del proceso de chapistería y pintura, se utilizaron materiales de alta calidad, así como la mano de obra empleada, lo que ayudó al momento de la conservación de la originalidad del vehículo y así mantener la estética conservando todas las líneas que generan el realce al momento de su movilización.

6.2 Recomendaciones

- Realizar una revisión periódica a la carga de batería, ya que al estar expuesta al trabajo con todos los componentes del interior del habitáculo que consumen su corriente, esta puede llegar a perder su vida útil de manera acelerada.
- Al no contar con una norma específica para el diseño de limusinas en nuestro país, se debe priorizar a la creación de una reglamentación a seguir para la modificación de este tipo de vehículos.
- No sobrepasar el peso de carga admitido que tiene la limusina, que es de 6 personas, 4 en el habitáculo, chofer y copiloto, ya que se diseñó bajo parámetros para la implementación de cada uno de los sistemas, razón por la cual se puede evitar fallos en la carrocería y en diseño que se ha propuesto.
- Verificar tiempos de trabajo para la obtención de materiales necesarios en el montaje de cada uno de los elementos que se van a utilizar en la construcción de la limusina Volkswagen Escarabajo, basándose en los diagramas de procesos implementados en cada componente.
- Para garantizar un trabajo óptimo de los elementos amovibles, dar un mantenimiento preventivo a cada uno de ellos, regulándoles y lubricándoles, para poder extender el tiempo de vida y aumentar sus tiempos de operación.

BIBLIOGRAFÍA

- ANSYS. (11 de 2013). *ANSYS Meshing User's Guide*. Canonsburg.
- Arroyo, E., & Ayala, R.,. (2013). Diseño de la suspensión. En *Diseño y construcción del bastidor y sistema de suspensión de un Car - Cross monoplaça para servicio turístico* (págs. 33 - 35). Latacunga.
- Campaña, G. P. (2006). Diseño y construcción de un radiador de automóvil para el Chevrolet Corsa 1300 y elaboración de un Software para el diseño. Latacunga.
- Cartés. Filtros para cabina de pintura. *aldAIR*, 2.
- G. Budynas y J. Nisbett. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Bogotá: Mc Graw Hill.
- Iza, H. (2013). Análisis de los tiempos empleados en el frenado de un vehículo y cálculo del impulso mecánico generado en un choque frontal. *ENERGÍA MECÁNICA - INNOVACIÓN Y FUTURO*, 16.
- Mantenimiento de Vehículos. En E. d. Documentación. Madrid: CEDE.
- (1967). Manual de instrucciones y carnet de mantenimiento. En Volkswagenwerk. Wolfsburg.
- (1982). Manuales para el taller-CECSA. En S. Publications. México, D.F.: Continental S.A.
- Mera, D. (2015). Barrido de sólidos finos. En *Análisis, simulación y evaluación de los esfuerzos y deformaciones, entre el método analítico y el método de elementos finitos, de una compuerta tipo vagón para desagüe de fondo* (pág. 95). Guayaquil.
- Mott, R. L. Factores de diseño. En *Diseño de elementos de máquinas* (pág. 185). México, D.F.: Pearson.
- Nisbett, R. G. (2008). Soldadura, adhesión y diseño de uniones permanentes. En *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Bogotá: Mc Graw Hill.
- Rodríguez, P. C. (2001). Manual de Soldadura. En *Soldadura Eléctrica, MIG y TIG* (págs. 55 - 57). Buenos Aires: Alsina.

- Tungurahua, N. (18 de 12 de 2006). *Se creó primera limusina ejecutiva*.
- Varelo, E. F. (2004). El método de los elementos finitos. En *Aportaciones al estudio de las máquinas eléctricas de flujo axial mediante la aplicación del método de los elementos finitos* (pág. 111).
- Vargas A., M. M. (2007). VOLKSWAGEN NEW BEETLE. *Superautos*, 5.
- Volkswagenwerk. (1972). Manual de instrucciones VW 1500. Alemania.

NETGRAFÍA

- Amuraworld. (13 de 09 de 2012). *La Limousine*. Obtenido de <http://www.amuraworld.com/topics/collection/articles/73-la-limousine> :[Recuperado el 20/01/2015]
- Andrés. (26 de 05 de 2013). *Descripción del bastidor*. Obtenido de <http://enfriadosporaire.com.ar/w/wp-content/uploads/2013/05/ch1.jpg> :[Recuperado el 10/08/2015]
- Anrango, L. (02 de 10 de 2000). *Biblioteca virtual*. Obtenido de <http://www.banrepcultural.org/node/92120> :[Recuperado el 15/07/2015]
- Arqhys. (22 de 05 de 2004). *Ingeniería asistida por ordenador*. Obtenido de <http://www.arqhys.com/contenidos/ingenieria-asistida-ordenador.html> :[Recuperado el 07/11/2015]
- Benalcázar, J. (05 de 01 de 2011). *PARQUE AUTOMOTOR DEL ECUADOR*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/46322132/parque-automotor-Consulta#scribd> :[Recuperado el 20/11/2015]
- Colombia, 3. (01 de 08 de 2007). *Capa Guía de Lijado*. Obtenido de <http://multimedia.3m.com/mws/media/831728O/automotive-repairing.pdf?fn=Hoja%20Tecnica%20CapaGuiaLijado.pdf> :[Recuperado el 07/10/2015]
- Diveimport. (2015). *Chasis*. Obtenido de <http://microsite.divemotor.com/camiones/mineria-construccion/axor-para-construccion/chasis/> :[Recuperado el 16/09/2015]

- Espí, P. S. (01 de 03 de 2004). *Masillas de Relleno*. Obtenido de http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R19_A4.pdf :[Recuperado el 23/09/2015]
- Espinoza, M. C. (21 de 10 de 2013). *CARROCERÍAS DE VEHÍCULOS, TIPOS Y COMPONENTES*. Obtenido de <https://corralesespinoza.wordpress.com/2013/10/21/carrocerias-de-vehiculos-tipos-y-componentes/> :[Recuperado el 01/10/2015]
- Exsa. (1999). Manual de Soldadura & Catálogo de Productos. 70. Obtenido de <http://www.edu.xunta.es/centros/cifpcoroso/gl/system/files/Manual+de+Soldadura+Oerlicon.pdf> :[Recuperado el 05/08/2015]
- Filipus. (01 de 06 de 2011). *autovazclub*. Obtenido de Factores importantes en el proceso de soldadura: <http://www.autovazclub.com/t1839-6-factores-importantes-en-el-proceso-de-la-soldadura-4> :[Recuperado el 13/08/2015]
- Galbarro, H. R. (06 de 2012). *El bastidor de los vehículos*. Obtenido de ingemecánica: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn69.html> :[Recuperado el 11/09/2015]
- Galitruvalcaba. (2014). *VW ESCARABAJO DIBUJO*. Obtenido de <http://www.imagui.com/a/vw-escarabajo-dibujo-ixEboodzE> :[Recuperado el 18/07/2015]
- Garage, R. (2001). Obtenido de www.revesby-garage.co.uk/index.php :[Recuperado el 29/10/2014]
- Garza, L. F. (09 de 05 de 2007). Método de análisis por elementos finitos y descripción del software Algor. En *Análisis del diseño en elemento finito del amortiguador para el tren principal de una aeronave de radio control para la competencia SAE Aero Design 2007*. Cholula. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/moisés_g_lf/capitulo05.pdf :[Recuperado el 17/11/2015]

- *Historia del Volkswagen.* (2005). Obtenido de <http://www.avwc.org/castella/historiavw.htm> :[Recuperado el 05/01/2015]
- *La web de la pintura.* (12 de 11 de 2014). Obtenido de <http://www.las-pinturas.com/enmasillado.html> :[Recuperado el 17/08/2015]
- Lamsako. (2008). *Wikipedia.* Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Radio_de_giro_\(veh%C3%ADculos\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Radio_de_giro_(veh%C3%ADculos)) :[Recuperado el 25/10/2015]
- Lauzirika, E. (15 de 12 de 2011). *Inauxa.* Obtenido de <http://www.inauxa.com/es/subframe/> :[Recuperado el 03/09/2015]
- *Listadepalabras.es.* (2010). Obtenido de http://www.listadepalabras.es/palabra_significado.php?woordid=LIMUSINA :[Recuperado el 05/11/2015]
- Mantenimiento y reparación de automotores. En T. d. reparación, *Manual didáctico pintor de carrocería* (pág. 32). Buenos Aires. Obtenido de http://www.trabajo.gob.ar/downloads/formacioncontinua/MD_MANTENIMIENTO_Y_REPARACION_DE_AUTOMOTORES_Pintor_de_carroceria.pdf :[Recuperado el 11/06/2015]
- *Manual forodetalles.* Obtenido de <http://manual.forodetalles.com/pulido> :[Recuperado el 16/09/2015]
- Martínez, A. P. (16 de 04 de 2015). *CHASIS.* Obtenido de <http://arpmchasis.blogspot.com/> :[Recuperado el 16/09/2015]
- Monroy, C. d. (17 de 04 de 2015). *Procedimiento de unión: Soldadura.* Obtenido de <https://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf> :[Recuperado el 12/08/2015]
- Moreno, J. (20 de 06 de 2010). *Fuentes de Información.* Obtenido de <http://joshy323sena.blogspot.com/> :[Recuperado el 07/01/2015]
- Pisano, F. E. (08 de 11 de 2000). *¡VOLKSWAGEN!: LA HISTORIA.* Obtenido de [http://www.argentinavwclub.com.ar/Docs/link-historiavw\(2\).htm](http://www.argentinavwclub.com.ar/Docs/link-historiavw(2).htm) :[Recuperado el 17/12/2014]

- Puente, L. (24 de 10 de 2012). *TIPOS DE CARROCERÍA*. Obtenido de <http://puentelara.blogspot.com/2012/10/tipos-de-carroceria-componentes.html> :[Recuperado el 27/10/2015]
- Randroide. (2006). *Categoría:Anexos:Automoción*. Obtenido de Anexo:Cx de automóviles: https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Cx_de_automóviles :[Recuperado el 19/11/2015]
- Rosaspape. (25 de 04 de 2014). *Historia del Volkswagen Escarabajo*. Obtenido de www.rosaspape.com/motor/evw.html :[Recuperado el 13/05/2015]
- Soldexa. (2015). *SMAW, Aceros de Bajo Carbono*. Obtenido de www.soldexa.com.pe :[Recuperado el 09/09/2015]
- Sportbugger. (15 de 12 de 2008). *TheSamba.com*. Obtenido de <http://www.thesamba.com/vw/forum/viewtopic.php?p=5211591> :[Recuperado el 17/08/2015]
- Tecnochoche. (08 de 01 de 2015). *Bastidor*. Obtenido de http://www.tecnochoche.com/mecanica/mecanica_basica/bastidor.html :[Recuperado el 07/06/2015]
- Thk. *Guías LM*. Obtenido de <http://www.thk.com/?q=es/node/4318> :[Recuperado el 21/11/2015]
- *Tiempos de expansión y cambios*. (2005). Obtenido de <http://www.avwc.org/castella/historiavw2.htm> :[Recuperado el 05/06/2015]
- Urbi, T. (03 de 01 de 2013). *Volkswagen (VW) Beetle Body Dimensions, Measurements and Specifications*. Obtenido de <http://urightbrothers.blogspot.com/2013/01/volkswagen-vw-beetle-body-dimensions.html> :[Recuperado el 12/07/2015]
- Vaca, J. E. (27 de 07 de 2011). *El bastidor de un vehículo*. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4983/fichero/1+Memoria%252FCapitulo+2+El+bastidor+de+un+vehiculo.pdf> :[Recuperado el 29/08/2015]

- *Volkswagen (1940...)*. (s.f.). Obtenido de www.autopasion18.com/HISTORIA-VOLKSWAGEN.htm :[Recuperado el 03/03/2015]
- Volkszone.com. (2015). *Dimensions and Weights*. Obtenido de <http://www.volkszone.com/VZi/showthread.php?t=557697> :[Recuperado el 17/06/2015]
- Wave, P. (08 de 05 de 2012). *WELDERS AND WELDING TOOLS*. Obtenido de <http://www.purplewave.com/cgi-bin/mnlist.cgi?120508/D7714/5> :[Recuperado el 09/07/2015]

ANEXOS



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

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue realizado por los señores Stalin Fernando Rosero Malquín y Nelson Roberto Vallejo Pasquel, bajo mi supervisión.

Ing. Guido Torres
DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:

Ing. Víctor D. Zambrano
**DIRECTOR DE LA CARRERA
DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

Certificado por:

Dr. Freddy Jaramillo
SECRETARIO ACADÉMICO

Latacunga, Diciembre del 2015