

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO MINI-BAJA SAE

**CARLOS FABIAN PATIÑO CASTILLO
CHRISTIAN ALDEY CALDERON ACUÑA
JUAN CAMILO ORTIZ LIEVANO
OSCAR FERNANDO RODRIGUEZ PICO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2008

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO MINI-BAJA SAE

**CARLOS FABIAN PATIÑO CASTILLO
CHRISTIAN ALDEY CALDERON ACUÑA
JUAN CAMILO ORTIZ LIEVANO
OSCAR FERNANDO RODRIGUEZ PICO**

**Trabajo de grado para optar por el título de
INGENIERO MECANICO**

**DIRECTOR
ALFONSO SANTOS JAIMES
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2008

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar, a Dios por darme el entendimiento, la perseverancia y la constancia para realizarme como estudiante, como persona y como profesional.

Con mucho cariño a mi madre Victoria Pico Berdugo y a mi padre Ariel Rodriguez Vega por darme la vida y brindarme el apoyo necesarios, pero sobre todo por su cariño incondicional, su respaldo y su confianza.

A mi novia Marith Johanna Grass Rangel, por su colaboración, comprensión y apoyo incondicional en la búsqueda de las metas y sueños en mi camino.

Hoy puedo decir que he culminado una de mis metas ascendiendo un escalón más, aunque el camino sigue y cada nuevo rumbo no será igual que el anterior, puedo tener la seguridad de recorrerlo acompañado de mis padres y mi hermano, que son las personas incondicionales en mi vida.

OSCAR FERNANDO RODRIGUEZ PICO

A Dios, por darme la vida.
A mis padres José y Mercedes, Por su comprensión y apoyo incondicional.
A mi hermano por su colaboración.

FABIAN PATIÑO.

Quiero dedicar este proyecto a mis papas Rafael Ortiz y Nora Lievano por haberme brindado su apoyo incondicional en todos los momentos buenos y malos y por hacerme más fácil todo el camino recorrido, a mis hermanas Claudia Jimena y María Lucia quienes con cariño siempre estuvieron pendientes de todos mis logros, a mi novia Lina María Añez y mi niña Valentina por darme la alegría y las ganas de seguir adelante en todos mis proyectos y finalmente a mis compañeros por haber hecho más llevadero este proceso. Gracias totales

JUAN CAMILO ORTIZ LIEVANO

Dedico este proyecto a Dios.
Quien me dio la voluntad y la capacidad de lograr esta meta.
A mis padres Salvador y Nohemí quienes con su apoyo y sacrificio me alentaron
a seguir adelante.
A mis compañeros por su ayuda y brindarme momentos amenos.
A mi mismo por que este logro es fruto de mi esfuerzo.

CHRISTIAN CALDERON

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todas las personas que hicieron posible la elaboración de este proyecto.

A la Universidad Pontificia Bolivariana por la confianza que depositó en nosotros al brindarnos apoyo económico y académico;

A nuestro director de proyecto Ing. Alfonso Santos por el tiempo dedicado a nuestra asesoría;

A Santiago Butnaru porque gracias a su pasión y entrega fue más fácil este proceso.

A nuestros compañeros Juan Sabogal y Julio Díaz quienes fueron un apoyo en las etapas iniciales.

A la familia Calderón Acuña quienes nos facilitaron las instalaciones y las herramientas durante la construcción de nuestro vehículo y a la familia Ortiz Lievano por brindarnos un espacio agradable para el desarrollo del proyecto.

Al Ing. Néstor Ortiz porque gracias a los conocimientos que compartió con nosotros pudimos resolver muchos de los problemas que se nos presentaron en el camino.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	24
JUSTIFICACIÓN	25
OBJETIVO GENERAL	26
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
1. MARCO TEORICO	27
1.1 SOCIETY OF AUTOMTIVE INGINEERS (SAE)	27
1.1.1 Historia.	27
1.1.2 Competencias estudiantiles.	29
1.1.3 SAE Mini Baja Competition.	29
1.2 TECNICAS DE DISEÑO E INGENIERIA ASISTIDA POR COMPUTADOR	30
1.2.1 CAD (computational aided design)	30
1.2.1.1 Beneficios del CAD	30
1.2.2 CAE (Computational Aided Engineering)	31
1.2.3 Método de elementos finitos	31
1.2.3.1 Conceptos generales del método.	31
1.2.3.2 Metodología de análisis.	33
1.3 SISTEMAS QUE COMPONEN UN VEHÍCULO	33
1.3.1 Estructura de un vehículo	33
1.3.1.1 Características de la estructura.	34
1.3.2 SISTEMA DE SUSPENSION	34
1.3.2.1 Función.	34
1.3.2.2 Partes del sistema de suspensión3	34
1.3.2.3 Tipos de sistema de suspensión	35
1.3.3 SISTEMA DE DIRECCION	37
1.3.3.1 Función.	38

1.3.3.2 Características de un sistema de dirección.	38
1.3.3.3 Tipos de dirección	38
1.3.4 SISTEMA DE TRANSMISION	39
1.3.4.1 Función.	39
1.3.4.2 Mecanismos de transmisión.	39
1.3.5 SISTEMA DE FRENOS	41
1.3.5.1 Función.	41
1.3.5.2 Frenos mecánicos.	41
1.3.5.3 Frenos hidráulicos.	41
2. DINÁMICA DEL VEHICULO	43
2.1 GENERALIDADES	43
2.2 CARGAS DE LA CARRETERA	43
2.2.1 Fuerzas Aerodinámicas.	43
2.2.1.1 Mecánica del flujo de aire alrededor del vehículo.	44
2.2.1.2 Resistencia al avance.	44
2.2.1.3 Fuerza lateral.	44
2.2.1.4 Fuerza de levantamiento.	44
2.2.2 Resistencia a la Rodadura.	44
2.3 TRANSITABILIDAD	45
2.3.1 Suavidad de la Marcha.	45
2.3.2 Relación de Peso Carga Transportada-Vehículo.	45
2.3.3 Masa Suspendida y Masa no Suspendida.	46
2.4 GIRO EN CONDICIÓN ESTABLE	46
2.4.1 Ángulo de Salida.	46
2.4.2 Ángulo de Caída.	47
2.4.3 Ángulo de Avance.	47
2.5 Radio de Giro Máximo.	47
2.6 Influencia del Estado de los Neumáticos en la Dirección.	48
3. NORMAS SAE MINI-BAJA Y AUTORIDAD ORGANIZADORA	49
3.1 PARTICIPANTES.	49

3.1.1 Requisitos del participante.	49
3.2 VEHÍCULO.	50
3.2.1 Requisitos generales del vehículo	50
3.2.1.1 Objetivo.	50
3.2.1.2 Configuración del vehículo.	50
3.2.1.3 Dimensiones básicas del vehículo.	50
3.2.1.4 Desempeño en cualquier terreno.	50
3.2.1.5 Motor utilizado durante la competencia.	50
3.2.1.6 Roll- Cage.	50
3.2.1.7 Cinturón de seguridad.	51
3.2.1.8 Sistema de Frenos.	51
3.3 CONDUCTOR.	51
3.3.1 Equipo de seguridad del conductor	51
4. DISEÑO BASICO Y DETALLADO DEL MINI BAJA	52
4.1 ESTRUCTURA DEL MINI BAJA	52
4.1.1 Chasis.	52
4.1.2 Objetivo de Diseño.	53
4.1.2.1 Peso máximo.	53
4.1.2.2 Alta resistencia.	53
4.1.2.3 Seguridad.	53
4.1.2.4 Consideraciones SAE.	53
4.1.2.5 Ensamble.	54
4.1.2.6 Ergonomía.	54
4.1.2.7 Integración.	54
4.1.3 Requerimientos del Chasis	54
4.1.4 Selección de Materiales.	54
4.2 SISTEMA DE SUSPENSION DEL MINI-BAJA	55
4.2.1 Requisitos Sistema de Suspensión.	55
4.2.2 Selección Sistema de Suspensión.	55
4.2.3 Comparación y Análisis de Resultados.	60

4.2.4 Características del Sistema Seleccionado.	60
4.2.5 Características de los Amortiguadores Seleccionados.	60
4.2.6 CALCULOS DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN	61
4.3 SISTEMA DE DIRRECCION DEL MINI BAJA	63
4.3.1 Factores de Diseño.	63
4.3.2 Requisitos del Sistema.	64
4.3.3 Selección Sistema de Dirección.	64
4.3.4 Análisis de Resultados.	65
4.3.5 Características del Sistema Seleccionado	65
4.3.6 Característica del Sistema Adquirido.	65
4.3.7 Cálculos Sistema de Dirección.	65
4.4 SISTEMA DE TRANSMISION DEL MINI-BAJA.	68
4.4.1 Condiciones del Sistema de Transmisión	68
4.4.2. Características del Sistema de Transmisión.	68
4.4.3. Comparación y Análisis de Resultados.	69
4.4.4 Características del Sistema Seleccionado.	70
4.4.5 Motor.	70
4.4.6 Características del Sistema de Transmisión Mixta	71
4.4.6.1 Características de la transmisión por CVT.	71
4.4.6.2 Características de la transmisión por cadena.	71
4.4.7 Cálculos Sistema de Transmisión.	71
4.4.7.1 Calculo relación entre el piñón conductor y la catarina conducida.	71
4.5 SISTEMA DE FRENOS DEL MINI-BAJA	74
4.5.1 Requisitos Sistema de Frenos	74
4.5.2 Comparación y Análisis de Resultados.	75
4.5.3 Características del Sistema Seleccionado.	78
4.5.4 Características de los Frenos Adquiridos.	79
4.5.5 Cálculos del Sistema de Frenos	79
4.6 ANÁLISIS DE FLOTABILIDAD	81
4.6.1 Centro de gravedad	81

4.6.2	Diseño de flotadores	82
4.6.3	Material recomendado en la flotabilidad	82
5.	PROCESOS DE FABRICACION	84
5.1	SOLDADURA	84
	Figura 27. Proceso de soldadura 2.	85
5.2	PROCESOS DE FABRICACION DE CADA SISTEMA DEL VEHICULO	85
5.2.1	Chasis	85
5.2.2	Sistema de Suspensión	88
5.2.2.1	Suspensión delantera.	88
5.2.2.2	Suspensión trasera.	91
5.2.3	Sistema de Dirección	94
5.2.4	Sistema de Transmisión	97
5.2.5	Sistema de Frenos	101
5.2.5.1	Sistema de frenos delantero	101
5.2.5.2	Sistema de freno trasero	102
5.3	INCONVENIENTES DEL PORCESO DE FABRICACION	103
5.4	PIEZAS CONSTRUIDAS Y ADAPTADAS AL MINI-BAJA	104
6.	PRUEBAS REALIZADAS AL VEHICULO	109
6.1	PRUEBA DE VELOCIDAD.	109
6.2	PRUEBA DE ACELERACION.	110
6.3	PRUEBA DE FRENADO	110
6.4	PRUEBA DE ASCENSO.	111
6.5	PRUEBA DE ARRASTRE.	111
6.6	PRUEBA DE MANIOBRABILIDAD.	112
7.	REPORTE DE COSTOS	114
7.1	REPORTE DE COSTOS DE LA ESTRUCTURA	114
7.2	REPORTE DE COSTOS DEL SISTEMA DE SUSPENSION	114
7.3	REPORTE DE COSTOS DEL SISTEMA DE DIRECCION	115
7.4	REPORTE DE COSTOS DEL SISTEMA DE FRENOS	116
7.5	REPORTE DE COSTOS DEL SISTEMA DE TRANSMISION	116

8. CONCLUSIONES	118
9. RECOMENDACIONES	120
BIBLIOGRAFÍA	121
ANEXOS	122

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Análisis de fuerzas aerodinámicas	43
Tabla 2. Clasificación de variables sistema de suspensión.	57
Tabla 3. Promedio calificación suspensión delantera.	58
Tabla 4. Promedio calificación suspensión trasera.	58
Tabla 5. Consideraciones de selección para el sistema de dirección.	64
Tabla 6. Características sistema de dirección.	65
Tabla 7. Clasificación de variables sistema de transmisión.	69
Tabla 8. Promedio sistema de transmisión.	70
Tabla 9. Datos sistema de transmisión.	72
Tabla 10. Resultados velocidad y aceleración.	73
Tabla 11. Selección del sistema de frenos del mini baja.	76
Tabla 12. Resultados obtenidos en la calificación de características.	77
Tabla 13. Características que obtuvieron los mejores resultados.	78
Tabla 14. Fuerza promedio aplicada por el piloto	80
Tabla 15. Distribución de peso en el vehículo.	82
Tabla 16. Prueba diferentes mezclas.	83
Tabla 17. Lista de piezas construidas para el chasis.	104
Tabla 18. Lista de piezas construidas para el sistema de suspensión.	105
Tabla 19. Lista de piezas construidas para el sistema de dirección.	106
Tabla 20. Lista de piezas construidas para el sistema de transmisión.	106
Tabla 21. Lista de piezas construidas para el sistema de frenos.	107
Tabla 22. Lista de piezas adaptadas para el sistema de suspensión.	107
Tabla 23. Lista de piezas adaptadas para el sistema de dirección	107
Tabla 24. Lista de piezas adaptadas para el sistema de transmisión.	108
Tabla 25. Lista de piezas adaptadas para el sistema de frenos.	108
Tabla 26. Prueba de velocidad.	109

Tabla 27. Prueba de aceleración.	110
Tabla 28. Prueba de frenado.	110
Tabla 29. Prueba de ascenso.	111
Tabla 30. Prueba de arrastre.	112
Tabla 31. Prueba de arrastre de un vehículo.	112
Tabla 32. Prueba de maniobrabilidad.	112
Tabla 33. Prueba de seguridad.	113
Tabla 34. Reporte de costos de la estructura del mini baja.	114
Tabla 35. Reporte de costos del sistema de suspensión del mini baja.	114
Tabla 36. Reporte de costos del sistema de dirección del mini baja.	115
Tabla 37. Reporte de costos del sistema de frenos del mini baja.	116
Tabla 38. Reporte de costos del sistema de Transmisión del mini baja.	116
Tabla 39. Propiedades acero AISI 1020	175
Tabla 40. Propiedades acero AISI 1018	176
Tabla 41. Propiedades acero AISI 4130.	177

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Dominio y condiciones de contorno	32
Figura 2. Estructura Mini-Baja	33
Figura 3. Sistema de suspensión McPherson	35
Figura 4. Sistema de suspensión de paralelo deformable	36
Figura 5. Sistema de suspensión de rueda tirada.	36
Figura 6. Sistema de suspensión de brazo oscilante.	37
Figura 7. Sistema de dirección de un Mini-Baja	37
Figura 8. Sistema de dirección por cremallera.	38
Figura 9. Sistema de transmisión por cadena y piñones.	40
Figura 10. Sistema de transmisión por poleas y correa	40
Figura 11. Freno de disco	42
Figura 12. Efecto de la presión de inflado en el desgaste de los neumáticos.	48
Figura 13. Restricciones de diseño según SAE.	53
Figura 14. Tijera inferior delantera	59
Figura 15. Tijera superior delantera	59
Figura 16. Tijera inferior trasera	59
Figura 17. Tijera superior trasera.	60
Figura 18. Amortiguador	61
Figura 19. Análisis dinámico del vehículo.	61
Figura 20. DCL chasis del vehículo.	66
Figura 21. DCL de la llanta delantera.	67
Figura 22. Funcionamiento de la cremallera.	67
Figura 23. Aceleración vs RPM.	73
Figura 24. Velocidad vs RPM.	74
Figura 25. Curva de flotabilidad	82
Figura 26. Proceso de soldadura 1.	84

Figura 28. Base de la jaula y corta fuego.	86
Figura 29. Perfil de corte para ensamble de tubos.	86
Figura 30. Soporte del motor.	87
Figura 31. Dobles en los tubos.	87
Figura 32. Sistema de suspensión delantera.	88
Figura 33. Corte de tubos.	89
Figura 34. Tijera delantera	89
Figura 35. Dados, esféricas y bujes de unión al chasis.	90
Figura 36. Platinas redondeadas, soporte de unión de las tijeras al chasis.	90
Figura 37. Soporte del amortiguador delantero.	91
Figura 38. Sistema de suspensión trasero.	91
Figura 39. Tijera trasera.	92
Figura 40. Bujes de unión al chasis y mangueta trasera.	92
Figura 41. Soportes del amortiguador trasero.	93
Figura 42. Mangueta trasera	94
Figura 43. Árbol de dirección.	94
Figura 44. Bujes soporte de la columna de transmisión.	95
Figura 45. Soporte para la cremallera.	95
Figura 46. Veleta de mando modificada.	96
Figura 47. Soporte para los terminales de la dirección.	96
Figura 48. Transmisión del mini baja.	97
Figura 49. Motor	97
Figura 50. Disposición primaria, sistema de transmisión.	98
Figura 51. CVT Comet 45	98
Figura 52. CVT acoplada al motor y 1 ^{er} eje.	99
Figura 53. Disposición final, sistema de transmisión.	100
Figura 54. Pedal accionamiento del acelerador.	100
Figura 55. Soporte para bombas de freno.	101
Figura 56. Soporte caliper delantero	101
Figura 57. Bocin delantero.	102

Figura 58. Soporte disco de freno trasero.	102
Figura 59. Soporte para caliper trasero.	103
Figura 60. Chasis	122
Figura 61. Bocin delantero	122
Figura 62. Bocin trasero	123
Figura 63. Porta manguetas delantero	123
Figura 64. Portamanguetas trasera	124
Figura 65. Eje conductor	124
Figura 66. Eje conducido	125
Figura 67. Soporte catarina	125
Figura 68. Soporte disco trasero	126
Figura 69. Tijera trasera superior	126
Figura 70. Tijera trasera inferior	127
Figura 71. Tijera delantera inferior	127
Figura 72. Tijera delantera superior	128
Figura 73. Buje dirección	128
Figura 74. Portamangueta delantero exportado a ANSYS	145
Figura 75. Enmallado portamangueta delantero	146
Figura 76. Cargas aplicadas al portamangueta delantero	147
Figura 77. Deformación total portamangueta delantero	148
Figura 78. Esfuerzos equivalente de von-Mises portamangueta delantero	149
Figura 79. Factor de seguridad portamangueta delantero	150
Figura 80. Portamangueta trasero exportado a ANSYS	151
Figura 81. Enmallado portamangueta trasero	152
Figura 82. Cargas aplicadas al portamangueta trasero	153
Figura 83. Deformación total portamangueta trasero	154
Figura 84. Esfuerzos equivalente de von-Mises portamangueta trasero	155
Figura 85. Factor de seguridad portamangueta trasero	156
Figura 86. Eje conductor exportado a ANSYS	157
Figura 87. Enmallado eje conductor	158

Figura 88. Cargas aplicadas al eje conductor	159
Figura 89. Deformación total eje conductor	160
Figura 90. Esfuerzos equivalente de von-Mises eje conductor	161
Figura 91. Factor de seguridad eje conductor	162
Figura 92. Eje conducido exportado a ANSYS	163
Figura 93. Enmallado eje conducido	164
Figura 94. Cargas aplicadas al eje conducido	165
Figura 95. Deformación total eje conducido	166
Figura 96. Esfuerzos equivalente de von-Mises eje conducido	167
Figura 97. Factor de seguridad eje conducido	168
Figura 98. Tijera delantera exportada a ANSYS	169
Figura 99. Enmallado tijera delantera	170
Figura 100. Cargas aplicadas a la tijera delantera	171
Figura 101. Deformación total tijera delantera	172
Figura 102. Esfuerzos equivalente de von-Mises tijera delantera	173
Figura 103. Factor de seguridad tijera delantera	174
Figura 104. Análisis de centros de gravedad con diferentes posiciones del piloto	179

LISTA DE PLANOS

	Pág.
Plano 1. Chasis vista lateral	129
Plano 2. Chasis vista frontal	130
Plano 3. Chasis vista superior	131
Plano 4. Bocin delantero	132
Plano 5. Bocin trasero	133
Plano 6. Porta manguetas delantero	134
Plano 7. Porta manguetas trasero	135
Plano 8. Eje conductor	136
Plano 9. Eje conducido	137
Plano 10. Soporte catarina	138
Plano 11. Soporte disco trasero	139
Plano 12. Tijera trasera superior	140
Plano 13. Tijera trasera inferior	141
Plano 14. Tijera delantera inferior	142
Plano 15. Tijera delantera superior	143
Plano 16. Buje dirección	144

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. PIEZAS CONSTRUIDAS	122
ANEXO B. PLANOS PIEZAS	129
ANEXO C. Simulación en ANSYS de las piezas construidas del mini-baja.	145
ANEXO D. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	175
ANEXO E. CENTRO DE GRAVEDAD	179
ANEXO F. PRACTICA DE LABORATORIO	180

RESUMEN

El presente trabajo de grado permite visualizar el diseño y construcción de un vehículo todo terreno siguiendo las reglas, parámetros y consideraciones establecidas por la Sociedad de Ingenieros Automotrices SAE, para la participación de la competencia de obstáculos MINI-BAJA SAE; utilizando las herramientas, equipos y recursos disponibles en el mercado nacional e internacional.

El prototipo implementado cumple con las normas exigidas, logrando afrontar, sortear y superar pruebas de arrastre, aceleración y velocidad exigidas, las cuales fueron realizadas en las instalaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga.

Palabras Claves: SAE, Mini-Baja, Todo terreno, Prototipo, Vehículo, Velocidad, Aceleración, Arrastre, Prueba.

ABSTRACT

This work degree permits visualize the design and construction of a all land vehicle according to the rules, parameters and considerations establish by the Society of Automotive Engineers SAE, to the participation of the race of obstacles MINI – BAJA SAE; using the tools, equipments and available resources in the national and international market.

The implement prototype meets the required standards, making deal, avoid and overcome drag tests, acceleration and speed demanded, which were made in the Universidad Pontificia Bolivariana campus Bucaramanga.

Key words: SAE, Mini-Baja, All Land, Prototype, Vehicle, Velocity, Acceleration, Drag, Test.

INTRODUCCION

La idea de construir un vehículo todo terreno (off road) como un proyecto de grado surge del reto que conlleva diseñar y probar un prototipo inspirado en la competencia internacional que organiza la SAE (Society of Automotive Engineers) donde participan todos los estudiantes de ingeniería de las más importantes universidades.

Este proyecto pretende simular el mundo real de ingeniería con los problemas asociados al diseño de vehículos tales como climas extremos, terrenos accidentados, pendientes pronunciadas y variedad de terrenos.

El vehículo es diseñado bajo los parámetros dispuestos por la SAE los cuales presentan las condiciones de diseño y punto de partida para su construcción teniendo en cuenta factores como economía de producción, bajo peso, resistencia y seguridad en condiciones normales y extremas de exigencia.

Aplicar los conocimientos adquiridos durante el proceso de aprendizaje con el propósito de afrontar y solucionar inconvenientes industriales así como conocer el funcionamiento de conjuntos diseñados y fabricados para suplir necesidades.

JUSTIFICACIÓN

La carrera de ingeniería mecánica se considera una escuela relativamente nueva en La Universidad Pontificia Bolivariana, es por esto que se pretende intercambiar conocimientos y experiencias vividas por facultades de otras universidades que ya se han vinculado a desafíos como este, buscando internacionalizar el proceso de aprendizaje con el fin de ampliar la visión de la profesión.

Con el diseño y construcción de un vehículo buggy todo-terreno se busca profundizar en el conocimiento automotriz, explorando las diferentes variables que intervienen en la fabricación de las piezas y en el ensamble de cada uno de los sistemas de potencia, seguridad y control requeridos para su buen desempeño. A si mismo, facilitar la fundamentación del conocimiento, puesto que en el estudio de una ingeniería se debe implementar con la adquisición de experiencias prácticas (laboratorios).

OBJETIVO GENERAL

Diseñar, construir y probar un vehículo MINI-BAJA V1.0 siguiendo los parámetros establecidos por la SAE para competir en la formula MINI-BAJA SAE superando las adversidades a las que un vehículo automotor todo-terreno se puede enfrentar.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los parámetros establecidos por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) mediante el análisis de las normas establecidas para la competencia que se lleva a cabo del 1 al 3 de mayo de 2008 en la ciudad de Tennessee EE.UU.
- Realizar el diseño conceptual y básico del vehículo mediante la implementación de los programas Solid Edge y Ansis, con base en los parámetros establecidos por la SAE.
- Realizar los planos detallados del vehículo tomando como referencia el diseño básico y las simulaciones realizadas.
- Construir el vehículo a partir de los planos detallados, con las herramientas y los materiales disponibles en el mercado nacional e internacional.
- Realizar las pruebas de aceleración y frenado en una pista recta plana y uniforme; la estabilidad se probara en la pista de MotoCross ubicada en la localidad de Lebrija y la flotabilidad en un lago adecuado.
- Implementar una práctica para el laboratorio de diseño de máquinas en donde se muestren los principales componentes de un vehículo todo terreno (Chasis, dirección, sistema de frenos, suspensión, transmisión).

1. MARCO TEORICO

1.1 SOCIETY OF AUTOMTIVE ENGINEERS (SAE)

1.1.1 Historia. En el año 1900 hubo docenas de fabricantes de automóviles en Estados Unidos y el mundo, muchas compañías fabricantes de piezas de automóviles se sumaron a grupos comerciales, debido a que esta era una nueva forma de transporte. Con el paso de los años esta sociedad se convirtió en una organización encargada de desarrolla estándares de la industria automotriz los cuales regulan el diseño, construcción, mantenimiento y operación de vehículos autopropulsados.

En la década de 1900 dos hombres Peter Heldt de la revista The Horseless y Horace Swetland de la revista The Automobile defendieron los conceptos que formaron la creación de la Sociedad de Ingenieros Automotrices SAE. En junio de 1902 Heldt escribió una editorial en la que dijo “Ahora hay una notable tendencia de los fabricantes de automóviles a seguir ciertas líneas de construcción, cuestiones técnicas que surgen constantemente para buscar una solución a partir de la cooperación técnica de los hombres relacionados con la industria. Estas preguntas podrían ser tratadas por la sociedad. El campo de actividad de esta sociedad sería la parte técnica de los automóviles. [1]

Del mismo modo Horace Swetland utilizo su editorial para convertirse en el ingeniero del automóvil de esos días, convirtiéndose en un verdadero oficial de la SAE. 27 meses después de la publicación de Heldt con sede en la ciudad de New York nació la Sociedad de Ingenieros Automotrices.

En la reunión que se realizo en 1916 donde estuvieron presentes los representantes de la Sociedad Americana de Ingenieros Aeronáuticos, Sociedad de Ingenieros de Tractor, y los representantes de la industria de los botes de motor, propusieron a la SAE para la supervisión de las normas técnicas en sus industrias. Después de este importante encuentro surgió una nueva organización con nuevos horizontes, ya que no solo se tenía en cuenta el automóvil, sino todos los medios de transporte como aeronaves, automóviles, botes, trenes y todo tipo de vehículo automotor.

En la primera y segunda guerra mundial, SAE desempeño un papel clave en los esfuerzos de las tropas militares aliadas, participando en importantes avances tecnológicos en automóviles y aviones militares, siendo una parte vital de la SAE el servicio a las industrias y a la humanidad. Tras la segunda guerra mundial el

énfasis de esta sociedad se amplió primordialmente a la organización e intercambio de diferentes normas y parámetros.

En 1947 se realizó la primera reunión anual de SAE la cual evolucionó hasta convertirse en un importante evento de educación y exhibición, conociéndose hoy en día como el Congreso Mundial SAE. Para el año de 1950 ya superaban los 18000 profesionales.

En 1980 los miembros de la SAE ya habían aumentado a más de 35000. Durante la década de 1980 se establecieron publicaciones electrónicas, actividad que ahora produce docenas de CD-ROM interactivos, basado en los productos de la web, y ofrece descargas de miles de normas y documentos técnicos que permiten a los usuarios de todo el mundo el acceso instantáneo a información técnica importante.

Para las siguientes dos décadas la sociedad, al igual que las industrias y las personas que le sirve, se hizo más grande, más global, más diversa y más electrónicos. SAE ahora crea y gestiona más terreno aeroespacial y de normas relativas a los vehículos que ninguna otra entidad en el mundo.

SAE Internacional sirve a sus integrantes de muchas maneras. A través de sus revistas reconocidas mundialmente, Automotive Engineering International, Aerospace Engineering & Manufacturing, y Off Highway Engineering, SAE mantiene la comunidad informada sobre los últimos acontecimientos sobre el campo industrial.

Durante el decenio de 1990, SAE Internacional anunció la formación de SAE Brasil, una filial con más de 1500 miembros y un Congreso Mundial anual propio. SAE inauguró cuatro secciones geográficas en el subcontinente indio, y estableció nuevas secciones en China, Rusia, Rumania y Egipto, por nombrar algunos. En 2002, SAE India se estableció formalmente como un funcionario afiliado de SAE Internacional.

Una de las claves de la sociedad ha sido fomentar y apoyar el desarrollo de las capacidades profesionales en el ámbito del transporte de las comunidades en las que tenemos presencia. En un esfuerzo por promover la ciencia y el conocimiento en el campo de automoción, y ayudar a garantizar que las industrias tengan una potencial fuerza de trabajo más calificada. La fundación SAE recauda fondos para apoyar el desarrollo y la distribución de planes de estudio para los niños de los 4 años a los 8 años.

En la actualidad la sociedad cuenta con más de 90000 miembros entre profesionales y estudiantes, los cuales se encargan de desarrollar la información técnica sobre todas las formas de vehículos automotores incluyendo coches,

camiones y autobuses, aviones, vehículos aeroespaciales, y sistemas de tránsito marino y ferrocarril.

1.1.2 Competencias estudiantiles. Las competencias estudiantiles organizadas por la SAE buscan desarrollar las habilidades a las que los estudiantes se enfrentan cuando es necesario resolver un problema de ingeniería buscando complementar su proceso de educación y a su vez desarrollar nuevas ideas que puedan convertirse y aplicarse en tecnologías e industrias para el servicio de la sociedad.

1.1.3 SAE Mini Baja Competition. La competencia Mini Baja tuvo sus inicios en 1976 cuando el Profesor F. J. Stevens de la Universidad de Carolina del Sur (EE.UU) decide dar inicio a esta competencia, la cual con el paso de los años obtuvo el apoyo de la SAE.

Mini Baja consiste en diferentes competencias que simulan proyectos de diseño de ingeniería del mundo real y sus desafíos asociados. La tarea de los estudiantes de ingeniería es diseñar y construir un vehículo off-road (todo terreno) que sobreviva el maltrato severo del terreno.

El objetivo de la competencia es darles a los estudiantes un proyecto que involucre las tareas de planeamiento y manufactura que aparecen cuando se desea introducir un nuevo producto al mercado. Los equipos compiten entre sí para que su diseño sea aceptado para ser fabricado por una firma ficticia. Los estudiantes deben funcionar como un equipo para no solamente diseñar, construir, testear, promover y correr el vehículo dentro de los límites del reglamento, sino que además deben conseguir apoyo financiero para su proyecto y administrar sus prioridades educativas.

Todos los vehículos están equipados con un motor Briggs & Stratton 10 hp OHV Intek Model 205432 donado por Briggs & Stratton Corporation. Por más de veinticinco años, la generosidad de Briggs & Stratton permitió que SAE entregue a cada equipo un motor sin cargo. El uso del mismo motor para todos los equipos hace más competitivo el diseño del vehículo.

Mini-Baja SAE organiza cada año diferentes competencias en diferentes Universidades del mundo para el 2008 se han organizado siete competencias con diferentes modalidades de carrera. [2]

- Baja SAE Tennessee
- Baja SAE Brasil
- Baja SAE Korea
- Baja SAE South África
- Baja SAE Montreal

- Baja SAE Illinois
- Baja SAE México

Generalmente la competencia se desarrolla en un periodo de 4 días y consta de diferentes pruebas:

- Evento estático
 1. Reporte de diseño
 2. Diseño
 3. Reporte de costos
 4. Costos de prototipo
- Evento dinámico
 1. Aceleración
 2. Tracción
 3. Evento de maniobrabilidad
- Evento especial
 1. Carrera

En las competencias se encuentran diferentes retos, desde Rock Crawl hasta Water Maneuverability.

Cada año se presentan nuevas reglas establecidas por la SAE.

1.2 TECNICAS DE DISEÑO E INGENIERIA ASISTIDA POR COMPUTADOR

1.2.1 CAD (computational aided design)

La tecnología CAD (Diseño Asistido por Computador) permite la creación y visualización en el computador de objetos de geometría compleja, sin la necesidad de generar prototipos físicos.

1.2.1.1 Beneficios del CAD

- Evaluar la apariencia detallada de las piezas finales sin haberlas construido.
- Reducir los tiempos de conceptualización de las piezas.
- Identificar problemas de acople y espaciamento.
- Manejar integralmente la información a lo largo de la investigación.

1.2.2 CAE (Computational Aided Engineering)

La tecnología CAE (Ingeniería Asistida por Computador) permite crear prototipos virtuales e identificar el comportamiento Integral de Piezas y Modelos ante diferentes tipos de fenómenos, entre los cuales se encuentran: estructurales, térmicos, electromagnéticos y campo acoplado.

Los programas CAE están basados en Aproximaciones a la realidad, análisis matemáticos, solución de Ecuaciones diferenciales parciales y método de los Elementos Finitos.

1.2.3 Método de elementos finitos

El método de los elementos finitos (MEF) se constituye de gran importancia en la solución de problemas ingenieriles, físicos, etc., puesto que permite resolver casos que por los métodos matemáticos tradicionales sería muy complicado resolver y obligaba a realizar ensayos y pruebas en prototipos elaborados, lo que generaba elevados costos económicos y tiempo en la optimización del producto final.

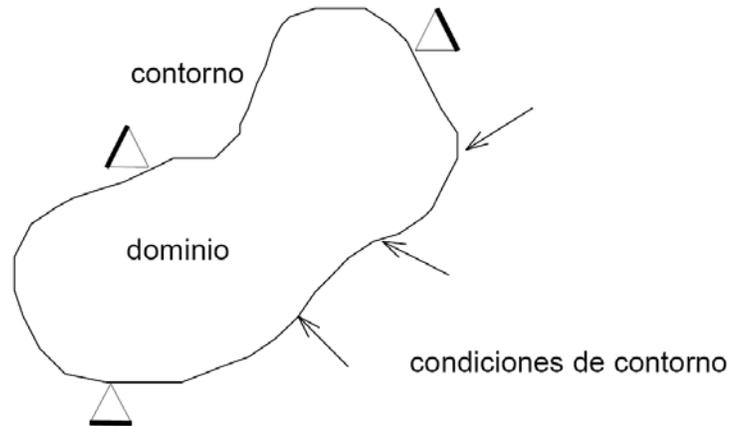
El MEF permite realizar y visualizar un modelo matemático de cálculo del sistema real, más fácil y económico de modificar que un prototipo. Sin embargo mantiene las características de un método aproximado debido a las hipótesis básicas del método. Los prototipos, por lo tanto, siguen siendo necesarios, pero en menor número, ya que esta herramienta puede acercarse al diseño óptimo sin las complicaciones que sugieren el ensayo y error en prototipos experimentales.

1.2.3.1 Conceptos generales del método. El procedimiento general del método de los elementos finitos es la división de un continuo en un conjunto de pequeños elementos interconectados por una serie de puntos llamados nodos. Las ecuaciones que rigen el comportamiento del continuo regirán también el del elemento. De esta forma se consigue pasar de un sistema continuo (infinitos grados de libertad), que es regido por una ecuación diferencial o un sistema de ecuaciones diferenciales, a un sistema con un número de grados de libertad finito cuyo comportamiento se modela por un sistema de ecuaciones, lineales o no.

En cualquier sistema a analizar se puede distinguir entre:

- Dominio: Espacio geométrico donde se va a analizar el sistema.
- Condiciones de contorno: Variables conocidas y que condicionan el cambio del sistema: cargas, desplazamientos, temperaturas, voltaje, focos de calor, etc.
- Incógnitas: Variables del sistema que se desean conocer después de que las condiciones de contorno han actuado sobre el sistema: desplazamientos, tensiones, temperaturas, etc.

Figura 1. Dominio y condiciones de contorno



Tomado de: Ing. Thomas, Solano.

El método de los elementos finitos supone, para solucionar el problema, el dominio discretizado en subdominios denominados elementos. El dominio se divide mediante puntos (caso lineal), líneas (caso bidimensional) o superficies (caso tridimensional) imaginarias, de forma que el dominio total en estudio se aproxime mediante el conjunto de porciones (elementos) en que se subdivide. Los elementos se definen por un número discreto de puntos, llamados nodos, que conectan entre si los elementos. Sobre estos nodos se materializan las incógnitas fundamentales del problema. En el caso de elementos estructurales estas incógnitas son los desplazamientos nodales, ya que a partir de éstos se puede calcular el resto de incógnitas de interés: tensiones, deformaciones, etc. A estas incógnitas se les denomina grados de libertad de cada nodo del modelo. Los grados de libertad de un nodo son las variables que determinan el estado y/o posición del nodo. Los grados de libertad de cada nodo son:

- Desplazamientos en dirección x
- Desplazamientos en dirección y
- Giro alrededor de z
- Temperatura

El sistema debido a las condiciones de frontera: empotramiento, fuerza puntual y temperatura, evoluciona hasta un estado final. Así conocidos los valores de los grados de libertad de los nodos del sistema se puede determinar cualquier otra incógnita deseada: tensiones, deformaciones, etc. También será posible obtener la evolución temporal de cualquiera de los grados de libertad.

Planteando la ecuación diferencial que rige el comportamiento del continuo para el elemento, se llega a fórmulas que relacionan el comportamiento en el interior del mismo con el valor que tomen los grados de libertad en los nodos. Este paso se

realiza por medio de la utilización de las funciones llamadas de interpolación, ya que éstas “determinan” el valor de la variable nodal del elemento.

1.2.3.2 Metodología de análisis.

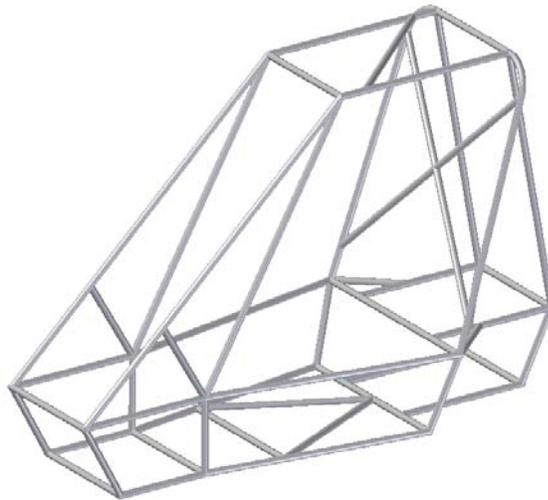
Todo análisis se lleva acabo en tres pasos principales:

- Pre proceso
 - Crear o importar la geometría del modelo
 - Enmallar la geometría
- Solución
 - Aplicar Cargas
 - Solucionar
- Post proceso
 - Revisar los resultados
 - Verificar la validez de la aproximación

1.3 SISTEMAS QUE COMPONEN UN VEHÍCULO

1.3.1 Estructura de un vehículo

Figura 2. Estructura Mini-Baja



CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRIGUEZ, Oscar.

El chasis, Roll Cage o jaula ver figura 1 es el elemento estructural encargado de soportar los esfuerzos estáticos y dinámicos que tiene el vehículo, además de acoplar todas las piezas (sistemas mecánicos, eléctricos, accesorios, etc.) que forman parte de un vehículo y permiten su desempeño y adecuado funcionamiento.

1.3.1.1 Características de la estructura.

- Es el soporte de todos los órganos mecánicos.
- Puede rodar sin carrocería.
- Un mismo tipo de chasis puede adaptarse a varios tipos de carrocería.
- Un mismo tipo de chasis puede alargarse o cortarse según los gustos del cliente.
- Es totalmente duro y rígido.

La estructura no es solo el marco metálico sobre el que se colocan todas las piezas, también es la encargada de ofrecer seguridad y garantizar un manejo sin contratiempos a sus ocupantes, como los producidos por las curvas, las desigualdades en el terreno o alguna situación extrema o imprevista llegue a poner en riesgo la integridad de los pasajeros.

1.3.2 SISTEMA DE SUSPENSION

1.3.2.1 Función. El sistema de suspensión tiene como misión absorber las desigualdades del terreno sobre el que se desplaza el vehículo con el fin que no llegue a la carrocería del mismo o lo haga lo más amortizadas posibles, para conseguir ganancia en la estabilidad y confort. Para lograrlo, entre las ruedas y el chasis, se coloca un medio elástico de unión (amortiguador), que se deformará con el peso del vehículo y con la inercia del mismo al elevarse o bajarse como consecuencia de las irregularidades del terreno.

1.3.2.2 Partes del sistema de suspensión

Resorte. Es uno de los principales componentes, se utiliza para absorber el impacto inicial de las irregularidades del terreno. Después de que el resorte se comprime sufre el efecto contrario y comienza a extenderse. Enseguida inicia un movimiento oscilante, asegurando el confort, pero sin mucha seguridad. Esto vale para cualquier tipo de resortes, ya sean helicoidales (espirales) o de flejes (ballestas).

Amortiguador. Es el encargado de eliminar las constantes vibraciones de los resortes. Los primeros eran de acción simple: operaban apenas en un sentido y, por eso, no ofrecían resistencia a la compresión. El amortiguador moderno, de doble acción, controla los dos movimientos del resorte: compresión y expansión. En la fase de compresión actúa como auxiliar del resorte, dividiendo con él la intensidad del choque. Eso sucede porque la presión que se ejerce dentro del amortiguador aumenta conforme sus cámaras intercambian el fluido hidráulico: con el impacto, la parte externa de la pieza desciende y presiona una cámara repleta de aceite.

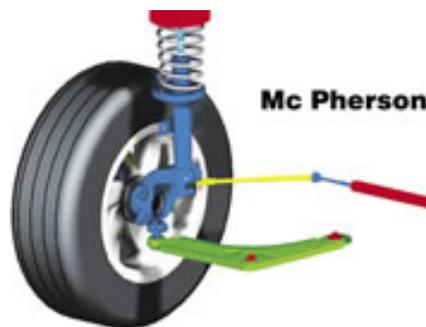
Componentes de apoyo. Dispositivos como tensores o brazos triangulares u oscilantes, ejercen papeles secundarios en los sistemas de suspensiones. Pero son ellos los que soportan los resortes y amortiguadores, fijando el conjunto a la carrocería del auto. También tienen la función de impedir que las ruedas de las suspensiones independientes se muevan para adelante o para atrás.

1.3.2.3 Tipos de sistema de suspensión

Sistema independiente. Una suspensión independiente consiste en que cada rueda esta conectada al automóvil de forma separada, lo cual permite que cada una se mueva hacia arriba y hacia abajo sin afectar la rueda del lado opuesto. La suspensión independiente se puede utilizar en las cuatro ruedas.

- *McPherson.*

Figura 3. Sistema de suspensión McPherson



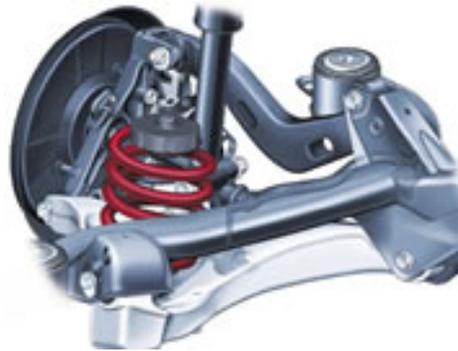
Tomado de: <http://bluebird68.wordpress.com/2008/01/18/tipos-de-suspension/>

En este tipo de suspensión, el amortiguador está solidariamente unido al buje de la rueda, de manera que el movimiento del bastidor con relación a la rueda tiene la misma dirección que el eje perpendicular del amortiguador ver figura 3.

Como elementos de unión entre rueda y bastidor, la suspensión McPherson necesita además del amortiguador— articulaciones en la parte inferior del buje.

- *Paralelogramo deformable.*

Figura 4. Sistema de suspensión de paralelo deformable



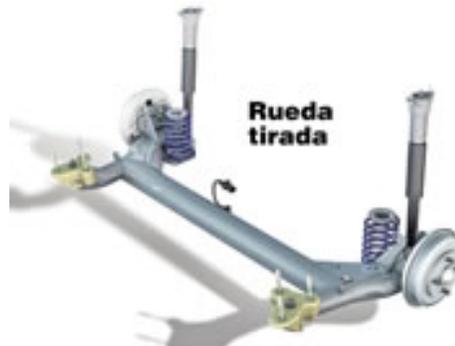
Tomado de: <http://bluebird68.wordpress.com/2008/01/18/tipos-de-suspension/>

Sistema de suspensión en el que la unión entre la rueda y la carrocería se realiza a través de elementos transversales, colocados en diferentes planos ver figura 6. En este sistema hay dos elementos superpuestos paralelos que, junto con la rueda y la carrocería, forman la aproximadamente la figura de un paralelogramo. Al moverse la rueda con relación a la carrocería, ese paralelogramo se deforma.

Hay variantes de este sistema en el que se reemplaza un triángulo por otro elemento de unión; en esta suspensión, el plano inferior lo forman un brazo transversal (que hace de soporte para el muelle) y un brazo semi-longitudinal. En esta suspensión hay un brazo curvo como elemento superior y un trapecio en el plano inferior.

- *Rueda tirada.*

Figura 5. Sistema de suspensión de rueda tirada.



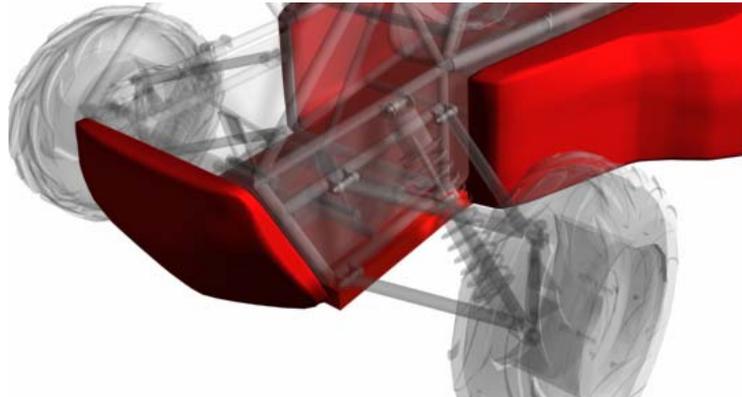
Tomado de: <http://bluebird68.wordpress.com/2008/01/18/tipos-de-suspension/>

Tipo de suspensión en el que el elemento de unión entre la rueda y el bastidor está articulado por delante del eje. La suspensión de rueda tirada tiene un brazo que en su parte anterior está unido al bastidor y en la posterior a la rueda, ver figura 5. Si los brazos de cada lado están unidos, se trata de una suspensión de eje torsional ó en H. El elemento de unión puede ser más complejo que un brazo,

bien un triángulo (dos puntos de unión al bastidor en lugar de uno) o varios brazos independientes.

- *Brazo oscilante*

Figura 6. Sistema de suspensión de brazo oscilante.

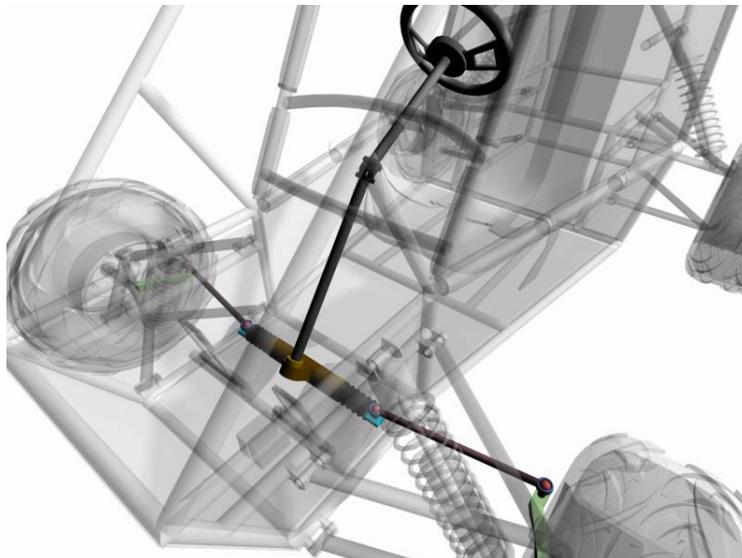


CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRÍGUEZ, Oscar.

Este tipo de suspensión usa brazos oscilantes paralelos y de igual tamaño, conectados en sus extremos delanteros al chasis mediante bujes de sujeción, los cuales proveen libertad de movimiento vertical, y a la rueda mediante esféricas. Ver figura 6.

1.3.3 SISTEMA DE DIRECCION

Figura 7. Sistema de dirección de un Mini-Baja



CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRÍGUEZ, Oscar.

1.3.3.1 Función.

El mecanismo de dirección tiene como objetivo posicionar las ruedas delanteras con el fin de orientar el vehículo en la dirección deseada así como realizar las distintas maniobras que su conducción exige, ver figura 7. Debe ser preciso y fácil de manejar, además debe garantizar que las ruedas de dirección (delanteras) deben volver a su posición central una vez haya culminado un giro durante la marcha.

1.3.3.2 Características de un sistema de dirección.

Este sistema no debe transmitir al conductor las irregularidades del terreno por el cual transita; el manejo de la dirección se debe llevar a cabo de una manera suave, cómoda y sin esfuerzo, lo cual se logra con un montaje preciso, una desmultiplicación adecuada y un engrase perfecto.

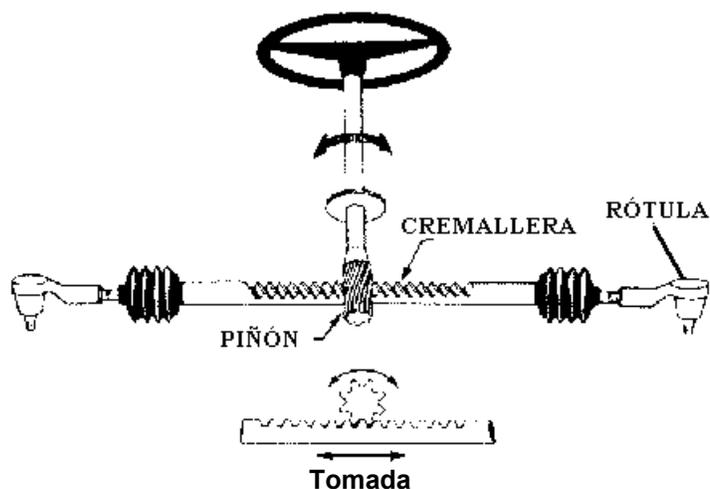
Es a través de este sistema con el cual el piloto tiene el mayor control sobre el vehículo cuando está en marcha, luego debe ser preciso al tratar de virar y estable, es decir, que si se suelta el volante en una recta el vehículo no cambie su trayectoria.

1.3.3.3 Tipos de dirección

Dirección de tornillo sinfín. Esta dirección funciona a través de un tornillo que engrana constantemente con una rueda dentada. El tornillo se une al volante mediante la "columna de dirección", y la rueda lo hace al brazo de mando. De esta manera, por cada vuelta del volante, la rueda gira un cierto ángulo, mayor o menor según las características (reducción) de funcionamiento, obteniendo una mayor potencia que la aplicada al volante, para orientar las ruedas.

Dirección de cremallera.

Figura 8. Sistema de dirección por cremallera.



de: <http://www.telecable.es/personales/forchetto/tecnica/imagenes/Direccion.gif>

Esta dirección se caracteriza por la sencillez de su mecanismo des multiplicador y su simplicidad de montaje, eliminando gran parte de la vibración y evitando que las irregularidades del terreno cambien la trayectoria de vehículo. Este sistema de dirección esta unido directamente sobre los brazos de acoplamiento de las ruedas y tiene un gran rendimiento mecánico.

Debido a su precisión en el desplazamiento angular de las ruedas se utiliza mucho en vehículos de turismo, sobre todo en los de motor y tracción delantera, ya que disminuye notablemente los esfuerzos en el volante. Proporciona gran suavidad en los giros y tiene rapidez de recuperación, haciendo que la dirección sea muy estable y segura.

1.3.4 SISTEMA DE TRANSMISION

1.3.4.1 Función. Es el encargado de transmitir la potencia entregada por el motor a los elementos del vehículo dispuestos para su movimiento (ruedas). Estas fuerzas se producen por la conversión entre la energía química contenida en el motor de combustión interna (en el caso de motores eléctricos, energía eléctrica) en energía cinética.

1.3.4.2 Mecanismos de transmisión. Existen diversos tipos de mecanismos de transmisión para los cuales el principio fundamental es transformar un movimiento primario ó motriz el cual es producido por un motor, en un movimiento deseado a la salida. La trasformación de las fuerzas y el movimiento producido por el motor, se suele realizar mediante cadenas cinemáticas, que son sistemas de elementos mecánicos convenientemente conectados entre sí para transmitir potencia mecánica.

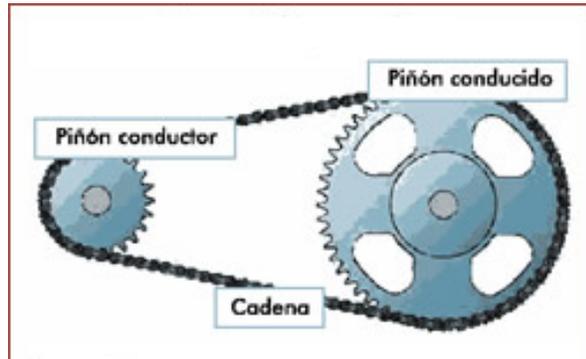
A continuación se describen algunos sistemas, los cuales se contemplan como las formas más habituales de transmisión de potencia.

Sistema de engranajes. En este sistema se logra transmitir potencia entre dos o más ejes paralelos y equidistantes mediante la interacción de ruedas con dientes en su periferia, acopladas a cada uno de los ejes y unidas entre si por la acción de engrane entre los dientes de la rueda conductora (rueda) y la rueda conducida (piñón).

A diferencia de los sistemas de correa-*polea* y cadena-piñón, este no necesita ningún operador (cadena o correa) que sirva de enlace entre las ruedas dentadas.

Sistema de cadena y piñones.

Figura 9. Sistema de transmisión por cadena y piñones.



Tomada de:

http://hivimar.mailboost.net/informativo/imagenes/informativo/articulos/25-02-2008/Transmicion%20Potencia_Cadenas%20Diagrama.jpg

Mediante este sistema se consiguen transmitir potencias relativamente altas entre dos ejes distantes entre sí, sin que exista apenas resbalamiento o desprendimiento entre las dos ruedas de piñones y la cadena, que es el elemento de enlace que une ambas ruedas. Ver figura 9.

Este sistema consta de dos ruedas dentadas (piñones) montadas sobre dos ejes paralelos y sobre las cuales se sujetan los eslabones articulados que componen la cadena, de manera que al hacer girar una de ellas (rueda motriz) arrastra a la otra (rueda conducida). El movimiento rotatorio y el movimiento de torsión se transmiten entre ejes por la tracción entre la cadena y las ruedas dentadas. [1]

Sistema de poleas y correas (CVT).

Figura 10. Sistema de transmisión por poleas y correa



Tomado de www.minibaja.com.mx/.../comet-787825.JPG

La transmisión por correa, consta de una cinta colocada con tensión sobre dos poleas: una motriz (conductora) y otra movida (conducida) ver figura 10. Al moverse la correa transmite energía desde la polea motriz a la polea conducida por medio del rozamiento que surge entre la correa y las poleas, ello sólo será posible cuando el movimiento roto rico y de torsión que se ha de transmitir entre ejes sea inferior a la fuerza de rozamiento. El valor del rozamiento depende, sobre todo, de la tensión de la correa y de la resistencia de ésta a la tracción; es decir, del tipo de material con el que está construida y de sus dimensiones.

Durante la transmisión del movimiento, en un régimen de velocidad uniforme, el momento producido por las fuerzas de rozamiento en las poleas (en el contacto correa-polea) será igual al momento motriz en el árbol conductor y al del momento resistivo en el árbol conducido. Cuanto mayor sea el tensado, el ángulo de contacto entre polea y correa, y el coeficiente de rozamiento, tanto mayor será la carga que puede ser transmitida por el accionamiento de correas y poleas.

1.3.5 SISTEMA DE FRENOS

1.3.5.1 Función. El frenado es uno de las operaciones mas importantes, quizá el sistema de seguridad mas relevante que tiene un vehículo y es la capacidad que tiene un auto para reducir la velocidad hasta su completa detención. El principio de este sistema consiste en reducir la velocidad del vehículo convirtiendo la energía cinética o potencial que este lleva en energía calorífica, con el fin de evitar golpes fuertes debido a irregularidades en el terreno o por imprevistos tales como obstáculos o virajes que requieran de baja velocidad.

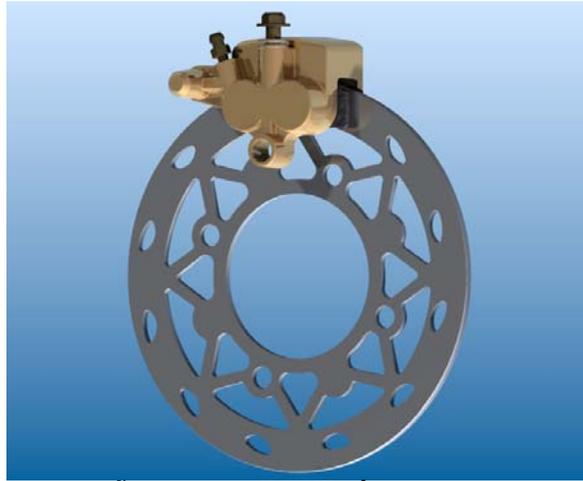
1.3.5.2 Frenos mecánicos. Los frenos mecánicos dejaron de ser relevantes con la llegada de motores de alta potencia que hacían que los vehículos desarrollaran grandes velocidades siendo demasiada la energía que requerían para detenerse, aunque actualmente se usan en bicicletas y diferentes vehículos de muy baja potencia.

1.3.5.3 Frenos hidráulicos. Son los frenos más usados en los vehículos de hoy en día y su principio es básicamente el de crear fricción entre dos materiales los cuales entran en contacto gracias a la presión hidráulica ejercida por un pistón accionado en la cabina de mando.

Frenos de tambor. También llamados frenos de zapata, los cuales consisten en un tambor sujeto a la rueda, un sistema hidráulico que desplaza las pastillas las cuales crean fricción cuando entran en contacto con el tambor y resortes de retorno que devuelven las pastillas a su posición inicial. Este tipo de frenos son usados principalmente en las ruedas traseras de los vehículos.

Frenos de disco.

Figura 11. Freno de disco



CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRÍGUEZ, Oscar.

Estos frenos consisten en un disco de hierro fundido sujeto a la rueda o a un eje motriz, una mordaza o caliper sujeto a la suspensión que presiona las pastillas contra el disco creando alta fricción ver figura 4, la cual es la encargada de proporcionar la fuerza necesaria para que la velocidad de marcha del vehículo disminuya hasta la deseada por el conductor.

2. DINÁMICA DEL VEHICULO

2.1 GENERALIDADES

Cuando se habla de dinámica de un vehículo se refiere al estudio de cualidades como: maniobrabilidad, seguridad en la marcha, comodidad en el viaje, dirigibilidad y estabilidad. La posibilidad de satisfacer estas exigencias depende de la confiabilidad estructural de la maquina, su facilidad de giro, seguridad en el frenado, suavidad y estabilidad en la marcha. En el desarrollo de este estudio se deben tener en cuenta las cargas externas, de desempeño en la marcha y el comportamiento en los cambios de dirección durante su operación.

2.2 CARGAS DE LA CARRETERA

2.2.1 Fuerzas Aerodinámicas.

Estas fuerzas actúan sobre el vehículo causando una resistencia al avance (levantando ó bajando el frente del vehículo), fuerzas laterales, momentos de volcadura, galope, cabeceo y ruido, los cuales repercuten en la maniobrabilidad, buen desempeño en la marcha y el ahorro de combustible.

Las fuerzas aerodinámicas que intervienen en el buen desempeño durante la marcha se presentan cuando un flujo de aire pasa alrededor del cuerpo del vehículo provocando la aparición de fuerzas sobre las superficies en contacto con el suelo (fricción).

En la siguiente tabla están expresadas las fuerzas aerodinámicas que actúan como resultado de la acción de las corrientes de aire.

Tabla 1. Análisis de fuerzas aerodinámicas

Dirección	Fuerza	Momento
Longitudinal (positivo hacia atrás, eje x)	Resistencia al avance	De rodadura
Lateral (positivo hacia la derecha, eje y)	Fuerza lateral	De galope
Vertical (positivo hacia arriba, eje z)	Levantamiento	De cabeceo

CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRÍGUEZ, Oscar.

2.2.1.1 Mecánica del flujo de aire alrededor del vehículo. El flujo de aire sobre el cuerpo del vehículo es gobernado por la relación entre la velocidad y la presión expresada en la ecuación de Bernoulli.

$$p_s + (\rho v^2)/2 = p_t$$

Donde

ρ = Densidad del aire

V = Velocidad del aire

La presión estática es simplemente la atmosférica y la dinámica. La presión dinámica es producida por la velocidad relativa del vehículo (constante para todas las líneas de corriente que entran al vehículo), luego la presión total P_t es la misma en igualdad de condiciones.

2.2.1.2 Resistencia al avance. Esta es la fuerza más grande encontrada por el conductor a velocidades normales de marcha, en donde intervienen el diseño y geometría frontal, el área expuesta en el avance (frente del vehículo), el cuerpo inferior así como los sistemas de suspensión y otros componentes.

2.2.1.3 Fuerza lateral. Las componentes del viento imponen una fuerza sobre el vehículo que trata de cambiar la dirección de viaje, el efecto depende tanto del vehículo como de la naturaleza del viento pues en fuertes vientos cruzados, la fuerza de costado es normalmente más grande que la fuerza de resistencia al avance.

2.2.1.4 Fuerza de levantamiento. La diferencia de presión entre el techo y la base del vehículo genera fuerza de levantamiento. Esta fuerza es de gran importancia en la optimización de los parámetros aerodinámicos debido a la influencia en la estabilidad de conducción y depende de la forma del vehículo.

2.2.2 Resistencia a la Rodadura.

A nivel del suelo, la resistencia más importante a la que se ve sometido un vehículo se presenta en las llantas desde el instante en que estas empiezan a girar.

La resistencia a la rodadura también hace que haya pérdida de potencia convertida en calor dentro de las llantas por consecuencia de la rodadura pues el aumento en la temperatura reduce la resistencia a la abrasión y el esfuerzo de fatiga combinado con la flexión del material de la llanta, podría llegar a ser un factor limitante en el funcionamiento de la misma.

Existen varias causas responsables de la resistencia a la rodadura.

- Pérdida de energía debido a la deflexión de la pared de la llanta en la zona de contacto.
- Pérdida de energía debido a los elementos de unión.
- Desplazamiento de las llantas en dirección longitudinal y lateral.
- Resistencia al avance del aire sobre el lado interno y externo de las llantas.
- Energía perdida en los saltos.

2.3 TRANSITABILIDAD

Comprende la capacidad y facilidad de viajar por caminos a campo traviesa, centrado en las características de las llantas pues son estas, el punto de interacción del vehículo y la carretera. Ellas manejan las fuerzas externas y las desigualdades del terreno además son el eslabón final de la cadena que permite maniobrar el vehículo bajo el comando del piloto. Por esta razón las ruedas son un factor clave en los efectos que el camino tiene sobre el vehículo y la efectividad de las fuerzas resultantes que controlan la estabilidad del vehículo y las características de viraje.

2.3.1 Suavidad de la Marcha.

Esta se ve afectada por vibraciones de alta frecuencia, brincos, galope o inclinación lateral durante la marcha. Si el vehículo es ruidoso, inclinación excesiva en las curvas, o tambaleo y galope durante las aceleraciones y frenado, o si se produce una mala amortiguación en los brincos, se experimenta una “marcha incomoda”.

Por este motivo los sistemas de amortiguación y dirección, así como la alineación y balanceo en las ruedas son fundamentales a la hora de disminuir el impacto que las fuerzas externas ejercen sobre el vehículo cuando este se encuentra en marcha, protegiendo de esta manera su estructura y la comodidad del piloto. El ruido en el tren de tracción se debe aislar apropiadamente de modo que no se vea afectada la estructura del vehículo y su maniobrabilidad.

2.3.2 Relación de Peso Carga Transportada-Vehículo.

Cuando la masa del vehículo se reduce, la relación de peso carga transportada-Vehículo aumenta. Las variaciones en esta carga afectan la frecuencia natural de la suspensión. La fuerza de amortiguación crítica también varía con la carga, un sobre-amortiguamiento reduce la calidad de la marcha.

La importancia de una relación relativamente alta de peso carga transportada-vehículo en la que se emplee una suspensión auto-nivelable y amortiguadores activos pueden mejorar las características del vehículo mejorando su desempeño.

2.3.3 Masa Suspendida y Masa no Suspendida.

La masa suspendida comprende todos los mecanismos cuyo peso es el soportado por el chasis o bastidor (motor, carrocería auto portante,...), la masa no suspendida abarca las partes del vehículo que está permanentemente en contacto con el suelo (ruedas, elementos de la suspensión como amortiguadores, brazos, estabilizadoras,...).

2.4 GIRO EN CONDICIÓN ESTABLE

La conducta de un vehículo al girar es una característica importante de desempeño, a menudo confundida con maniobrabilidad, el cual es un término usado para significar la respuesta de un vehículo a las órdenes del conductor. Por lo tanto el chofer y el vehículo forman un sistema de lazo cerrado en donde el piloto por simple inspección corrige la posición del vehículo desde el interior de este y utilizando las herramientas dispuestas para tal fin.

Para que el funcionamiento de la dirección resulte adecuado, es preciso que los elementos que lo forman cumplan unas determinadas condiciones, llamadas cotas de dirección o geometría de dirección, mediante las cuales, se logra que las ruedas obedezcan fácilmente al volante de la dirección y no se altere su orientación por las irregularidades del terreno o al efectuar una frenada, resultando así la dirección segura y de suave manejo. También debe retornar a la línea recta y mantenerse en ella al soltar el volante después de realizar una curva.

Las cotas que determinan la geometría del sistema de dirección son:

- Ángulo de salida
- Ángulo de caída
- Ángulo de avance
- Convergencia de las ruedas

2.4.1 Ángulo de Salida. Es el ángulo que forma, la prolongación del eje del pivote sobre el que gira la rueda para orientarse con la prolongación del eje vertical que pasa por el centro de apoyo de la rueda. Este ángulo suele estar comprometido entre 5 y 10°, siendo en la mayoría de los vehículos de 6 a 7°. Esta disposición del pivote sobre el que se mueve la mangueta (eje sobre el que gira las ruedas) reduce el esfuerzo a realizar para la orientación de la rueda. Este esfuerzo será nulo cuando el eje del pivote pase por el centro de la superficie de contacto del neumático con el suelo.

De la inclinación del eje del pivote resultan fuerzas de retroceso, las cuales, después del paso de una curva, hacen volver las ruedas a la posición en línea recta en sentido de la marcha. Esto es debido a que al orientar la rueda para

tomar una curva, como gira sobre el eje de pivote y éste está inclinado, la rueda tiende a hundirse en el suelo, y como no puede hacerlo, es la carrocería la que se levanta, oponiéndose a esto su propio peso, por lo cual, en cuanto se suelte el volante de la dirección, el peso de la carrocería, que tiende a bajar, hará volver la rueda a su posición de marcha en línea recta.

2.4.2 Ángulo de Caída. Es el ángulo que forma la prolongación del eje de simetría de la rueda con la vertical que pasa por el centro de apoyo de la rueda. Este ángulo se consigue dando al eje de la mangueta una cierta inclinación con respecto a la horizontal. Tiene por objeto desplazar el peso del vehículo que gravita sobre este eje hacia el interior de la mangueta, disminuyendo así el empuje lateral de los cojinetes sobre los que se apoya la rueda.

2.4.3 Ángulo de Avance. Se llama ángulo de avance, al formado por prolongación del eje del pivote con el eje vertical que pasa por el centro de la rueda y en el sentido de avance de la misma.

Cuando el empuje del vehículo se realiza desde las ruedas traseras (propulsión), el eje delantero es arrastrado desde atrás, lo que supone una inestabilidad en la dirección. Esto se corrige dando al pivote un cierto ángulo de avance, de forma que su eje corte a la línea de desplazamiento un poco por delante del punto de apoyo de la rueda. Con ello aparece una acción de remolque en la propia rueda que da fijeza a la dirección, haciendo que el punto de apoyo tienda a estar siempre en línea recta y por detrás del punto de impulsión.

De esta forma se consigue dar a la dirección fijeza y estabilidad, ya que las desviaciones que pueda tomar la rueda por las desigualdades del terreno, forman este par de fuerzas que la hacen volver a su posición de línea recta. El avance debe ser tal, que cumpla la misión encomendada sin perturbar otras condiciones direccionales. Si este ángulo es grande, el par creado también lo es, haciendo que las ruedas se orienten violentamente. Si el ángulo es pequeño o insuficiente, el par de orientación también lo es, resultando una dirección inestable.

2.5 Radio de Giro Máximo.

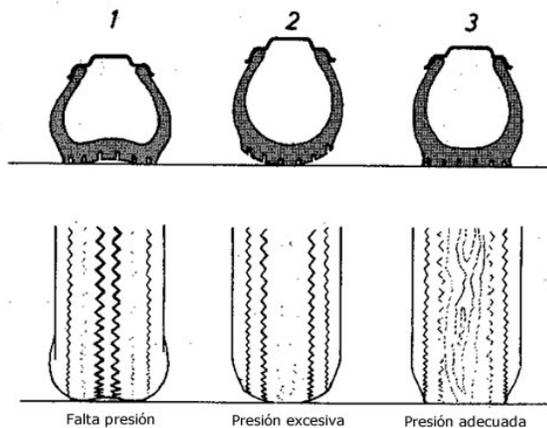
La distancia entre pivotes que recibe el nombre de vía y la longitud e inclinación de los brazos de acoplamiento en función de la batalla del vehículo, que corresponde a la distancia entre ejes, determinan una de las características de la dirección, como es su radio de giro máximo. Este radio viene determinado de forma que las ruedas puedan girar describiendo un círculo de diámetro cuatro veces mayor que la batalla del vehículo.

2.6 Influencia del Estado de los Neumáticos en la Dirección.

Se ha estudiado, al explicar las cotas de dirección, la gran influencia de una presión del neumático defectuosa. Un neumático con presión baja es el peor defecto que puede permitirse en las ruedas, en cuanto a su economía. Además de desgastarse desigualmente, por los bordes de la banda de rodadura, la destrucción es muy rápida, por la gran deformación a que está sometida la cubierta que, al rodar, produce tensiones y deformaciones con roces en los flancos que elevan su temperatura originando el corte de los tejidos que sirven para reforzar la goma.

Una presión excesiva hace que la dirección sea más suave, pero aumenta la fatiga en todas las articulaciones, desgastando la cubierta desigualmente por el centro de la banda de rodadura.

Figura 12. Efecto de la presión de inflado en el desgaste de los neumáticos.



Tomado de: <http://www.mecanicavirtual.org/direccion-geometria.htm>

Los defectos en la alineación de las ruedas influyen mucho en el desgaste rápido y desigual de las cubiertas e incluso con la sola observación de una rueda prematuramente desgastada es posible deducir, aproximadamente la cota o cotas que han dado lugar al desgaste anormal.

3. NORMAS SAE MINI-BAJA Y AUTORIDAD ORGANIZADORA

La SAE se encuentra compuesto por: comité de reglas y comité de programas, el primero tiene la responsabilidad de direccionar y determinar las reglas de la competencia mini baja y el segundo es el encargado de autorizar la publicación de ellas, los anuncios oficiales emitidos por los organizadores de la competencia son considerados como parte del reglamento emitido por el comité.

El reglamento emitido por SAE y los organizadores de la competencia tendrán una validez anual y se publica en la web de dicha organización.

Al llevar a cabo la inscripción a una de estas competencias los miembros del equipo junto con su director y demás personal se comprometen a cumplir todas las normas establecidas anunciadas por SAE, cada equipo es responsable de leer y entender las reglas de la competencia en la cual participaran.

Los organizadores de la competencia se reservan el derecho de revisar un vehículo en cualquier momento de la competencia.

3.1 PARTICIPANTES.

3.1.1 Requisitos del participante.

- Cada miembro del equipo debe ser estudiante de pregrado o post grado de ingeniería, miembros con menos de 7 meses de graduados siguen siendo autorizados para participar.
- Los miembros deben estar inscritos a por lo menos algunas de las siguientes sociedades
 1. SAE
 2. SAE Australia y Asia
 3. SAE Brasil
 4. ATA
 5. IMechE
- Todos los miembros del equipo deben tener por lo menos 18 años de edad.
- Los miembros del equipo que van a conducir el equipo durante la competencia deben tener licencia de conducción.

- Todos los participantes deben firmar una exención de responsabilidad y requieren un seguro medico vigente.

3.2 VEHÍCULO.

El diseño, la construcción y la documentación del vehículo debe ser creación de los miembros del equipo sin la participación directa de ingenieros profesionales, profesores o profesionales en el off-road.

3.2.1 Requisitos generales del vehículo

3.2.1.1 Objetivo. El diseño del vehículo debe ser atractivo para los consumidores, debe tener un buen rendimiento, fiabilidad y facilidad de operación y mantenimiento, debe ser seguro.

3.2.1.2 Configuración del vehículo. El vehículo debe tener un mínimo de 4 llantas no en línea recta, debe ser capaz de llevar una persona de 190 cm de altura y un peso de 113 kg.

3.2.1.3 Dimensiones básicas del vehículo.

- Ancho 162 cm
- Longitud 274 cm

3.2.1.4 Desempeño en cualquier terreno. El vehículo debe ser capaz de funcionar de manera segura sobre tierra, con obstáculos como rocas, arena, saltos, troncos, hielo, inclinaciones empinadas, barro y agua; y en cualquier tipo de clima.

3.2.1.5 Motor utilizado durante la competencia. Briggs & Stratton 10 hp OHV intek model 205432.

3.2.1.6 Roll- Cage. El propósito del Roll-Cage es proporcionar un mínimo de espacio tridimensional seguro que rodee al conductor, la estructura principal del Roll-Cage debe ser tubular y estar compuesto de una sola pieza soldada. El material utilizado para el Roll-Cage debe tener como mínimo las siguientes especificaciones:

- Tubo de acero circular de diámetro exterior de 1 pulgada y un espesor de pared de 0.120 pulgadas, con un contenido de carbono mínimo de 0.18 % para el uso de aleaciones de acero se permite un espesor de pared mínimo de 0.062 pulgadas.
- Debe tener como mínimo las propiedades de un acero AISI 1018.

- Los tubos del Roll-Cage expuestos deben estar cubiertos por un material resistente como espuma de polietileno con un espesor mínimo de 0.5 pulgadas.
- La cabina debe diseñarse de modo que proteja al conductor y permita una salida rápida del mismo.
- Todos los conductores deben ser capaces de salir del vehículo en un tiempo máximo de 5 segundos.
- Debe tener un cortafuegos entre la cabina y el motor, el cual debe ser de metal con un espesor mínimo de 0.020 pulgadas.

3.2.1.7 Cinturón de seguridad. Se debe usar un cinturón de seguridad de 4 puntos.

3.2.1.8 Sistema de Frenos. El vehículo debe tener como mínimo 2 sistemas hidráulicos de frenos totalmente independientes, los frenos deben actuar sobre todas las ruedas y deben ser operados por un mismo pedal, debe ser capaz de bloquear las 4 ruedas en condiciones estáticas y dinámicas.

3.3 CONDUCTOR.

3.3.1 Equipo de seguridad del conductor

- Se debe usar un casco de seguridad estilo moto-Cross.
- Usar un collarín independiente del casco.
- Todos los conductores deberán llevar ropa adecuada incluidos pantalones largos, calcetines, zapatos y guantes.
- En el evento acuático los conductores deben llevar en su indumentaria un chaleco salva vidas.

4. DISEÑO BASICO Y DETALLADO DEL MINI BAJA

4.1 ESTRUCTURA DEL MINI BAJA

El vehículo se diseñó bajo parámetros definidos por el equipo, teniendo en cuenta las reglas de la SAE, investigación sobre vehículos todo-terrenos y los diseños de otros vehículos de la competencia.

El principal interés en el proceso de diseño es crear un vehículo fiable capaz de soportar una carrera y los desafíos que esta conlleva.

Como es un prototipo nuevo se debe diseñar cada componente que no sea comercial, pero debido a la dificultad de los procesos de fabricación y el costo que estos conllevan será necesario transformar piezas disponibles en el mercado para acomodarlas a la necesidad de diseño, estos componentes tendrán que adaptarse a la capacidad de fabricación y los métodos disponibles del equipo.

Para cumplir este objetivo de diseño se busco que el vehículo fuera liviano, resistente y de bajo costo.

4.1.1 Chasis.

El diseño se baso en varios factores, entre los que se encuentran:

- Reglas de la competencia.
- Seguridad del conductor.
- Contextura física del conductor basado en una persona de medidas promedio.
- Características físicas del motor.
- Tamaño y peso del motor.
- Tamaño y peso de todos los componentes.

El diseño se realizo en Solid Edge V 12.0 y posteriormente fue modelado mediante el software ANSYS 10.0 El propósito de este análisis fue visualizar una estructura primaria construida y ensamblada en Solid Edge y comprobar que se establecen los requerimientos básico para su construcción así como evaluar la seguridad que ofrece para el piloto el chasis, permitiendo de esta manera corregir el diseño inicial teniendo en cuenta los objetivos planteados.

4.1.2 Objetivo de Diseño.

El propósito de estudio es evaluar la fortaleza del chasis en lo que a seguridad se refiere, orientando este criterio hacia el estudio de otras variables que intervienen en este proceso, los criterios de diseño son:

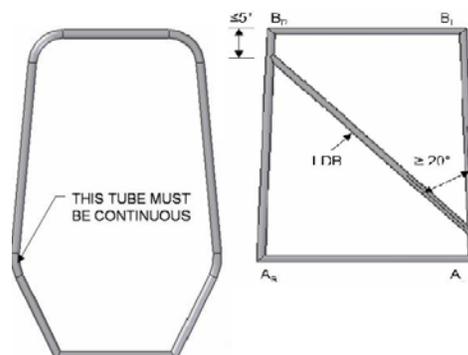
4.1.2.1 Peso máximo. Uno de los fundamentos más importantes en la ingeniería mecánica en la ecuación de Newton $F = m \cdot a$. Por esto se debe utilizar materiales livianos pero a su vez confiables con el propósito de no superar las indicaciones contempladas en las normas propuesta para la competencia. Aunque un vehículo conste de muchos componentes la reducción de peso empieza en el chasis.

4.1.2.2 Alta resistencia. Debido a las condiciones del terreno y las características de un vehículo todo terreno, el cual se expone a una variedad de condiciones, tanto constantes como transitorios (rocas, troncos, variaciones del terreno, obstáculos imprevistos), es importante diseñar una estructura que las pueda soportar.

4.1.2.3 Seguridad. Es el factor más importante dentro del diseño del Roll Cage (Jaula o chasis), puesto que durante la marcha el conductor estará expuesto a golpes o variaciones en el terreno que pueden ocasionar deformaciones en la estructura del chasis exponiendo la integridad del conductor. Debido a estos factores la prioridad de diseño esta en construir una estructura que soporte cualquier situación extrema protegiendo y conservando la seguridad para el piloto.

4.1.2.4 Consideraciones SAE. El diseño y ubicación de cada una de las barras dentro del Roll Cage esta esbozado y limitado por las normas establecidas por la SAE con el fin de unificar parámetros en la construcción de vehículos para esta competencia.

Figura 13. Restricciones de diseño según SAE.



Tomado de. <http://www.sae.org/students/mbrules.pdf>

4.1.2.5 Ensamble. Una parte importante del diseño es acomodar y ensamblar cada sistema del vehículo de manera exacta y correcta al chasis. De esta manera, la estructura proporciona puntos de apoyo para la suspensión, la dirección, la transmisión y los frenos.

4.1.2.6 Ergonomía. Esta es una característica que debe poseer el chasis para permitir comodidad y maniobrabilidad a su conductor, además de facilitar la entrada y salida de este al vehículo. Se debe buscar la posición más adecuada para el conductor pues se deben tener en cuenta las condiciones adversas en las cuales se desempeña un vehículo todo terreno.

4.1.2.7 Integración. La mayor parte de la etapa del diseño del chasis se emplea en explorar las diferentes secciones de la estructura, de modo que se puedan acomodar y ensamblar los diversos componentes. Subsecciones como los sistemas de suspensión, dirección, transmisión y el motor, deben ser montados sobre la tubería que a su vez sirve como miembro estructural.

4.1.3 Requerimientos del Chasis

- La estructura de la jaula debe proteger al conductor en caso de una volcadura.
- Se debe construir con el tipo de material y las especificaciones mínimas exigidas por la SAE.
- Debe ser lo suficientemente grande para acomodar al conductor más alto.
- El casco del conductor deberá encontrarse al menos a 15.24cm. (6 in.) de distancia a cualquier par de puntos en la cabina del vehículo.

4.1.4 Selección de Materiales.

La selección apropiada del material usado en el chasis esta basado en varios criterios, entre los que se encuentran las reglas de la competencia y la relación peso rigidez.

Dentro de las reglas de la competencia, Mini Baja SAE se exige como mínimo un acero AISI 1018 con diámetro exterior mínimo de 1 in y un espesor de pared mínimo de 0.120 in.

Adicionalmente se tuvo en cuenta la gama de materiales disponibles en el mercado nacional e internacional, así como los procesos de soldadura disponibles del equipo constructor. Tomando en cuenta estos parámetros se optó por usar un material de una aleación de acero, debido a que esta aleación tiene una buena soldabilidad. El máximo contenido de carbono recomendado por la Sociedad de Soldadura Americana es del 0.3 %. Siendo las aleaciones 1030 y 4130 los materiales disponibles en el mercado con la sección transversal requerida.

El acero escogido es AISI 4130 debido a su resistencia y ductilidad. Además se uso tubería redonda tendiendo en cuenta la seguridad del conductor con el objetivo de impedir lesiones que se pudieran ocasionar contra cualquier arista mientras permanece en el automóvil ó durante la marcha.

4.2 SISTEMA DE SUSPENSION DEL MINI-BAJA

El diseño del sistema de suspensión del vehículo comenzó definiendo su objetivo principal, el cual es absorber las irregularidades del camino para tener facilidad en la conducción, manteniendo siempre una altura optima del vehículo, debe ser de fácil montaje, viable la construcción y económico.

4.2.1 Requisitos Sistema de Suspensión.

Para optimizar el desempeño del sistema de suspensión del vehículo, este debe cumplir con una serie de requisitos, entre los cuales se encuentran:

- Mantener la adherencia de los neumáticos a la carretera con mínimas variaciones de carga.
- Proveer una operación vertical, tal que las ruedas puedan seguir el camino desigual, y que aislé en el mayor grado posible el chasis de la crudeza del camino.
- Mantener una correcta alineación de las ruedas.
- Mantenimiento de la altura optima del vehículo.
- Permitir el control de la dirección del vehículo con facilidad.
- Reducir las fuerzas causadas por las irregularidades del terreno con el fin de que lleguen en menor proporción al chasis del vehículo.
- Tener la resistencia y durabilidad que amerite un vehículo todo terreno.
- Presentar facilidad en el montaje y viabilidad en su construcción.
- Tener un bajo costo.

4.2.2 Selección Sistema de Suspensión.

Para hacer la selección del sistema de suspensión más apropiado se evaluó las características más relevantes de un sistema de suspensión de un vehículo en una escala de 1 a 10.

A continuación se presentan las características más relevantes del sistema.

- Resistencia a la inclinación del chasis Variable 1.
- Reacción a las fuerzas de control producidas por las llantas. Variable 2.
- Aislamiento del chasis con las variaciones del terreno. Variable 3.

- Facilidad de montaje.
- Disponibilidad en el mercado.
- Peso.
- Costo.
- Influencia en la maniobrabilidad.
- Resistencia y durabilidad

Variable 4.
Variable 5.
Variable 6.
Variable 7.
Variable 8.
Variable 9.

Para la clasificación de las variables se utilizó las tablas 2, 3 y 4.

Tabla 2. Clasificación de variables sistema de suspensión.

VARIABLES	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

SUSPENSION DELANTERA

McPherson	8	7	8	7	8	9	7	8	8
Paralelogramo deformable	7	6	7	6	8	6	6	7	8
Rueda tirada	5	6	7	6	8	5	7	7	8
Brazo oscilante	7	7	9	8	8	9	9	8	8

SUSPENSION TRASERA

McPherson	8	7	8	8	9	9	7	8	7
Paralelogramo deformable	7	6	7	5	7	6	6	7	8
Rueda tirada	5	6	6	5	6	5	5	7	7
Brazo oscilante	7	8	9	8	8	9	9	8	7

CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRÍGUEZ, Oscar.

Tabla 3. Promedio calificación suspensión delantera.

SUSPENSION DELANTERA	PROMEDIO
McPherson	69
Paralelogramo deformable	61
Rueda tirada	61
Brazo oscilante	73

CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRÍGUEZ, Oscar.

Tabla 4. Promedio calificación suspensión trasera.

SUSPENSION TRASERA	PROMEDIO
McPherson	71
Paralelogramo deformable	59
Rueda tirada	52
Brazo oscilante	73

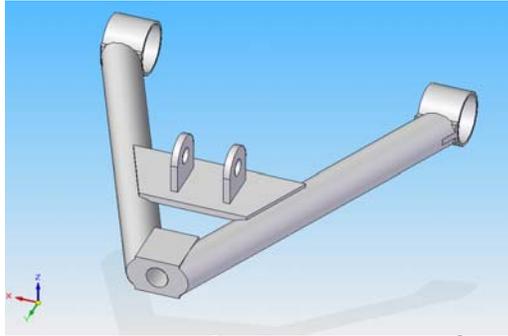
CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRÍGUEZ, Oscar.

De los resultados obtenidos anteriormente se observa que los sistemas de suspensiones adecuados para el vehículo de acuerdo a los requisitos del sistema en la parte frontal y trasera son de tipo brazo oscilante. A partir de estos resultados se toma la siguiente decisión.

Por lo expuesto anteriormente y considerando los diversos tipos de suspensión, se decidió usar un sistema de suspensión totalmente independiente, el cual se adapta mejor a los terrenos para los que este vehículo esta destinado.

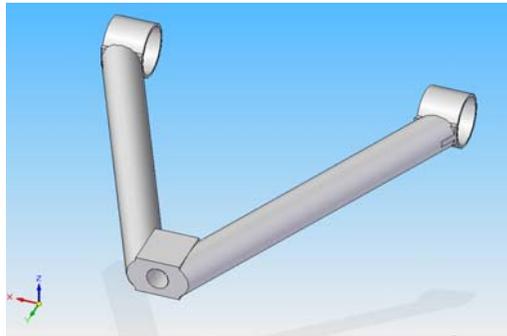
En el caso de la suspensión frontal, se utilizan seis piezas soldadas para la fabricación de cada tijera, en la tijera inferior se adapto un soporte en donde va apoyado el amortiguador, se hace necesaria la adaptación de cuatro soportes, laterales para la ubicación de los pivotes de la suspensión, el manejo del camber debe ser cuidadoso debido al cambio que experimenta durante el desempeño de la suspensión. Ver figuras 14 y 15.

Figura 14. Tijera inferior delantera



CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRÍGUEZ, Oscar.

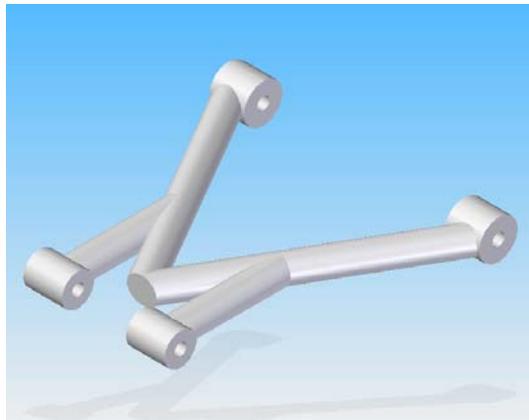
Figura 15. Tijera superior delantera



CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRÍGUEZ, Oscar.

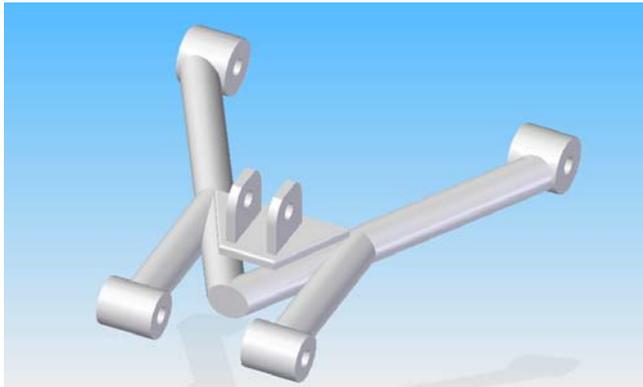
En el caso de la suspensión trasera, se utilizan ocho piezas soldadas para la fabricación de cada tijera, en la tijera superior se adaptó un soporte en el cual esta apoyado el amortiguador, se hace necesaria la adaptación de cuatro soportes laterales para la ubicación de los pivotes de la suspensión, presenta la facilidad de manejar un camber constante. Ver figuras 16 y 17.

Figura 16. Tijera inferior trasera



CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRÍGUEZ, Oscar.

Figura 17. Tijera superior trasera.



CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRÍGUEZ, Oscar.

4.2.3 Comparación y Análisis de Resultados.

Dentro de la elección del sistema de suspensión se analizaron los costos, las ventajas de fabricación, que contribuya a la maniobrabilidad y frenado del vehículo para su conducción placentera, y manteniendo a los ocupantes del vehículo cómodos y razonablemente aislados del ruido, topes, y vibraciones del camino.

Dentro de la variedad de sistemas de suspensión, el sistema de brazo colgante es considerado como el que mejor se adapta a las consideraciones de diseño, debido a que permite la independencia de cada una de las ruedas, así como el libre movimiento vertical de las mismas, obteniendo de esta forma ventajas en el recorrido sobre terrenos en los que una o varias ruedas puedan estar sometidas a irregularidades de superficie.

4.2.4 Características del Sistema Seleccionado.

Libertad de movimiento en las cuatro ruedas lo que permite sortear las irregularidades del terreno sin importar en cual de las ruedas ocurra.

- Facilidad en el montaje y posterior corrección o adecuación.
- Bajo costo, pues al ser fabricado con materiales existentes en el mercado se puede hacer a las dimensiones requeridas.
- Debido a su característica de diseño, permite su modificación o fácil acoplamiento de los demás sistemas que interactúan con este.

4.2.5 Características de los Amortiguadores Seleccionados.

Dentro de la selección de los amortiguadores se tuvieron en cuenta el peso del conductor, peso del motor y peso de los materiales utilizados en la construcción del chasis.

Se seleccionó un amortiguador hidráulico para motocicleta Honda XL 150, con las siguientes características.

- Apto para motocicletas, vehículos off road y remolques ligeros
- Con sistema que ajusta la fuerza del resorte para soportar mayor carga
- Ofrece mejor control y manejo estable
- Proporciona un funcionamiento óptimo en la suspensión

Las características del amortiguador se pueden ver en la siguiente figura.

Figura 18. Amortiguador

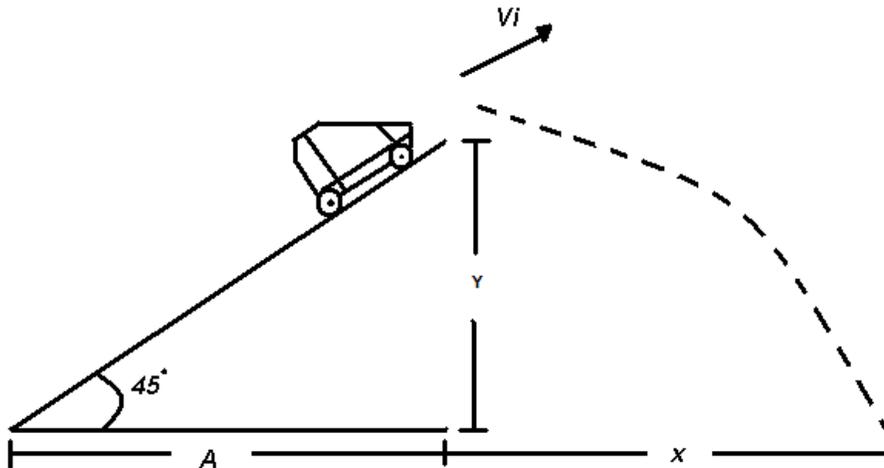


CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRÍGUEZ, Oscar.

4.2.6 CALCULOS DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Como la suspensión tiene su punto crítico en el momento en que el vehículo salte y caiga su peso total sobre dos ruedas, se realiza el siguiente análisis dinámico.

Figura 19. Análisis dinámico del vehículo.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

El punto crítico es el momento en que el vehículo hace contacto con la superficie, en este momento tiene una velocidad final (V_f) la cual se descompone en V_{fx} y V_{fy} y se determinan con la siguiente ecuación:

$$V_f = V_x \cos 45 \text{ i} + (V_y \sin 45 - gt) \text{ j}$$

$$V_i = 50 \text{ Km/h} = 13.88 \text{ m/s}$$

$$\text{Se asume } Y = 1 \text{ m}$$

$$\tan 45^\circ = Y / A$$

$$A = 1 \text{ m}$$

De la siguiente ecuación encontramos el valor de X

$$Y = (\tan 45) X - (g X^2) / 2 V_i^2 \cos^2 45$$

$$1 = X - 0.050 X^2$$

$$0.050 X^2 - X + 1 = 0$$

Desarrollando la ecuación cuadrática se obtuvo:

$$X_1 = 2 \text{ m}$$

$$X_2 = 18 \text{ m} \text{ esta es la distancia que se toma}$$

Con la siguiente ecuación se halla el tiempo de vuelo.

$$t = X / V_i \cos 45$$

$$t = 1.83 \text{ s}$$

En nuestro caso nos interesa la velocidad vertical

$$V_{fy} = (V_i \sin 45 - g t) \text{ j}$$

$$V_{fy} = - 8.15 \text{ m/s}$$

$$F_{\text{prom}} = \Delta p / \Delta t$$

$$\Delta p = m V_f - m V_i$$

$\Delta t = 1 \text{ s}$. Tiempo que el carro demora en contacto con la superficie en el momento del impacto. Se asume de 0.5 s.

$$F_{\text{prom}} \text{ en } Y = m V_{fy} / \Delta t$$

$$F_{\text{prom}} \text{ en } Y = 4727 \text{ N.}$$

Cálculos del sistema de suspensión adquirido

$$m = 290 \text{ kg} \quad \text{Masa del vehículo}$$

$$a = 9.82 \text{ m/s}^2 \quad \text{Gravedad}$$

$$F = ma$$

$$F = (290)(9.81)$$

$$F = 2844 \text{ N}$$

Cálculos del resorte

En pruebas hechas se le aplico una fuerza de 1000N al resorte del amortiguador obteniendo una deformación de 4 cm.

$$F = K X$$

$$K = 2844 \text{ N} / 0.04$$

$$K = 71100 \text{ kg/s}^2$$

Según datos el fabricante tenemos

Distancia del resorte = 385 cm

Distancia del resorte comprimido = 286 cm

$$F = K X$$

$$F = (71100) (0.101)$$

$$F = 7181.61 \text{ N}$$

4.3 SISTEMA DE DIRRECCION DEL MINI BAJA

4.3.1 Factores de Diseño.

El sistema de dirección del vehículo debe cumplir una serie de factores importantes, en primer lugar el volante debe encajar perfectamente en las manos del conductor con un diámetro que permita la suficiente influencia sobre el eje, sin embargo, debe ser lo suficientemente pequeño de tal forma que los muslos del conductor no entren en contacto con el mismo, por otra parte el volante no debe inhibir la capacidad del conductor para ver el terreno que tiene por delante. Además debe ser removible para permitir que el conductor tenga la capacidad de salir del vehículo con facilidad.

El ángulo de posición en relación a la postura del conductor debe satisfacer una cómoda posición de conducción durante la mayor parte del recorrido. Sin embargo, el ángulo máximo admisible en las articulaciones del eje no debe ser superado.

Los componentes de este eje, así como cualquier articulación, debe ser lo suficientemente fuertes para resistir el par máximo que el conductor pueda ejercer. El eje debe tener el apoyo adecuado de tal manera que la carga de flexión en él se reduzca al mínimo.

Debe conservar la suavidad en el manejo, de tal manera que el conductor pueda efectuar un giro sin que la fuerza aplicada sobre el volante sea excesiva pero

tampoco muy restringida, con el objetivo de poder mantener el control y corregir desvíos en su trayectoria. Igualmente la seguridad durante cualquier recorrido así como la facilidad en el montaje, durabilidad del sistema y armonía con las demás partes deben impedir que cualquier irregularidad del camino se vea reflejada de manera significativa causando imprevistos o molestias indeseables.

4.3.2 Requisitos del Sistema.

Para diseñar el sistema de dirección de un vehículo mini baja debe cumplir con una serie de objetivos entre los cuales se encuentran:

- Tener la resistencia y durabilidad que amerita un vehículo todo terreno.
- Presentar facilidad en el montaje.
- Tener la posibilidad de hacerle adecuaciones o modificaciones.
- Estar disponible en el mercado.
- Ser de bajo costo
- Estar en armonía con la suspensión delantera
- Tener un bajo peso.

4.3.3 Selección Sistema de Dirección.

Para la selección apropiada del sistema de dirección, se analizaron los dos tipos más utilizados en este tipo de vehículos, como lo son la dirección por cremallera y la dirección de tornillo sin fin, este análisis se hizo teniendo en cuenta los objetivos planteados por la SAE.

Consideraciones como las presentes en la tabla 5, fueron fundamentales en la selección del sistema de dirección más apropiado del vehículo.

Tabla 5. Consideraciones de selección para el sistema de dirección.

VARIABLE \ SISTEMA DE DIRECCION	Tornillo Sin fin	Cremallera
Resistencia y durabilidad.	8	8
Facilidad de montaje.	6	8
Posibilidad de hacer adecuaciones	6	7
Disponibilidad comercial.	6	8
Bajo precio.	7	8
Armonía con la suspensión.	8	9
Bajo peso	6	7
TOTAL	47	55

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

4.3.4 Análisis de Resultados.

Se analizó el sistema de dirección por cremallera y el sistema de dirección de tornillo sin fin, con cada una de las variables, siendo esta primera la que presenta una mayor facilidad en su montaje, un tamaño que en un momento determinado no incomode al conductor, una mayor disponibilidad en el mercado, es más económica, permite un mayor ángulo de viraje y presenta menores fuerzas reactivas en el timón.

Tomando en cuenta todas estas características y los resultados obtenidos en la consideración de variables, se decide que un sistema de dirección por cremallera es el más apropiado para cumplir los requisitos propuestos.

4.3.5 Características del Sistema Seleccionado

- Se caracteriza por la sencillez de su mecanismo de multiplicador.
- Proporciona gran suavidad en los giros y tiene rapidez de recuperación, haciendo que la dirección sea muy estable y segura.
- Presenta un montaje sencillo y preciso.
- Seguridad y confianza en el manejo, permitiendo la comodidad y confort durante la marcha.
- Armonía con la suspensión y facilidad de montaje.
- Tiene una buena disponibilidad comercial.

4.3.6 Característica del Sistema Adquirido.

Tabla 6. Características sistema de dirección.

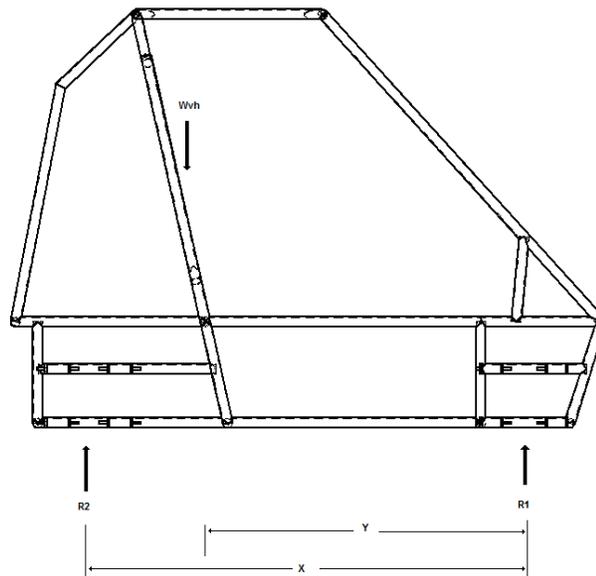
Tipo	De cremallera y piñón servoasistida con columna de seguridad
Vueltas de volante	2,97
Radio de giro (metros)	4,4

Tomado de: <http://www.mecanicavirtual.org/direccion.htm> Consultada Septiembre de 2007.

4.3.7 Cálculos Sistema de Dirección.

Para realizar los cálculos del sistema de dirección, se tuvo en cuenta un peso de 2900 N aproximado por el vehículo y en piloto, se asume que se encuentra distribuido, por lo que se toma en el centro de gravedad del conjunto.

Figura 20. DCL chasis del vehículo.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

$$\sum W_{vh} = 290 \text{ Kg.}$$

$$X = 133.5 \text{ cm}$$

$$Y = 86 \text{ cm}$$

$$M = 0.7$$

$$T$$

$$r = 1.27 \text{ cm}$$

Estática.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_1 + R_2 - \sum W_{vh} = 0 \quad (1)$$

$$\sum M_{R1} = 0$$

$$R_2 (X) - \sum W_{vh} (Y) = 0 \quad (2)$$

$$R_2 = 186.81 \text{ kg}$$

Peso del vehículo.

Distancia entre pivotes.

Distancia entre R_1 y Centro de gravedad.

Coefficiente de fricción dinámico.

Torque aplicado en el volante.

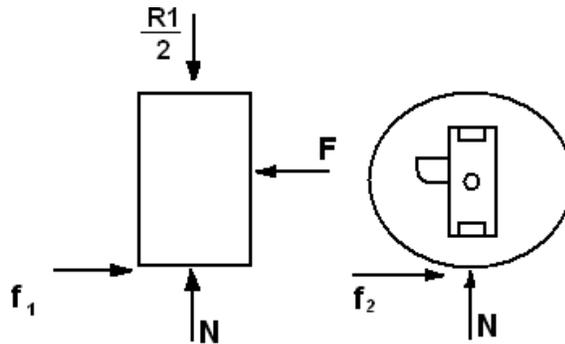
Radio del piñón.

Remplazando (R_2) en (1) se obtiene

$$R_1 = 103.18 \text{ kg}$$

Para realizar el cálculo del torque aplicado sobre el volante se hizo un DCL de la llanta delantera.

Figura 21. DCL de la llanta delantera.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

Estática.

$$\sum F_x = 0$$

$$f - F = 0 \quad (3)$$

$$\sum F_y = 0$$

$$N - W_{cl} = 0 \quad (4)$$

$$W_{cl} = R1 / 2$$

$$W_{cl} = 51.59 \text{ kg}$$

$$N = 51.59 \text{ kg}$$

$$f = \mu N$$

$$f = (0.7) (51.59)$$

$$f = 72.22 \text{ lbf}$$

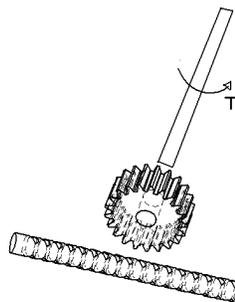
De la ecuación (3) obtenemos

$$F = f$$

$$F = 72.22 \text{ lbf}$$

Para calcular el torque nos basamos en la siguiente figura.

Figura 22. Funcionamiento de la cremallera.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

$$T = F r$$

$$T = (72.22)(1,27)$$

$$T = 91.71 \text{ lbf cm}$$

4.4 SISTEMA DE TRANSMISION DEL MINI-BAJA.

El sistema de transmisión del mini baja se dimensiona para que pueda ascender por una pendiente de 45 grados, alcanzar la mayor velocidad posible en terreno plano como condiciones de la norma SAE. Estos requisitos se evalúan en la competencia en las pruebas de velocidad máxima, subida de rampa, tracción de trineo, rendimiento y resistencia.

Como paso inicial del diseño de transmisión fue encontrar las relaciones necesarias para que el vehículo pueda realizar las pruebas de la competencia con un rendimiento óptimo.

4.4.1 Condiciones del Sistema de Transmisión

- Obtener el mayor par torsor con el fin de mejorar la eficiencia y aprovechar al máximo la salida de potencia del motor.
- Mantener el aumento o disminución de la marcha sin que se presenten cambios bruscos en la velocidad.
- En la etapa final de transmisión, impedir el resbalamiento de la catarina con la cadena, lo que asegura un buen desempeño y excelente respuesta de salida.
- Obtener la mayor prestación de aceleración con el menor consumo de combustible.
- Torque mínimo del vehículo en lo plano con el fin de alcanzar la velocidad máxima sin ningún esfuerzo. Se considera 50 Km/h como velocidad máxima en estos tipos de vehículos.

4.4.2. Características del Sistema de Transmisión.

Debido a la potencia limitada sobre la que debe partir el diseño del automóvil, se hace necesario conformar un eficiente sistema para el manejo de esta. Debido a lo anterior el primer paso consistió en elegir el sistema más adecuado para cumplir con los requerimientos exigidos y se considera que debe cumplir con las siguientes características:

- Bajo peso.
- Disponibilidad en el mercado.
- Relaciones de velocidad exigidas.
- Automaticidad (debido a la condición del terreno el piloto no puede maniobrar correctamente un vehículo que tenga cambios manuales).

- Confiable.
- Ocupe el menor espacio posible.

Ya que el vehículo está destinado a terrenos off-road, el sistema de transmisión está expuesto a cargas de impacto debido a las fuerzas externas, contaminación por suciedad (lodo), a variaciones de terreno incluyendo rocas, arena o lodo; por lo tanto el sistema de transmisión debe ser suficientemente robusto para resistir estas condiciones.

4.4.3. Comparación y Análisis de Resultados.

Para hacer una adecuada selección del sistema de transmisión basándose en el cumplimiento de los requerimientos y características se evaluaron las siguientes variables.

Peso	Variable 1.
Facilidad de montaje	Variable 2.
Disposición comercial	Variable 3.
Resistencia y durabilidad	Variable 4.
Cantidad de componentes	Variable 5.

Para clasificar las características generales de un sistema de transmisión se utilizaron las tablas 7 y 8.

Tabla 7. Clasificación de variables sistema de transmisión.

VARIABLE	1	2	3	4	5
----------	---	---	---	---	---

TRANSMISION

EMBRAGUE Y CAJA DE CAMBIOS	5	4	9	8	4
TRANSMISION AUTOMATICA	4	3	8	7	4
DOS ETAPAS (CVT Y FIJA)	8	9	7	7	8

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Tabla 8. Promedio sistema de transmisión.

Transmisión	Promedio
Embrague y caja de cambios	30
Transmisión automática	26
Dos etapas (CVT y Fija)	39

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

A partir de los resultados de la evaluación anterior se decide que la transmisión más conveniente es la de dos etapas, variable con CVT y fija con engranajes.

La alta velocidad del motor hace que la transmisión por CVT sea ideal para la primera etapa de reducción. Al eje del motor se fija una polea pequeña, mientras que se monta una polea de mayor diámetro en un eje paralelo el cual gira a una velocidad mas baja.

Para la segunda etapa se utiliza un sistema de transmisión por cadenas en donde un piñón reductor entrega una baja velocidad a la catarina conducida, transmitiendo un gran par de torsión, lo que origina la tensión necesaria para mover las ruedas ubicadas sobre un tercer eje paralelo.

4.4.4 Características del Sistema Seleccionado.

- Las velocidades no cambian de manera instantánea, sino de forma progresiva y regular.
- La ausencia de convertidor de par permite un rendimiento energético mayor que con una caja automática clásica.
- Ofrece prestaciones más elevadas en aceleración.
- Conlleva una disminución del consumo de combustible, más aún teniendo en cuenta que el motor no gira jamás a un régimen más elevado del necesario.
- La gama de marchas ofrecidas es mayor que la de una caja automática clásica; a velocidad constante en carretera, el motor gira lentamente, lo que permite una disminución del nivel de ruido.

4.4.5 Motor.

Con el fin de establecer uniformidad en la competencia, la norma SAE, exige que todos los vehículos utilicen un motor, enfriado por aire y modelo Briggs and Stratton 10 HP OHV INTEK model 205432 tipo 0036, que posee las siguientes características:

- Potencia 10 HP

- Capacidad tanque de combustible
- Desplazamiento
- Capacidad de aceite
- Peso en seco
- Consumo de combustible

4.4.6 Características del Sistema de Transmisión Mixta

4.4.6.1 Características de la transmisión por CVT. Consiste en dos poleas comunicadas por una correa, que tienen la particularidad que se puede cambiar el radio efectivo de las mismas. Eso es posible porque las poleas están formadas por dos conos enfrentados que pueden separarse entre sí. La correa es troncocónica y encaja entre los conos. Al modificarse el radio de las poleas, se consigue cambiar la relación de velocidad del vehículo. Como las poleas pueden regularse según las revoluciones del motor, resulta que se tiene un cambio con infinitas marchas.

Entre el cambio CVT y el motor se instala un convertidor hidráulico de par, como los cambios automáticos, para ofrecer un funcionamiento más suave. El efecto que se consigue es el de mantener al motor en un punto óptimo de funcionamiento. Cuando se realice una conducción relajada la electrónica llevará el motor a un régimen de revoluciones de bajo consumo y cuando se necesita aceleración, el motor girará al régimen de máxima potencia de forma constante.

4.4.6.2 Características de la transmisión por cadena.

Este sistema transmite la potencia que entrega la polea conducida por un piñón motriz, mediante una cadena que une a esta con una catarina conducida, variando la velocidad transmitida debido a la diferencia de diámetros entre las dos catarinas. Esta transmisión de potencia se lleva a cabo de una manera efectiva debido a las condiciones de funcionamiento que impiden el deslizamiento entre las ruedas dentadas y la cadena.

4.4.7 Cálculos Sistema de Transmisión.

4.4.7.1 Calculo relación entre el piñón conductor y la catarina conducida.

DATOS

Diámetro de la llanta	$D = 0,508 \text{ mt}$
Reducción máxima CVT	$R_{\text{max}} = 1:1,24$
Velocidad max deseada	$V_{\text{max}} = 60 \text{ Km/hora} = 1000 \text{ m/min.}$
Factor de aplastamiento rueda	$f_a = 0,9$
RPM máxima motor	$\text{RPM max} = 3800$

Reducción por cadena X

$$\text{Perímetro (P)} = \pi \times D$$

$$P = \pi \times 0,508 \text{ mt} = 1,5959 \text{ mt}$$

$$X = \text{RPM} \times P \times f_a / (V_{\text{max}} \times R_{\text{max}})$$

$$X = 3800 \times 1,5959 \text{ mt} \times 0,9 / (1000 \text{ m/min} \times 1,24)$$

$$X = 4,4016$$

Piñón conductor = 12 dientes

Catarina conducida = 53 dientes

Relación = Catarina conducida / Piñón conductor

$$\text{Relación} = 53 / 12 = 4,4166$$

Para determinar la velocidad máxima alcanzada por el vehículo se utilizó el software Microsoft Excel. En las tablas 9 y 10 se presentan los resultados de las velocidades obtenidas y las figuras 23 y 24 representan las gráficas de la aceleración y la velocidad en función de las RPM del motor

Tabla 9. Datos sistema de transmisión.

velocidad deseada		
velocidad	60	km/h
	16,6666667	m/seg
Rev. de la llanta	10,4427736	rev/seg
relación de transmisión		
High	1,24	ratio
Low	2,83	ratio
revoluciones del motor		
RPM min	1750	rpm
	29,1666667	rps
RPM max	3800	rpm
	63,3333333	rps
Llantas		
diámetro	0,508	m
perímetro	1,5959328	m
Piñón menor	12	dientes
Piñón mayor	53	dientes
relación	0,22641509	ratio
relación high	5,47666667	ratio
relación low	12,4991667	ratio

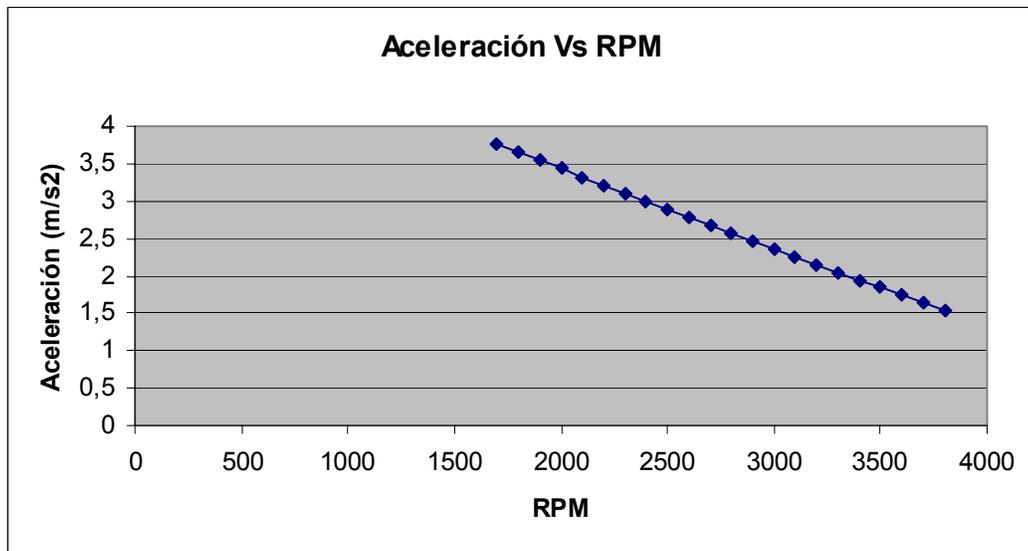
CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Tabla 10. Resultados velocidad y aceleración.

RPM	ratio	llanta[rev/s]	Vel. [km/h]	Torque[N.m]	aceleración
1700	12,84172764	2,20634903	11,40911909	18,324	3,76498908
1800	12,49916667	2,400160011	12,41132342	18,266	3,65295645
1900	12,15660569	2,60489379	13,47000998	18,208	3,54155962
2000	11,81404472	2,821500522	14,59009206	18,15	3,43079859
2100	11,47148374	3,051043857	15,77706983	18,092	3,32067334
2200	11,12892276	3,294718406	17,03712066	18,034	3,21118389
2300	10,78636179	3,553870534	18,37720669	17,976	3,10233023
2400	10,44380081	3,830023256	19,80520346	17,918	2,99411237
2500	10,10123984	4,124906184	21,33005487	17,86	2,8865303
2600	9,758678862	4,440491787	22,96196065	17,802	2,77958402
2700	9,416117886	4,779039573	24,71260479	17,744	2,67327353
2800	9,073556911	5,143150269	26,59543577	17,686	2,56759884
2900	8,730995935	5,535832761	28,62601264	17,628	2,46255994
3000	8,388434959	5,960587433	30,82243604	17,57	2,35815684
3100	8,045873984	6,421510798	33,2058892	17,512	2,25438952
3200	7,703313008	6,923428047	35,80132337	17,454	2,151258
3300	7,360752033	7,472062604	38,63833461	17,396	2,04876228
3400	7,018191057	8,074255347	41,75229737	17,338	1,94690234
3500	6,675630081	8,738251315	45,18584708	17,28	1,8456782
3600	6,333069106	9,474079471	48,99084391	17,222	1,74508986
3700	5,99050813	10,29406276	53,2310103	17,164	1,6451373
3800	5,647947154	11,2135138	57,98552838	17,106	1,54582054

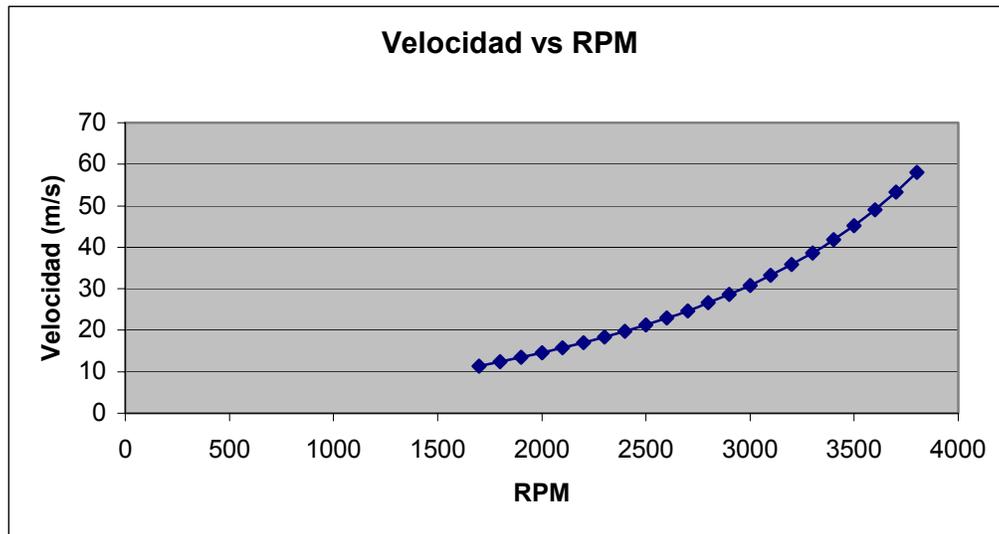
CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Figura 23. Aceleración vs RPM.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Figura 24. Velocidad vs RPM.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

4.5 SISTEMA DE FRENOS DEL MINI-BAJA

Para hacer la selección del sistema de frenos más apropiado se evaluó las características más relevantes de un sistema de freno para lo cual se deben tener en cuenta la geometría de las ruedas, la seguridad durante la marcha y la comodidad en el momento buscar la disminución total o parcial de la velocidad durante la marcha.

Considerando los diversos tipos de frenos y sus aplicaciones, así como las condiciones establecidas por la competencia, en donde se exige que los frenos deban ser accionados mediante sistemas independientes (frenos delanteros y frenos traseros), se optó por utilizar frenos hidráulicos debido a su buen desempeño y facilidad de montaje.

4.5.1 Requisitos Sistema de Frenos

- Máxima seguridad en el momento de frenado.
- Impedir el bloqueo de las ruedas para evitar el deslizamiento sobre la carretera.
- Discos delanteros de pequeño diámetro que se ajusten a las condiciones de las ruedas.

4.5.2 Comparación y Análisis de Resultados.

Para la evaluación de las diferentes alternativas, se tuvo en cuenta las siguientes variables:

- Seguridad Variable 1
- Costo Variable 2
- Peso Variable 3
- Disponibilidad Variable 4
- Facilidad de montaje Variable 5
- Vida útil Variable 6
- Influencia en la maniobrabilidad Variable 7

Para clasificar las características generales de un sistema de frenos se utilizó las tablas 11 y 12.

Tabla 11. Selección del sistema de frenos del mini baja.

CARACTERISTICA	Variable 1	Variable 2	Variable 3	Variable 4	Variable 5	Variable 6	Variable 7
ACCIONAMIENTO							
Por energía muscular	7	9	9	9	8	9	6
por energía asistida	9	5	7	8	6	7	8
NUMERO DE CIRCUITOS							
Sistema de un solo circuito	6	9	8	9	8	6	9
sistema con doble circuito	7	6	7	8	6	7	8
sistema de tres circuitos o mas	8	4	6	8	4	7	7
DISPOSICION DE FRENOS							
2 frenos delanteros y 2 traseros de tambor	8	7	4	7	5	7	6
2 frenos delanteros y 2 traseros de disco	9.5	5	7	6	6	8	8
2 frenos delanteros de tambor y 2 frenos traseros de disco	9	6	5	7	5	7	7
2 frenos delanteros de disco y 2 frenos traseros de tambor	9	6	5	7	6	7	7
2 frenos delanteros de disco y 1 freno trasero de disco ubicado en eje	8.5	7	9	7	8	8	9
2 frenos delanteros de tambor y 1 freno traseros de tambor ubicado en eje	7.5	8	7	7	7	8	7
2 freno delanteros de disco y 1 freno trasero de tambor ubicado en el eje	8	7	7	7	6	7	7
2 frenos delanteros de tambor y 1 freno trasero de disco ubicado en el eje	8	7	7	7	6	8	7

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Tabla 12. Resultados obtenidos en la calificación de características.

CARACTERISTICA	PROMEDIO
ACCIONAMIENTO	
Por energía muscular	8.14
Por energía asistida	7.14
NUMERO DE CIRCUITOS	
Sistema de un solo circuito	7.85
Sistema con doble circuito	7
Sistema de tres circuitos o mas	6.28
DISPOSICION DE FRENOS	
2 frenos delanteros y 2 traseros de tambor	6.28
2 frenos delanteros y 2 traseros de disco	7.07
2 frenos delanteros de tambor y 2 frenos traseros de disco	6.57
2 frenos delanteros de disco y 2 frenos traseros de tambor	6.71
2 frenos delanteros de disco y 1 freno trasero de disco ubicado en eje	8.07
2 frenos delanteros de tambor y 1 freno traseros de tambor ubicado en eje	7.35
2 freno delanteros de disco y 1 freno trasero de tambor ubicado en el eje	7
2 frenos delanteros de tambor y 1 freno trasero de disco ubicado en el eje	7.14

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar

Tabla 13. Características que obtuvieron los mejores resultados.

ACCIONAMIENTO	
Por energía muscular	8.14
NUMERO DE CIRCUITOS	
Sistema de un solo circuito	7.85
DISPOSICION DE FRENOS	
2 frenos delanteros de disco y 1 freno trasero de disco ubicado en eje	8.07

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

A partir de los resultados de la tabla 13 se aprecian las características del sistema de frenos que más se adaptan a los requerimientos exigidos para un vehículo todo terreno.

Sin darle menos importancia al costo, disponibilidad, peso, maniobrabilidad, facilidad de montaje y vida útil, al factor más importante en la elección del sistema a usar, es la seguridad que este debe ofrecer en la detención del vehículo bajo cualquier circunstancia.

4.5.3 Características del Sistema Seleccionado.

El sistema de freno de disco tiene las siguientes ventajas:

- No se cristalizan las pastillas , ya que se enfrían rápidamente
- Trabaja en altas temperaturas y tiene una capacidad de enfriamiento mucho mayor, debido a su construcción abierta.
- Es más resistente a grandes esfuerzos sin que haya necesidad de regularlo.
- Cuando el disco se calienta por acción de la fricción este se dilata, haciéndose mas grueso y aumentando la presión contra las pastillas.
- Tiene un mejor frenado en condiciones adversas, ya que el disco desecha agua y polvo por acción centrífuga.
- Accionamiento por energía muscular
- Sistema de frenos de un solo circuito

En el prototipo Mini-Baja el sistema de frenos debe tener la capacidad de bloquear las llantas, siempre y cuando esto no se presente en todos los momentos que se acciona el sistema.

El bloqueo de las llantas se considera como un límite en la acción del frenado, ya que tiene un gran impacto en el manejo del vehículo. Una vez se bloquean las llantas delanteras se pierde el control en el manejo del vehículo, pero al bloquearse las llantas traseras el vehículo entra en una inestabilidad total. Una vez las ruedas se bloquean, cualquier irregularidad en el camino (los cuales siempre están presentes), iniciara la volcadura del vehículo.

4.5.4 Características de los Frenos Adquiridos.

Según las normas de la SAE, los frenos de un vehículo mini-baja debe ser capaz de detener un vehículo que se desplace a una velocidad de 40 Km/h promedio, en una distancia de 15.24 metros.

Dentro de la selección, los frenos de disco de las motos son capaces de alcanzar los niveles de rendimiento requeridos así como una fácil ubicación teniendo dentro de los rines delanteros, en la parte trasera se utilizó un freno de disco en el eje, con un mayor diámetro que los ubicados en las ruedas delanteras ya que para esta aplicación no existía restricción de tamaño. Los frenos son accionados hidráulicamente de manera simultánea con bombas independientes, una para los dos frenos delanteros y otra para el freno trasero según normativa de la competencia.

Componentes del sistema

- 2 frenos delanteros de disco ubicados para cada una de las llantas
- 1 freno de disco trasero ubicado en el eje
- 2 bombas de fluido hidráulico
- 1 pedal de accionamiento
- Tuberías de conducción (para el liquido de frenos)
- 3 mordazas de doble pistón ubicadas en cada freno
- 3 caliper ubicados en cada freno

4.5.5 Cálculos del Sistema de Frenos

Coeficiente de fricción Rueda/Suelo de: Diseño Racional de Pavimentos. INVIAS)	$\mu r = 0.7$	(Tomado
Coeficiente de fricción Pastilla/Disco de: Revista, Mecánica del Automóvil)	$\mu d = 0.6$	(Tomado
Diámetro rueda delantera	DD = 21 in	

Diámetro rueda trasera	DT = 21 in
Diámetro cilindro maestro	Dcilindro = 0.387 in
Diámetro cilindro caliper delantero	Dcaliper D = 1 in
Diámetro cilindro caliper trasero	Dcaliper T = 1.35 in
Masa del vehículo	Mv = 580 lb
Relación palanca freno	rp = 5
Diámetro disco delantero	Ddisco D = 7.09 in
Diámetro disco trasero	Ddisco T = 9.45 in
Balance fuerza aplicada Pedal/Bomba	Bf = 0.5

Relación cilindro Maestro/Caliper delantero
 $RC_D = D_{cilindro}^2 / D_{caliper D}$ $RC_D = 0.149$

Relación cilindro Maestro/Caliper trasero
 $RC_T = D_{cilindro}^2 / D_{caliper T}$ $RC_T = 0.082$

Caso 1: 100% masa del vehículo sobre las dos ruedas delanteras.ç

Peso sobre las llantas

$$W_{LI} = W_{veh} / 2 \quad W_{LI} = 290 \text{ lbf}$$

Fuerza de fricción

$$F_{fric} = W_{LI} * \mu_r \quad F_{fric} = 203 \text{ lbf}$$

Torque debido a la interacción Rueda/Suelo

$$T = F_{fric} * (D_D / 2) \quad T = 2131.5 \text{ lbf}$$

Fuerza de fricción requerida al disco

$$F = T / (D_{disco D} / 2) \quad F = 601.26 \text{ lbf}$$

Fuerza normal requerida al disco

$$FN = F / \mu_d \quad FN = 1002.1 \text{ lbf}$$

Fuerza aplicada al bloqueo

$$Fb = (FN / (rp * Bf)) RC_D \quad FB = 59.72 \text{ lbf}$$

Con el objetivo de analizar y verificar la posibilidad de desarrollar la fuerza requerida, se llevó a cabo una prueba en la que se midió la fuerza aplicada por el piloto sobre el pedal del freno.

Tabla 14. Fuerza promedio aplicada por el piloto

Experimento	Valor (lbf)
1	59
2	60
3	61

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Con el resultado obtenido en la tabla N° 18, se comprobó que un piloto promedio puede aplicar sobre el pedal del freno la fuerza necesaria para el bloqueo de las ruedas.

Caso 2: 100% masa del vehículo sobre las dos ruedas traseras.

Peso sobre las llantas

$$W_{LI} = W_{veh} / 2 \quad W_{LI} = 290 \text{ lbf}$$

Fuerza de fricción

$$F_{fric} = W_{LI} * \mu^* \quad F_{fric} = 203 \text{ lbf}$$

Torque debido a la interacción Rueda/Suelo

$$T = F_{fric} * (D_T / 2) \quad T = 2030 \text{ lbf}$$

Fuerza de fricción requerida al disco

$$F = T / (D_{disco} / 2) \quad F = 429.63 \text{ lbf}$$

Fuerza normal requerida al disco

$$FN = F / \mu_d \quad FN = 716.05 \text{ lbf}$$

Fuerza aplicada al bloqueo

$$F_b = (FN / (r_p * B_f)) RC_T \quad FB = 23.48 \text{ lbf}$$

4.6 ANÁLISIS DE FLOTABILIDAD

4.6.1 Centro de gravedad

Para la localización del centro de gravedad dinámico del vehículo se tomo el peso soportado en cada llanta, en cuatro posiciones diferentes del piloto (inclinado hacia delante, hacia atrás y a cada costado), hallándose la distribución del peso en cada una de estas. Se encontró 4 centros de gravedad, a los cuales se le halló la envolvente (promedio geométrico de los centros de gravedad en cada posición) encontrándose el centro de gravedad dinámico del vehículo. Ver anexo E

4.6.2 Diseño de flotadores

Para hallar el mejor diseño de flotadores se realizó una curva de flotabilidad, midiendo el peso del vehículo en diferentes puntos de su longitud (cada 10cm) encontrando la distribución de los volúmenes de los flotadores. Ver tabla [15]

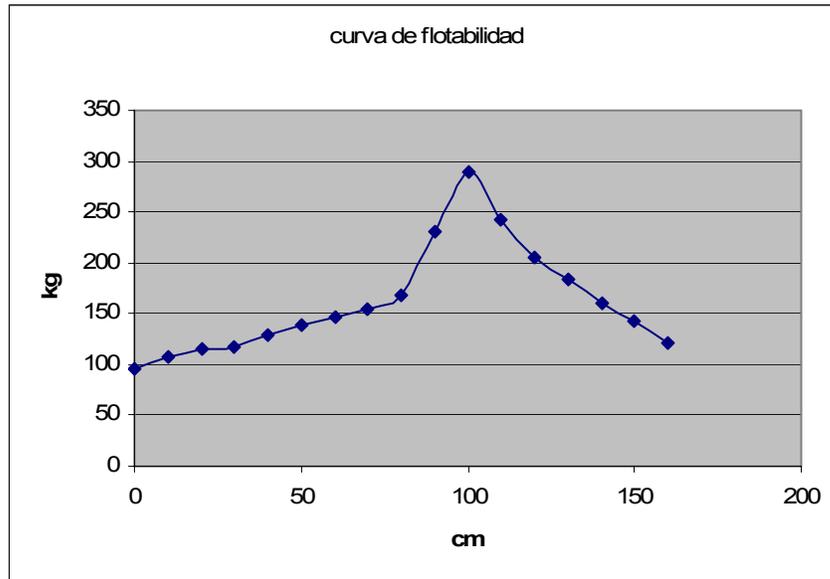
Para la toma de los datos el punto de referencia sobre la base del chasis es la frontal del mismo, es decir, este es el punto de partida para la adquisición de los valores.

Tabla 15. Distribución de peso en el vehículo.

Distribución de peso a lo largo de la base del chasis														
cm	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
kg	118	129	138	147	155	169	230	290	242	205	183	161	142	121

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Figura 25. Curva de flotabilidad



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

4.6.3 Material recomendado en la flotabilidad

Se recomienda el uso de Poliuretano debido a que es un material de dos compuestos los cuales se pueden mezclar en diferentes proporciones para hallar la lograr la resistencia y densidad necesaria en la flotabilidad del vehículo. Ver tabla 16.

Tabla 16. Prueba diferentes mezclas.

Componente	volumen inicial ml	porcentaje	volumen mezcla ml	masa mezcla Gr	densidad mezcla gr/ml
A	10	50%	230	11	0.0478
B	10	50%			
A	10	40%	250	14	0.056
B	15	60%			
A	12	60%	230	7	0.0304
B	8	40%			

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Con los datos obtenidos en la tabla 16, se recomienda el uso en la flotabilidad del vehículo una mezcla compuesta por 60% del componente A y 40% del componente B, la cual proporciona una buena relación resistencia densidad, siendo esta de 0.03 Kg/m^3

Para el diseño de los flotadores se debe hacer un exoesqueleto en malla expandida calibre 18 soldada al chasis la cual contendrá la mezcla y dará una mayor resistencia en caso de sufrir golpes en el sistema.

5. PROCESOS DE FABRICACION

Para los procesos de diseño y fabricación se tuvieron en cuenta las limitaciones en la herramienta, maquinaria y procesos industriales disponibles, por lo cual se busco que la construcción de piezas y componentes fuera lo más sencilla posible, sin descuidar las prestaciones de la misma.

Durante el proceso de fabricación se construyeron piezas confiables, aunque en algunos casos se prescindió de factores como la estética.

5.1 SOLDADURA

Todos los componentes del vehículo fueron soldados por los miembros del equipo, utilizando soldadura tipo TIG (Tungstene Inert Gas), utilizando un equipo MULTI-TIG 300AC-DC.

El proceso de soldadura TIG se prefirió sobre otros tipos de soldadura, debido a las ventajas que esta ofrece, entre las cuales se encuentran:

- Ofrece excelentes uniones en el acero AISI 4130.
- Fácil manipulación del equipo.
- Brinda soldadura de alta calidad en todas las posiciones.
- Mejor acabado de la soldadura sin requerir limpieza posterior.
- El área a soldar siempre es visible.

El proceso de soldadura realizado se puede apreciar en las figuras 26 y 27.

Figura 26. Proceso de soldadura 1.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

Figura 27. Proceso de soldadura 2.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

5.2 PROCESOS DE FABRICACION DE CADA SISTEMA DEL VEHICULO

A continuación se describirá los procesos de fabricación en cada uno de los sistemas que comprenden el vehículo.

5.2.1 Chasis

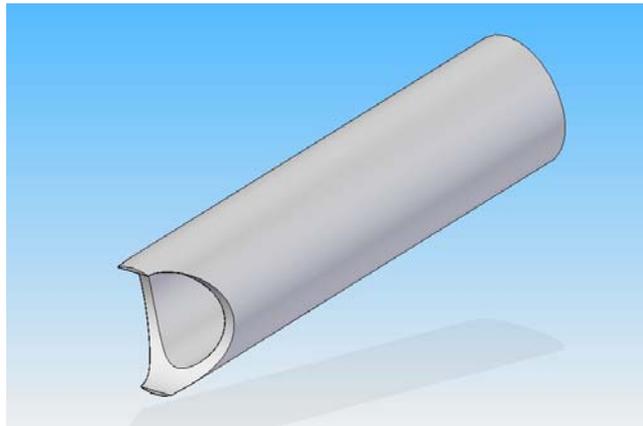
Inicialmente se procedió a realizar los cortes y dobleces de los tubos de 1 ¼ “ para la base inferior de la jaula y del corta fuego (ver figura 28) de acuerdo al diseño definido, para su posterior ensamble mediante soldadura; la punta de los tubos se figuro para que coincidieran entre si, logrando una mayor área de soldadura y una mejor sujeción del tubo, esta figura es conocida comúnmente como ojo de pescado (ver figura 29).

Figura 28. Base de la jaula y corta fuego.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

Figura 29. Perfil de corte para ensamble de tubos.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

Usando el procedimiento anteriormente descrito y tubería de 1 1/8 in se construyo la parte frontal, el techo del vehículo, los soportes del motor y los amortiguadores. Ver figura 30.

Figura 30. Soporte del motor.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

Se usaron dobles en vez de soldadura donde los radios de curvatura del tubo no provocaban aplastamiento. Ver figura 31.

Figura 31. Dobles en los tubos.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

5.2.2 Sistema de Suspensión

En la construcción del sistema de suspensión se utilizó un acero AISI 1018 debido a su disponibilidad en el mercado, bajo costo y requerimiento de las propiedades de material.

5.2.2.1 Suspensión delantera.

Figura 32. Sistema de suspensión delantera.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

Para las tijeras se cortaron tubos de 1 in de diámetro y de una longitud de 23 cm. Usando una base guía para facilitar su construcción se logró conseguir la misma geometría. Ver figura 33.

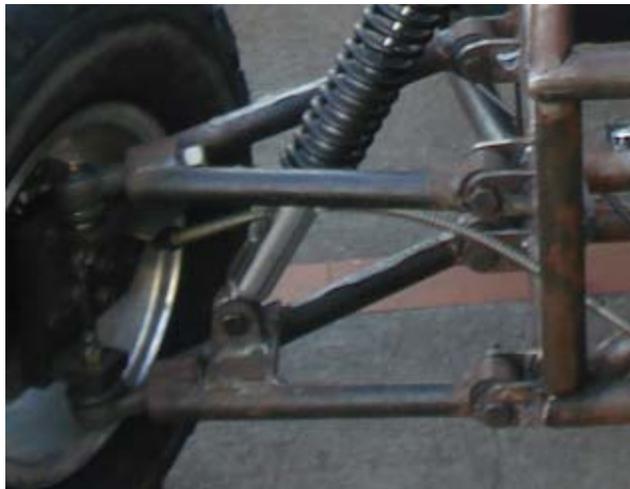
Figura 33. Corte de tubos.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

En la punta de cada tijera delantera se soldó una pieza cúbica (dado) de 1 X 1 ¼ in la cual fue previamente perforada para alojar la esférica.

Figura 34. Tijera delantera



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

En el otro extremo de la tijera se soldaron dos tubos de 1.43 in de diámetro con una longitud de 1.18 in y bujes de caucho con diámetro interno de ½ in dispuestos para la sujeción de la tijera al chasis. (Ver figura 35).

Figura 35. Dados, esféricas y bujes de unión al chasis.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

Como elemento de unión entre la tijera y el chasis se dispuso de platinas redondeadas, las cuales se perforaron con un agujero de $\frac{1}{2}$ in de diámetro para sujetarlas por medio de tornillos. (Ver figura 36).

Figura 36. Platinas redondeadas, soporte de unión de las tijeras al chasis.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

En la tijera inferior se soldó una platina, a esta se soldaron de forma vertical dos platinas redondeadas, perforadas con un diámetro de $\frac{1}{2}$ in en las cuales se apoya el amortiguador. El otro extremo del amortiguador se sostiene de dos platinas redondeadas, perforadas con diámetro de $\frac{3}{8}$ in, soldadas a la estructura intermedia del chasis. (Ver figura 37).

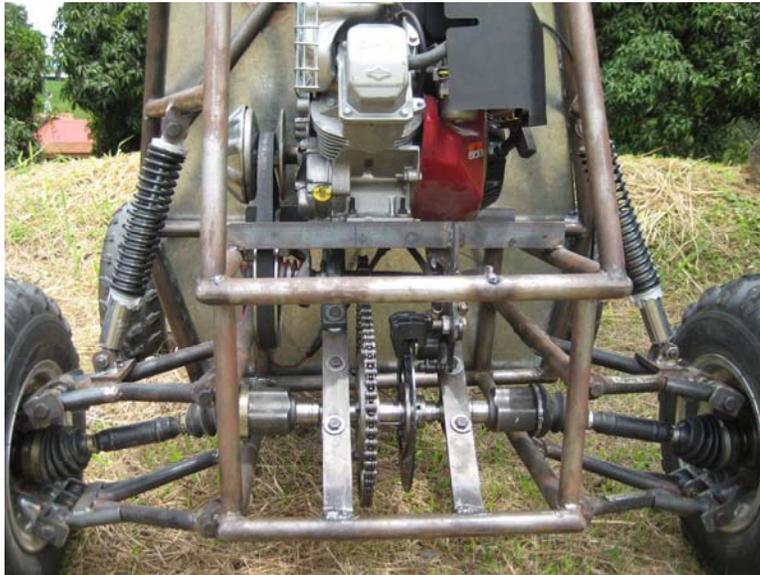
Figura 37. Soporte del amortiguador delantero.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

5.2.2.2 Suspensión trasera.

Figura 38. Sistema de suspensión trasero.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

Para las tijeras traseras se cortaron ocho tubos de 1 in de diámetro y longitud de 23 cm; además se cortaron 8 tubos de 1 in de diámetro y longitud de 10 cm, con el fin de trasladar el pivote de la llanta y aumentar la capacidad de apoyo. (Ver figura 39).

Igual que en las tijeras delanteras se uso una base guía para facilitar su construcción.

Figura 39. Tijera trasera.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

En las puntas de la tijera se soldaron tubos de 1.43 in de diámetro y longitud de 1.18 in con bujes de caucho de diámetro interno de $\frac{1}{2}$ in dispuestos para su sujeción al chasis y la mangueta trasera. (Ver figura 40).

Figura 40. Bujes de unión al chasis y mangueta trasera.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

En la tijera superior se soldó una platina, a esta se soldaron de forma vertical dos platinas redondeadas, perforadas con un diámetro de $\frac{1}{2}$ in en las cuales se apoya el amortiguador. El otro extremo del amortiguador se sostiene de dos platinas

redondeadas, perforadas con diámetro de 3/8 in, soldadas a la estructura del chasis. (Ver figura 41).

Figura 41. Soportes del amortiguador trasero.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

La mangueta trasera se fabrica en acero AISI 1020, al cual se le soldaron dos cubos del mismo material con un ángulo de 33° y dimensiones 1 5/8 x 2 5/8 in, los cuales se perforaron con un agujero cuadrado con el fin de reducir su peso, además se le adaptaron dos ángulos de 1/4 in en cada extremo lateral con perforaciones de 1/2 in para soportar los bujes de la tijera. (Ver figura 42).

Figura 42. Mangueta trasera

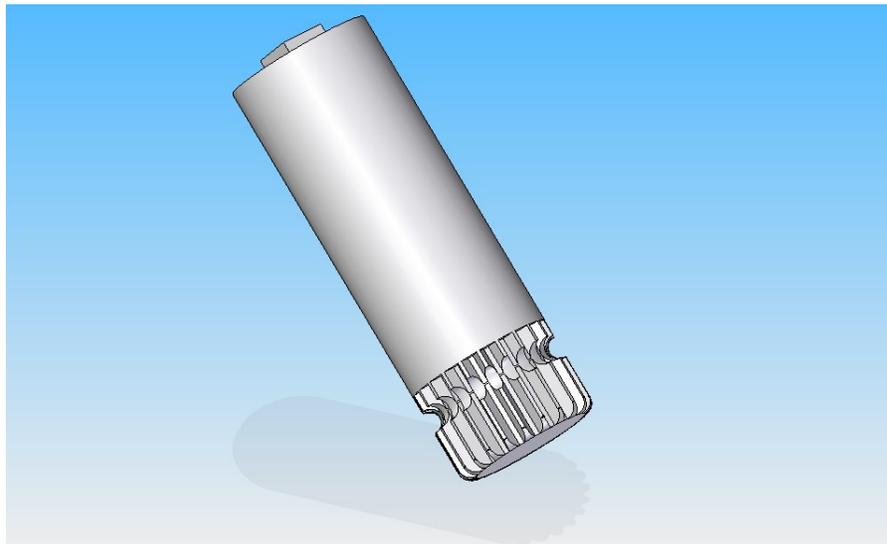


CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

5.2.3 Sistema de Dirección

En la construcción del árbol de la dirección se utilizó un eje de acero AISI 1020 con un diámetro de $\frac{3}{4}$ in y una longitud de 25 cm, se maquinó uno de sus extremos de forma rectangular para anclar el volante y al otro extremo con un estriado para la firme sujeción a la junta universal, la cual está conectada en su extremo inferior a la dirección de cremallera seleccionada debido a su disponibilidad en el mercado, dimensiones adecuadas y características de desempeño.

Figura 43. Árbol de dirección.



CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRIGUEZ, Oscar.

Para sostener la columna de dirección se utilizó un buje con dos rodamientos anclado al chasis mediante tubos de 1 1/8 in de acero AISI 4130, ver figura 44.

Para sostener la cremallera se soldó a la base de la jaula una platina de $\frac{1}{4}$ in con una perforación de $\frac{1}{2}$ in de diámetro, (ver figura 45).

Figura 44. Buje soporte de la columna de transmisión.



CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRIGUEZ, Oscar.

Figura 45. Soporte para la cremallera.

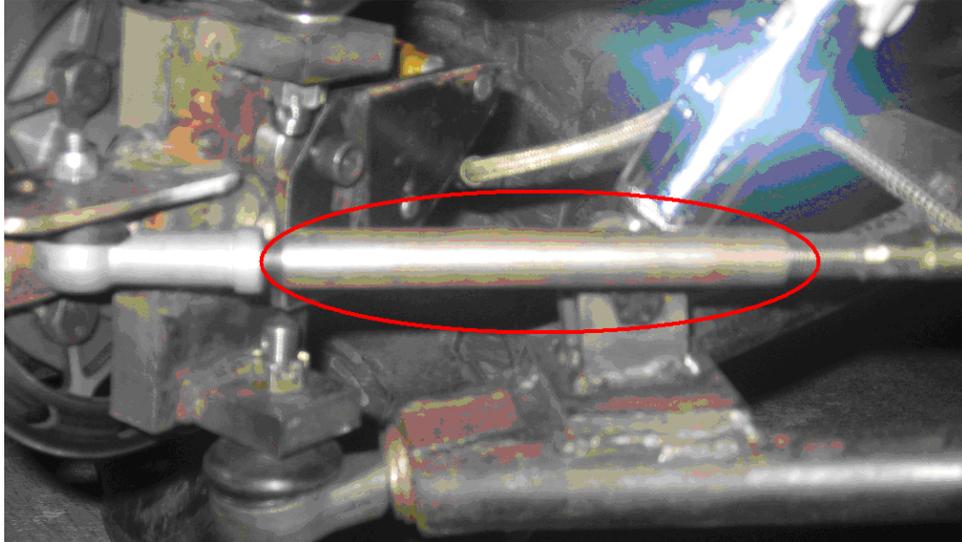


CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRIGUEZ, Oscar.

Debido a que se usó una cremallera de un vehículo comercial la cual está ubicada al lado izquierdo del auto se tuvo que modificar la vieleta de mando, recortándola y roscándola con el fin de centrar la cremallera y acoplar una extensión roscada en ambos extremos (rosca interna para la vieleta y rosca externa para la rotula de la dirección), con esto se logró variar la distancia de la vieleta de mando y mejorar

las dimensiones que permiten el mejor desempeño y maniobrabilidad del vehículo, (ver figura 46).

Figura 46. Veleta de mando modificada.



CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRIGUEZ, Oscar.

Para sujetar los terminales de la dirección, se soldó un ángulo de 3/16 in de espesor a cada una de las manguetas con tres perforaciones de 3/8 in, esta con el propósito obtener distintos ángulos de giro de las ruedas con la misma rotación del timón y así poder determinar la posición del terminal con la que se obtiene el mejor desempeño y comodidad en la conducción. (Ver figura 47).

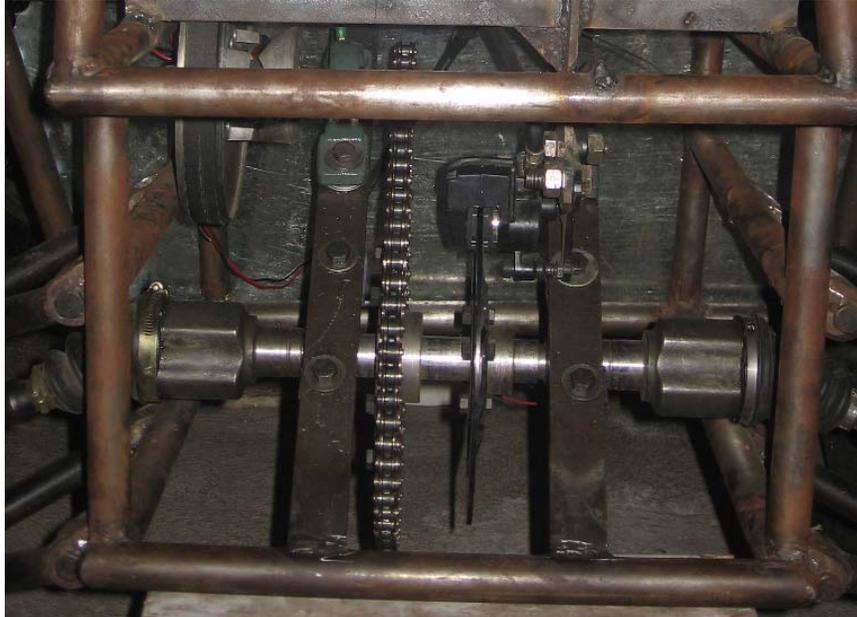
Figura 47. Soporte para los terminales de la dirección.



CALDERÓN, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRIGUEZ, Oscar.

5.2.4 Sistema de Transmisión

Figura 48. Transmisión del mini baja.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

Para el sistema de transmisión de potencia se contó con un motor Briggs and Stratton 10 HP OHV INTEK model 205432 tipo 0036. (Ver figura 49).

Los organizadores de la competencia mini baja SAE exigen este modelo de motor para garantizar lo homogeneidad de potencia disponible en todos los equipos que desean participar en la competencia.

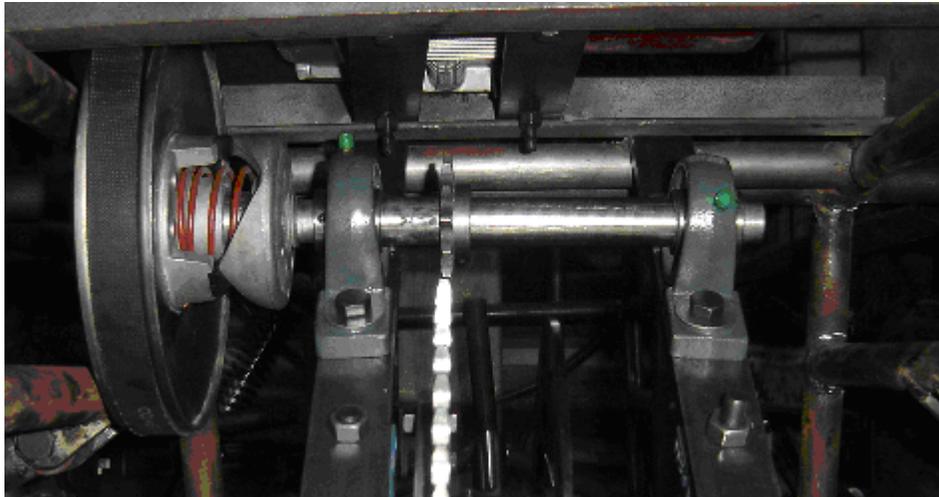
Figura 49. Motor



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

A la salida del motor se acoplo una CVT marca Comet 45, la cual transmite la potencia del motor al primer eje conducido sobre el que se ancla el piñón conductor. Este eje de 7/8 in de diámetro se encuentra apoyado en dos chumaceras las cuales son sujetadas mediante tornillos de 1/4 in a dos platinas (soporte de transmisión) soldadas a la base del chasis y la base del soporte para el motor. (Ver figura 50).

Figura 50. Disposición primaria, sistema de transmisión.



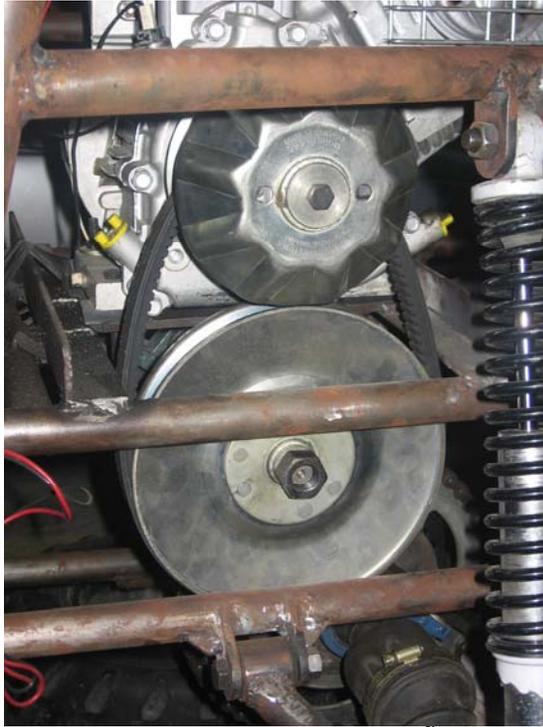
CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

Figura 51. CVT Comet 45



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

Figura 52. CVT acoplada al motor y 1^{er} eje.

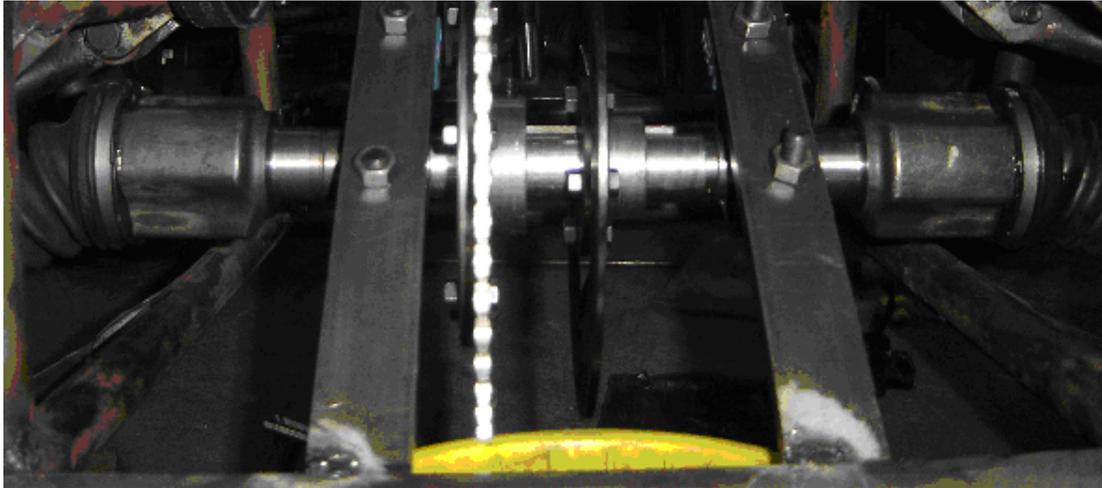


CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

Del piñón conductor en el 1^{er} eje, se transmite la potencia por medio de una cadena, al piñón conducido (Catarina) el cual está sujeto sobre un 2^{do} eje paralelo encargado de transmitir simultáneamente el movimiento rotativo a los ejes homocinéticos y a las ruedas traseras.

Mediante dos chumaceras (atornilladas a las platinas de soporte de transmisión) se sostiene el segundo eje encargado de la etapa final de transmisión de potencia y sobre el cual se fijó la catarina y el disco de freno. (Ver figura 53).

Figura 53. Disposición final, sistema de transmisión.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

El sistema de aceleración es controlado mediante un pedal localizado en la parte frontal derecha del vehículo. Éste se conecta a una guaya la cual acciona la palanca del acelerador que se encuentra en el motor. (Ver figura 54).

Figura 54. Pedal accionamiento del acelerador.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y Rodríguez, Oscar.

5.2.5 Sistema de Frenos

En la construcción del sistema de frenos se emplearon dos bombas de clutch de Renault 9 adaptándolas como sistemas independientes para las ruedas delanteras y traseras.

Se maquinó una platina de $\frac{1}{4}$ in de espesor soldada a la estructura del chasis con el fin de soportar las dos bombas de freno. (Ver figura 55).

Figura 55. Soporte para bombas de freno.

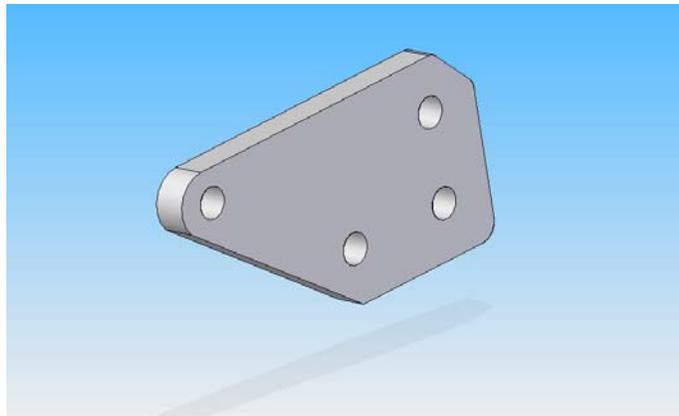


CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRIGUEZ, Oscar.

5.2.5.1 Sistema de frenos delantero

Para el acople de los caliper a la mangueta se diseñó una pieza unida mediante tornillos (ver figura 56). Con el fin de darle la posición correcta a la pastilla fija del caliper, se fabricaron dos bujes de acero de 1 cm de espesor y $1 \frac{1}{4}$ in de diámetro.

Figura 56. Soporte caliper delantero



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRIGUEZ, Oscar.

Debido a las dimensiones del caliper fue necesario maquinar parte de este con el fin de evitar el contacto con el rin.

Se fabricó un bocín cuya función es sostener la llanta por su cara exterior mediante espárragos y por su cara interna sostener el disco mediante cuatro tornillos.

Figura 57. Bocin delantero.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRIGUEZ, Oscar.

5.2.5.2 Sistema de freno trasero

Se fabricó un porta disco el cual se encuentra sujeto al segundo eje de transmisión de las ruedas traseras por medio de una chaveta y dos prisioneros. El disco de freno se fija a esta pieza por medio de cuatro tornillos.

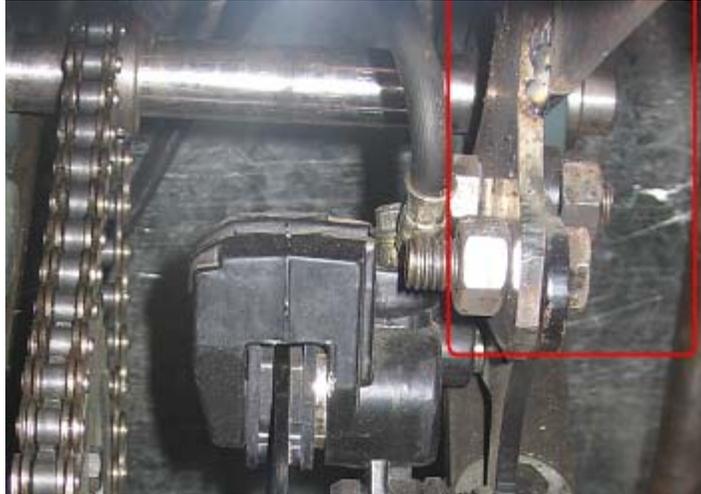
Figura 58. Soporte disco de freno trasero.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRIGUEZ, Oscar.

Para el caliper se maquinó una platina de $\frac{1}{4}$ in de espesor cuyas dimensiones fueron las necesarias para que se acoplara perfectamente al soporte original del disco. Esta platina se soldó al soporte del motor con un refuerzo triangular a un costado con el propósito de soportar las fuerzas transversales y una platina soldada a la parte trasera del chasis para minimizar el movimiento debido a la inercia.

Figura 59. Soporte para caliper trasero.



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Fabián y RODRIGUEZ, Oscar.

5.3 INCONVENIENTES DEL PROCESO DE FABRICACION

- Para la fabricación del chasis se presentaron dificultades en la adquisición del material requerido debido a su geometría y las características mecánicas dispuestas por la SAE.
- Debido a las limitaciones en los diferentes procesos de fabricación (fresado, cnc y rectificado), se cambiaron algunos diseños iniciales por otros que presentan mayor simplicidad, aun así su construcción fue dispendiosa ya que se usaron herramientas muy básicas en el proceso de construcción (pulidora, segueta y lima).
- Después de realizada la prueba se encontró que las llantas traseras se comportaban de forma inestable, y se modificó el soporte de esta.
- Debido a la baja demanda de este tipo de vehículos se presentaron inconvenientes en la adquisición de las llantas y rines adecuados.

- Durante las pruebas de frenado, el movimiento del freno trasero al ser accionado afectaba directamente el soporte del motor por lo cual se reforzó con una platina buscando minimizar una posible falla.
- En la adquisición de la CVT se presento inconveniente debido a que esta no es comercializada en el mercado nacional, por lo cual se compro la única disponible quedando sin opción de escogencia entre mas modelos.

5.4 PIEZAS CONSTRUIDAS Y ADAPTADAS AL MINI-BAJA

Para la construcción del Mini-Baja se emplearon diversas piezas, algunas fueron diseñadas y elaboradas por el equipo de proyecto; otras fueron adquiridas y adaptadas debido a su complejidad, dificultad en la construcción y costos de producción.

A continuación, se relaciona el proceso utilizado para la construcción de las piezas y la función de las que fueron adquiridas y adaptadas.

Tabla 17. Lista de piezas construidas para el chasis.

PIEZAS CONSTRUIDAS			
NOMBRE DE LA PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD	PROCESO
CHASIS			
Tubos	Acero AISI 4130 Φ_s 1 ¹ / ₈ y 1 ¹ / ₄ pulg	50 mts.	Doblado Soldado
Platina sujeción tijeras	Acero AISI 1 ¹ / ₈ pulg.	32 piezas	Corte Perforado
Platinas sujeción amortiguador	Acero AISI 1 ¹ / ₈ pulg.	8 piezas	Corte Perforado

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Tabla 18. Lista de piezas construidas para el sistema de suspensión.

SISTEMA DE SUSPENSIÓN			
Tijeras	Acero AISI 1018 $\Phi = 1$ pulg.	8 piezas	Soldado
Bujes tijeras	Acero AISI 1018 $\Phi = 1\frac{7}{16}$ pulg.	40 Piezas	Soldado
Platinas soporte amortiguador	Acero AISI 1020 $\frac{1}{8}$ pulg.	4 piezas	Soldado
Platinas sujeción amortiguador	Acero AISI 1020 $\frac{1}{8}$ pulg.	8 piezas	Corte Perforado
Dados tijeras delanteras	Acero AISI 1020 $1 \times 1\frac{1}{4}$ pulg.	2 Piezas	Roscado Soldado
Tijeras	Acero AISI 4130 $\Phi = 1\frac{1}{8}$ pulg.	8 piezas	Soldado
Portamangueta delantero	Acero AISI 1020 1 pulg	2 piezas	Perforado Soldado Corte
Araña y bocin delantero	Acero AISI 1020	2 piezas	Torneado Perforado Soldado
Portamangueta trasero	Acero AISI 1020 1 pulg	2 piezas	Torneado Fresado Perforado Soldado
Bocin trasero	Acero AISI 1020	2 piezas	Maquinado Perforado

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Tabla 19. Lista de piezas construidas para el sistema de dirección.

SISTEMA DE DIRECCIÓN			
Volante	Tubo de aluminio	1 pieza	Doblado Soldado
Platina volante- árbol de dirección	Acero AISI 1020 $\frac{1}{8}$ pulg.	1 pieza	Soldado
Eje árbol de dirección	Acero AISI 1020 $\Phi = \frac{3}{4}$ pulg.	1 pieza	Torneado Fresado
Buje soporte árbol de dirección	Acero AISI $\Phi = 2$ pulg	1 pieza	Torneado
Tubo soporte para buje	Acero AISI 4130 $\Phi = 1\frac{1}{8}$ pulg.	2 piezas	Soldado
Platina, soporte cremallera	Acero AISI 1020 $\frac{1}{4}$ pulg.	1 pieza	Perforado Soldado
Eje violeta de mando	Acero AISI $\Phi = \frac{1}{2}$	2 piezas	Torneado Roscado
Angulo soporte para terminales de dirección	Acero AISI 1018 $\frac{3}{16}$ pulg.	2 piezas	Perforado Soldado

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Tabla 20. Lista de piezas construidas para el sistema de transmisión.

SISTEMA DE TRANSMISIÓN			
Eje conductor	Acero AISI 4130 $\Phi_s 1$ pulg	1 pieza	Torneado Roscado Fresado
Eje conducido	Acero AISI 4130 $\Phi_s 1\frac{1}{4}$ pulg	1 pieza	Torneado Fresado Estriado
Soporte catarina	Acero AISI 1020 7 pulg.	1 pieza	Torneado Perforado Roscado
Soporte piñon	Acero AISI 1020 $1\frac{1}{2}$ pulg.	1 pieza	Torneado Roscado

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Tabla 21. Lista de piezas construidas para el sistema de frenos.

SISTEMA DE FRENOS			
Soporte bombas	Acero AISI 1020 1/4 pulg	1 pieza	Fresado Perforado
Soporte caliper delantero	Acero AISI 1020 1/4 pulg	1 pieza	Corte Roscado
Soporte caliper trasero	Acero AISI 1020 1/4 pulg.	1 pieza	Corte Perforado
Soporte disco trasero	Acero AISI 1020 1/4 pulg.	1 pieza	Torneado Roscado

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Tabla 22. Lista de piezas adaptadas para el sistema de suspensión.

PIEZAS ADAPTADAS		
PIEZA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
SISTEMA DE SUSPENSIÓN		
Amortiguadores, moto Honda XL	4	Absorber los impactos de las ruedas, impidiendo que lleguen al chasis
Bujes de caucho	16	Asegurar la firme sujeción de las tijeras al chasis

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Tabla 23. Lista de piezas adaptadas para el sistema de dirección

SISTEMA DE DIRECCIÓN		
Rodamientos	2	Sostienen y permiten el giro al árbol de dirección
Junta universal	1	Une el árbol de dirección con la cremallera
Cremallera Hyundai Atos	1	Transmite la fuerza del volante a las vjetas de mando
Terminales de caja de cambios Kia (esféricas)	2	Transmite la fuerza de la vjleta a las ruedas, dándoles dirección según criterio de conducción

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Tabla 24. Lista de piezas adaptadas para el sistema de transmisión.

SISTEMA DE TRANSMISIÓN		
Catarina Yamaha XT	1	Recibe la fuerza del eje conductor y aumenta el torque aprovechando la relación de dientes
Piñón de arrastre Yamaha XT	1	Transmite la fuerza del eje conductor al eje conducido
Cadena Yamaha XT	1	Transmitir potencia entre ejes
CVT mágnium 44 c	1	Sistema de poleas variables
Ejes homocinéticos	2	Ejes Renault logan

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Tabla 25. Lista de piezas adaptadas para el sistema de frenos.

SISTEMA DE FRENOS		
Bomba para clutch	2 pieza	Bomba de Renault 9, transmite el liquido a presión hacia el caliper haciendo que las pastillas se presionen contra el disco
Disco de freno delantero con caliper	2 pieza	Disco para cuatrimoto, crea fricción en contacto con las pastillas del caliper y detiene la rueda
Disco de freno trasero con caliper	1 pieza	Disco para cuatrimoto, crea fricción en contacto con las pastillas del caliper y detiene el eje acoplado a las llantas
Pedal del freno	1 pieza	Pedal de Renault 4, acciona las dos bombas del sistema de frenos delantero y trasero

CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

6. PRUEBAS REALIZADAS AL VEHICULO

Para la verificación de las capacidades del vehículo Mini-Baja se realizaron pruebas donde se analizaron variables como velocidad máxima alcanzada, aceleración, capacidad de frenado, capacidad de ascenso, prueba de arrastre y maniobrabilidad; adicionalmente se realizó una inspección de seguridad.

A continuación se describen cada una de las pruebas y se exponen los resultados obtenidos.

6.1 PRUEBA DE VELOCIDAD.

Esta prueba consistió en medir, mediante un instrumento electrónico, la velocidad máxima promedio alcanzada por el vehículo sobre un terreno plano.

Tabla 26. Prueba de velocidad.

PRUEBA DE VELOCIDAD	
	Velocidad Alcanzada (km/h)
1° Prueba	48
2° Prueba	45
3° Prueba	53
4° Prueba	49
5° Prueba	51
Velocidad máxima	53

Calderón, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Durante el desarrollo de la prueba se obtuvo que la velocidad máxima alcanzada por el vehículo es 53 km/h.

Comparando estos resultados con el promedio obtenidos durante las pruebas de velocidad máxima de la competencia para la cual fue diseñado y construido este vehículo que es de 56 Km/h. Se puede afirmar que se esta dentro de un rango competitivo.

6.2 PRUEBA DE ACELERACION.

Para esta prueba se midió el tiempo empleado por el vehículo en alcanzar su máxima velocidad partiendo desde el reposo.

Tabla 27. Prueba de aceleración.

PRUEBA DE ACELERACIÓN			
	V Final (km/h)	Tiempo (s)	Aceleración (km/h²)
1° Prueba	13.33	16	0.83
2° Prueba	13.88	17	0.81
3° Prueba	12.5	15	0.83
4° Prueba	13.33	18	0.74
5° Prueba	13.88	18	0.77
Aceleración promedio			0.80

Calderón, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Durante el desarrollo de la prueba se obtuvo que la aceleración promedio alcanzada por el vehículo es 0.80 km/h².

Comparando estos resultados con el promedio obtenidos durante las pruebas de aceleración máxima de la competencia para la cual fue diseñado y construido este vehículo que es de 0.85 Km/h². Se puede afirmar que se esta dentro de un rango adecuado.

6.3 PRUEBA DE FRENADO

Una vez que el vehículo hubiese alcanzado su máxima velocidad empieza a frenar y es a partir de este momento donde se mide la demora hasta detener su marcha y el espacio que empleo para llegar a una velocidad de 0 m/s. Como requisito de la competencia este espacio no debe exceder los 12,5 metros.

Tabla 28. Prueba de frenado.

PRUEBA DE FRENADO			
	V. Inicial (m/s)	Esp. Recorr. (m)	Tiempo (seg.)
1° Prueba	13.33	6.1	4
2° Prueba	12.5	5.6	3.8
3° Prueba	14.72	6.5	4.1
4° Prueba	13.61	5.9	3.7
5° Prueba	14.16	6.3	4.4

Calderón, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Durante el desarrollo de la prueba se obtuvo que la distancia máxima requerida para que el vehículo se detenga es de 6.5 m.

Comparando estos resultados con la distancia máxima permitida por la competencia para la cual fue diseñado y construido este vehículo que es de 12.5 m. Se puede afirmar que se está dentro de un rango competitivo.

6.4 PRUEBA DE ASCENSO.

Esta prueba se realizó en una sección del camino sobre la cancha así como en secciones adicionales de la misma en donde la inclinación y superficie del terreno representaron reto para su transitabilidad. Coeficientes como inclinación y longitud de la pendiente a ascender así como el tiempo empleado en su recorrido se tuvieron en cuenta para esta prueba.

Tabla 29. Prueba de ascenso.

PRUEBA DE ASCENSO			
	Inclinación (°)	Esp. Recorr. (m)	Tiempo (seg.)
1° Prueba	35	5.4	4.7
2° Prueba	35	5.4	5.1
3° Prueba	35	5.4	4.5
4° Prueba	35	5.4	4.9
5° Prueba	35	5.4	5.3

Calderón, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Durante el desarrollo de la prueba se obtuvo un tiempo máximo durante el ascenso de 5.3 s.

El resultado de esta prueba no fue el deseado debido a que la correa de la transmisión por poleas permitió deslizamiento.

6.5 PRUEBA DE ARRASTRE.

Esta prueba consistió en amarrar al chasis del vehículo Mini-Baja una carga (distinta para cada prueba), con el objeto que pudiera tirarla sin que se presentaran daños o impedimentos en el buen funcionamiento, también se midió el tiempo como variable de desempeño, partiendo desde el reposo hasta conseguir una distancia determinada arrastrando cada peso.

Tabla 30. Prueba de arrastre.

PRUEBA DE ARRASTRE			
	Esp. Recorr. (m)	Peso (Kg)	Tiempo (seg.)
1º Prueba	15	250	13
2º Prueba	15	270	15.4
3º Prueba	15	300	17.6
4º Prueba	15	320	18.2
5º Prueba	15	330	19.2

Calderón, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Adicionalmente se realizó la prueba de arrastre de un vehículo de 1000 kg de peso. La cual consistió en amarrar al chasis del mini baja el peso total del vehículo, con el objetivo de arrastrarlo en terreno llano. En esta prueba se midió el tiempo como variable de desempeño, partiendo desde el reposo hasta conseguir una distancia de 30 m.

Tabla 31. Prueba de arrastre de un vehículo.

	Esp. Recorr. (m)	Peso (Kg)	Tiempo (seg.)
1º Prueba	30	1000	22.7
2º Prueba	30	1000	25.4
3º Prueba	30	1000	21.8

Calderón, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

6.6 PRUEBA DE MANIOBRABILIDAD.

Consiste en la conducción del vehículo la cual se exige cuando se recorre un tramo de terreno con variaciones en la trayectoria y velocidad. Para esta prueba se dispuso recorrer un espacio de 30 m con obstáculos en el camino (conos).

Tabla 32. Prueba de maniobrabilidad.

PRUEBA DE MANIOBRABILIDAD	
	Tiempo Empleado (Seg.)
1º Prueba	8.3
2º Prueba	9.5
3º Prueba	10.8
4º Prueba	9.7
5º Prueba	11.5

Calderón, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

Los conos fueron puestos a una distancia exigente y con radios similares a los observados en pruebas de otros vehículos, obteniendo un buen desempeño en el tiempo de la prueba.

6.7 PRUEBA DE SEGURIDAD.

Es una de las pruebas más importantes pues es una de las pruebas contempladas en el reglamento de competencia, para lo cual se dispone de un tiempo no mayor a 5 segundos para salir del vehículo, desabrochándose los cinturones y apagando el Kill Switch (interruptor de emergencia exterior).

Tabla 33. Prueba de seguridad.

PRUEBA DE SEGURIDAD	
	Tiempo Empleado (Seg.)
1º Prueba	2.7
2º Prueba	3.3
3º Prueba	3.1
4º Prueba	3.5
5º Prueba	3.7

Calderón, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar

Según los resultados obtenidos durante las pruebas se tiene un tiempo de salida máximo de 3.7 s. Con lo cual se puede constatar que estamos dentro de las exigencias de la competencia.

7. REPORTE DE COSTOS

7.1 REPORTE DE COSTOS DE LA ESTRUCTURA

En la tabla número 32 se relacionan los valores (cantidad, precio y especificaciones) para cada componente utilizado en la estructura del Mini-Baja.

Tabla 34. Reporte de costos de la estructura del mini baja.

COMPONENTE	ESPECIFICACION	CANTIDAD	VALOR
Tubería chasis	Tubería de acero AISI 4130 de 1 ¼” y 1 1/8”	44 mts	\$ 1.496.000
Soporte tijeras y amortiguadores	Material y corte	44	\$ 160.000
Soldadura	Soldadura chasis, soportes y tijeras		\$ 1.000.000
		TOTAL	\$ 2.696.000

CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

7.2 REPORTE DE COSTOS DEL SISTEMA DE SUSPENSION

En la tabla número 33 se relacionan los valores (cantidad, precio y especificaciones) de cada una de las piezas utilizadas en el sistema de suspensión del Mini-Baja.

Tabla 35. Reporte de costos del sistema de suspensión del mini baja.

COMPONENTE	ESPECIFICACION	CANTIDAD	VALOR
Tijeras	Tubo de acero al carbón de 3/4 pulg (6mts)	8	\$ 30.000
Esféricas tijeras delanteras	Esférica de dirección (campero)	4	\$ 80.000
Bujes de caucho tijeras	Buje tijera (chevrolet sprint)	20	\$ 80.000
C delantera	Material placa de acero y maquinado	2	\$ 120.000
Eje delantero	Eje de acero AISI 1045 de 1pulg (15 cm)	2	\$ 12.500

Amortiguadores	Amortiguador Gabriel (honda XL)	4	\$ 220.000
Arañas delanteras	Material y maquinado	2	\$ 200.000
C trasera	Material y maquinado	2	\$ 200.000
Bocines traseros	Material y maquinado	2	\$ 300.000
Rodamientos bocines traseros	Rodamiento de doble fila para logan	2	\$ 60.000
Rodamientos bocines delanteros	Rodamiento cónico de 1pulg	4	\$ 36.000
Tornillos	Tornillos, tuercas, arandelas y pernos	36	\$ 50.000
		TOTAL	\$ 1.388.500

CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

7.3 REPORTE DE COSTOS DEL SISTEMA DE DIRECCION

En la tabla número 34 se relacionan los valores (cantidad, precio y especificaciones) de cada una de las piezas utilizadas en el sistema de dirección del Mini-Baja.

Tabla 36. Reporte de costos del sistema de dirección del mini baja.

COMPONENTE	ESPECIFICACION	CANTIDAD	VALOR
Bujes caña dirección	Material y maquinado	1	\$ 100.000
Rodamientos bujes	Rodamientos de bolas de 3/4 pulg	4	\$ 30.000
Timón	Material y fabricación	1	\$ 30.000
Terminales dirección	Esféricas caja de cambios de kia	4	\$ 70.000
Junta de la dirección	Junta	1	\$ 60.000
		TOTAL	\$ 290.000

CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

7.4 REPORTE DE COSTOS DEL SISTEMA DE FRENOS

En la tabla número 33 se relacionan los valores (cantidad, precio y especificaciones) de cada una de las piezas utilizadas en el sistema de frenos del Mini-Baja.

Tabla 37. Reporte de costos del sistema de frenos del mini baja.

COMPONENTE	ESPECIFICACION	CANTIDAD	VALOR
kit frenos delanteros	Disco, caliper y bomba	2	\$ 300.000
kit freno trasero	Disco, caliper y bomba	1	\$ 200.000
Líquido de frenos	Líquido alemán DOH 3	1	\$ 15.000
Soporte freno trasero	Material y maquinado	1	\$ 150.000
Manquera reemplazada	Manguera de 2 metros	1	\$ 40.000
		TOTAL	\$ 705.000

CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

7.5 REPORTE DE COSTOS DEL SISTEMA DE TRANSMISION

En la tabla número 33 se relacionan los valores (cantidad, precio y especificaciones) de cada una de las piezas utilizadas en el sistema de transmisión del Mini-Baja.

Tabla 38. Reporte de costos del sistema de Transmisión del mini baja.

COMPONENTE	ESPECIFICACION	CANTIDAD	VALOR
Motor	Briggs & Stratton 10 hp OHV Intek Model 205432	1	\$ 1.500.000
Acelerador	Pedal, gualla, resorte y accesorios		\$ 30.000
CVT	Marca Comet modelo Magnum 44c	1	\$ 500.000
Eje	Material y maquinado (chavetero reducciones y rosca)	1	\$ 150.000
Eje	Material y maquinado (chavetero reducciones y estriado)	1	\$ 180.000
Chumaceras	Chumacera de 1 pulg	2	\$ 30.000

Chumaceras	Chumacera de 3/4 pulg	2	\$ 30.000
Soporte Catarina	Material y maquinado	1	\$ 100.000
Catarina	Catarina de 53 dientes	1	\$ 50.000
Cadena		1	\$ 15.000
Piñón	Piñón de 12 dientes y modificación	1	\$ 5.000
Ejes homocinéticos	Eje de logan modificado	2	\$ 200.000
Llantas y rines	Llantas y rines rin 10	4	\$ 500.000
Tornillos	Tornillos, tuercas y arandelas	18	\$ 30.000
		TOTAL	\$ 3.320.000

CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

8. CONCLUSIONES

1. Se construyo un vehículo todo terreno que cumple con las especificaciones establecidas por la sociedad de ingenieros automotrices SAE, para la competencia que se realiza en la ciudad de Tennessee EE.UU. en el año 2008.
2. La utilización de herramientas computacionales de CAD (Solid Edge) y CAE (ANSYS) en el diseño de elementos de maquinas facilitan el proceso y disminuyen la posibilidad de que se presenten errores de diseño, pero el funcionamiento y la resistencia de el conjunto solo se puede comprobar después de construida la maquina.
3. Las propiedades mecánicas de los materiales encontrados en el mercado regional son difíciles de conseguir y las encontradas son poco fiable, por consiguiente los análisis de factores de seguridad de los elementos diseñados a través del software ANSYS deben ser bien interpretadas, para evitar que los riesgos de falla sean mas altos cuando el sistema total este en funcionamiento.
4. La construcción de un vehículo todo terreno involucra la interacción de muchas piezas, cada una con funciones y características diferentes, debido a las limitaciones comerciales y económicas durante la realización del proyecto algunos sistemas tuvieron que ser adaptados de otros tipos de líneas de vehículos comerciales.
5. La utilización de el vehículo todo terreno para el desarrollo del laboratorio del diseño de elementos de maquinas, es una herramienta muy completa ya que involucra ejes, sistema de transmisión, dirección, suspensión, frenos etc. Abarcando prácticamente todas la temáticas teóricas vistas durante el desarrollo de la asignatura.
6. La velocidad máxima alcanzada por el vehículo es de 53 Km/h, debido a que se logro obtener un peso total del vehículo de 210 Kg, valor que se encuentra por debajo del máximo establecido por el comité organizador de la competencia.
7. El vehículo es una herramienta publicitaria bastante llamativa, por lo cual se esta utilizando para la promoción de la facultad de ingeniería mecánica a través del departamento de mercadeo de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, en las diferente actividades regionales encaminadas a la vinculación de nuevos estudiantes.
8. Durante el diseño y la construcción de muchas de las partes constitutivas del vehículo se encontraron restricciones de índole comercial, reglamentarias, económicas y tecnológicas que obligaron a optar preferiblemente por la seguridad y comodidad del piloto por encima de la estética del producto final.

9. Dentro del desarrollo del proyecto, el análisis de flotabilidad no se llevó a cabo debido a que el programa que mejor nos brindaba las condiciones de diseño y respuestas de desempeño (CFX) no era conocido por algún miembro del equipo y encontrar apoyo de terceros fue muy difícil o costoso lo cual impidió su implementación.

9. RECOMENDACIONES

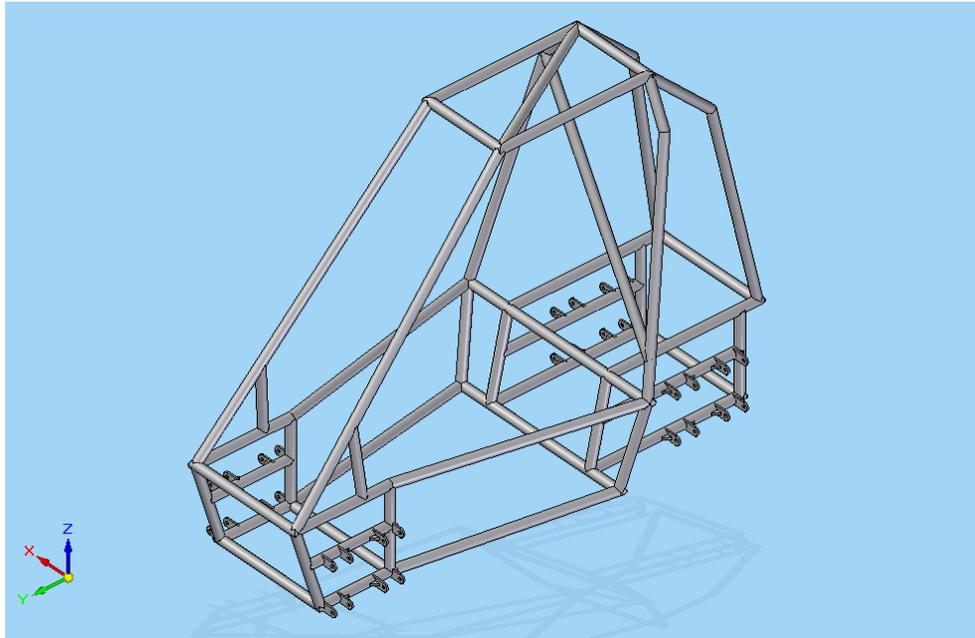
1. Para mejorar las prestaciones del vehículo, es importante que las piezas adaptadas o reformadas de elementos comerciales, sean diseñadas y construidas exclusivamente para este tipo de maquinas.
2. La realización de este tipo de proyectos requiere de espacio físico, herramientas y maquinas que en la actualidad no posee la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, se recomienda su implementación para facilitar el proceso de construcción.
3. Los costos del chasis fueron elevados debido a que el material exigido por la SAE no se encontraba a nivel comercial, por lo cual se deben implementar convenios con universidades internacionales, con el fin de agilizar y facilitar el desarrollo de este tipo de proyectos.
4. La Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga y la facultad de ingeniería mecánica deben buscar patrocinios externos, que permitan el mejoramiento del vehículo y su participación en competencias internacionales.
5. Se sugiere a los directivos de la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana implementar accesorias y brindar espacios para el conocimiento y apropiación de los fundamentos necesarios para el manejo del programa CFX con el cual se pueden realizar modelamientos y conocer las respuestas de diseños realizados.
- 6.

BIBLIOGRAFÍA

- HAMROCK, Bernard. Elementos de Máquinas. México: Mc GRAW-HILL, 2000. 926p.
- CASILLAS, A. Máquinas: cálculos de taller. 23° ed. Madrid: Máquinas. 643 p.
- HIBBELER, R.C. Mecánica vectorial para ingenieros dinámica. 10° ed. México: PEARSON 2004
- ENCLOPEDIA, del Automóvil. México: Salvat. Tomo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.
- ANSYS, Inc. Ansys Workbench Products Release Notes. Canonsburg. 1192p.
- ENTREVISTA con Alfonso Santos, Ingeniero Mecánico, Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, 23 de Junio de 2007.
- ENTREVISTA con Alfonso Santos, Ingeniero Mecánico, Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, 15 de octubre de 2007.
- ENTREVISTA con Néstor Ortiz, Ingeniero Mecánico. Bucaramanga, 13 de Marzo de 2008.
- VB.web.pt. “Continuously Variable Transmission”, Julio de 2002, http://cvt.com.sapo.pt/toc_en.htm. Consultada octubre de 2007.
- DANI meganeboy. “Sistema de Direccion” Actualizada 22 de agosto de 2007, <http://www.mecanicavirtual.org/direccion.htm> Consultada Septiembre de 2007.
- Copyright 1996-2008 by Automation Creations. “MatWeb, Your Source for Materials Information”, <http://www.matweb.com/> Consultada Junio de 2007.
- 2008 SAE International. “SAE International.”, <http://www.sae.org/servlets/index> Consultada el 15 de noviembre de 2007.

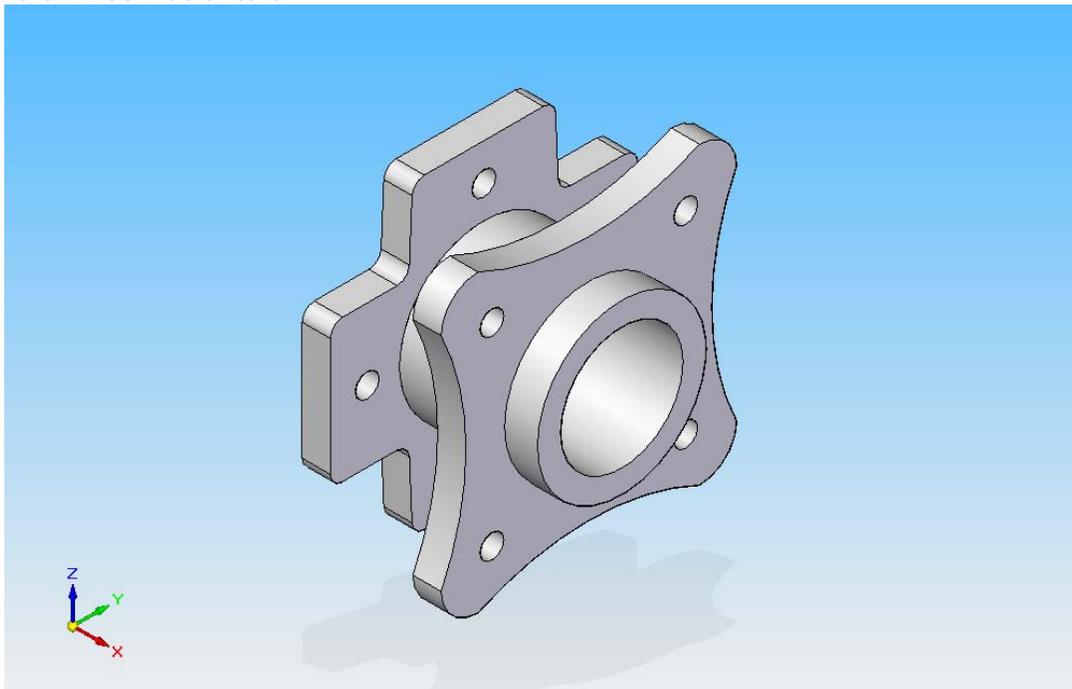
ANEXO A. PIEZAS CONSTRUIDAS

Figura 60. Chasis



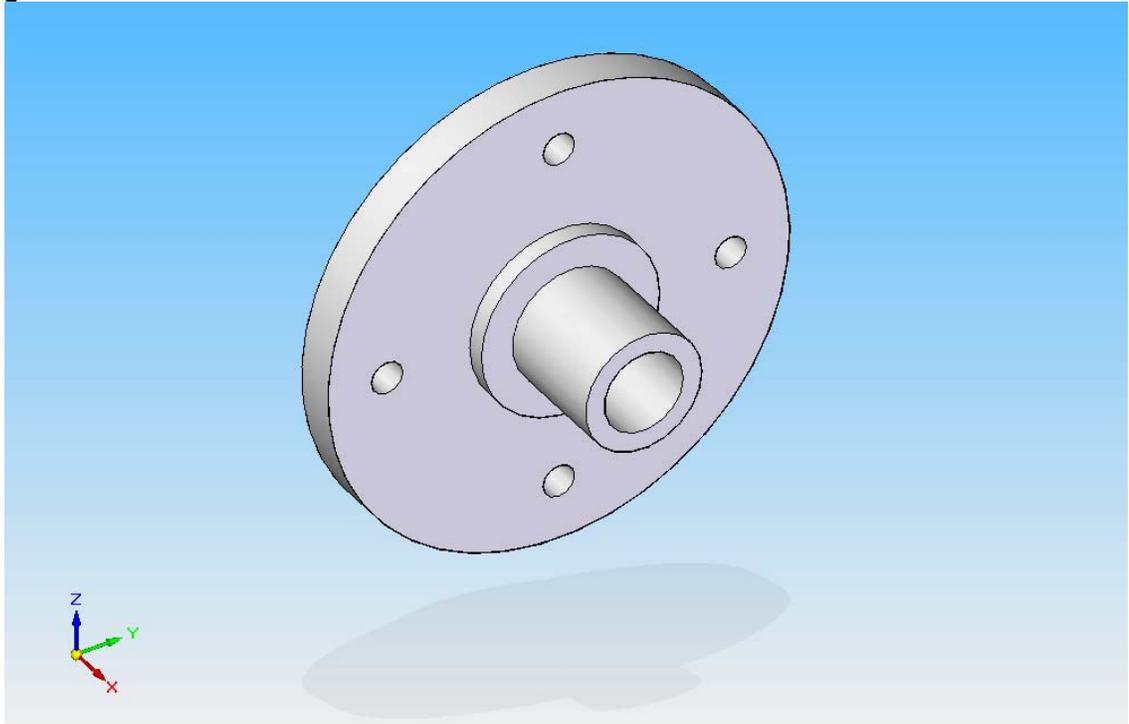
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 61. Bocin delantero



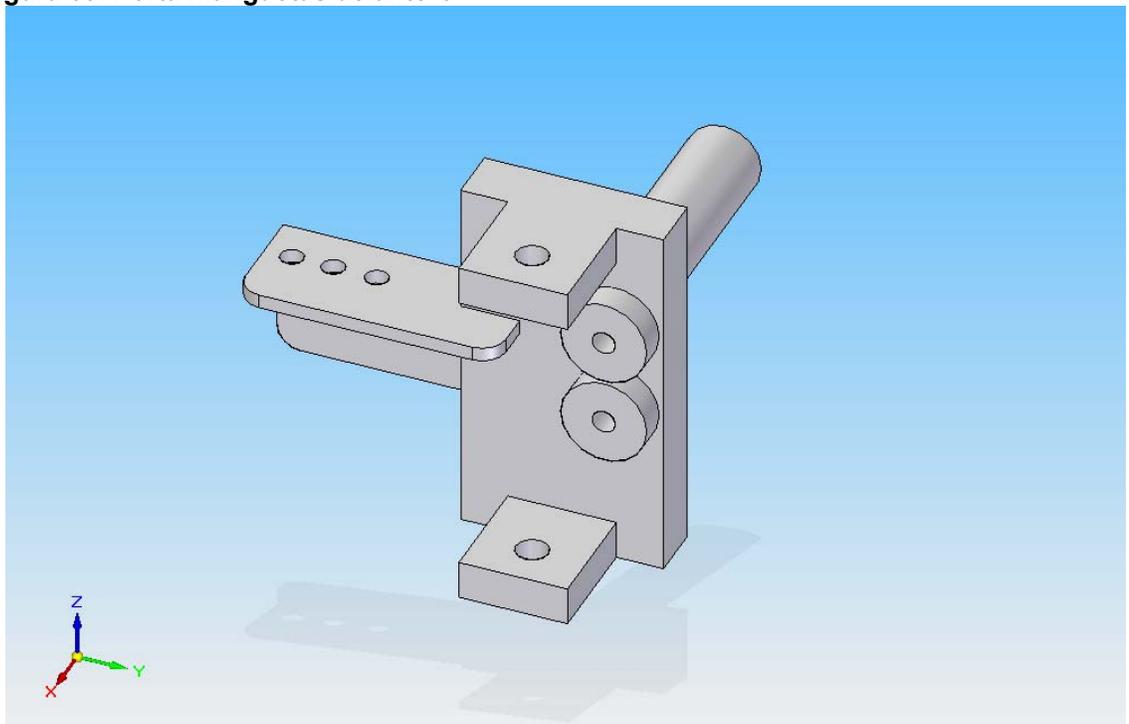
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 62. Bocin trasero



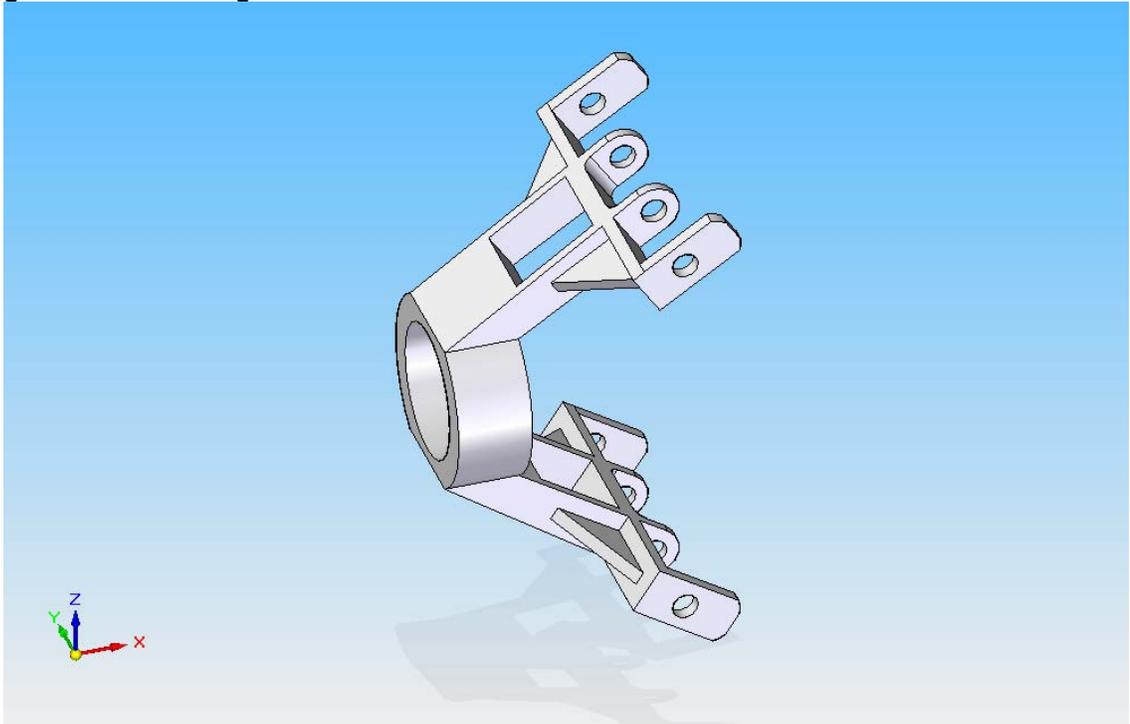
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 63. Porta manguetas delantero



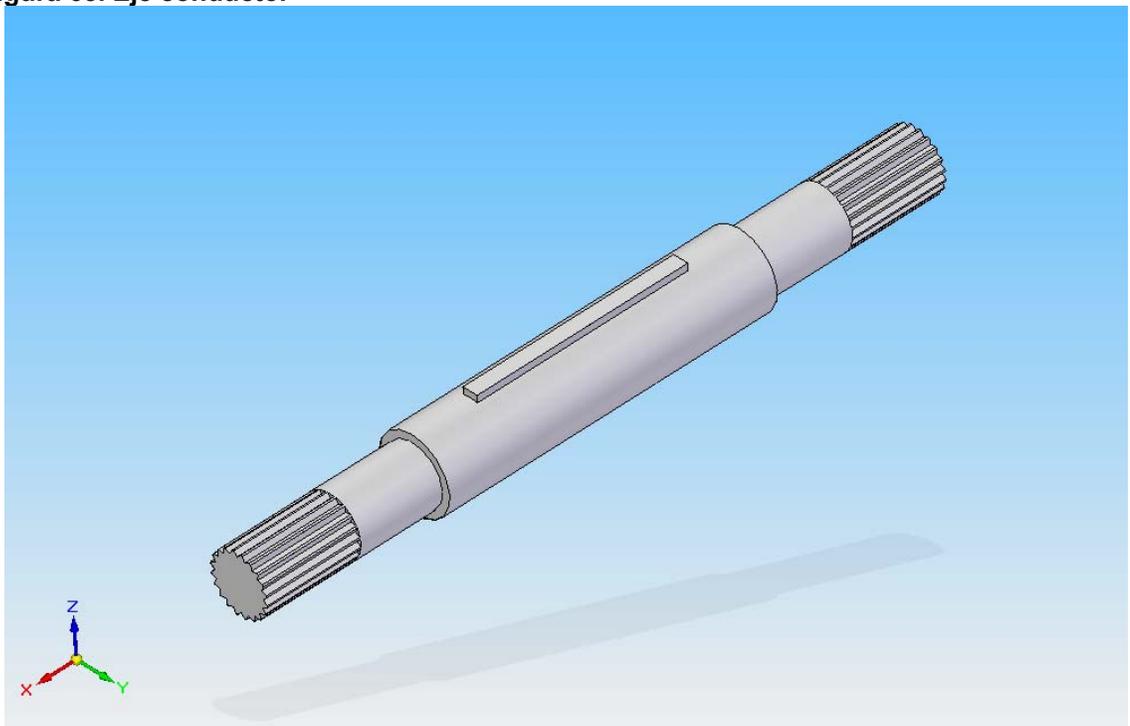
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 64. Portamanguetas trasera



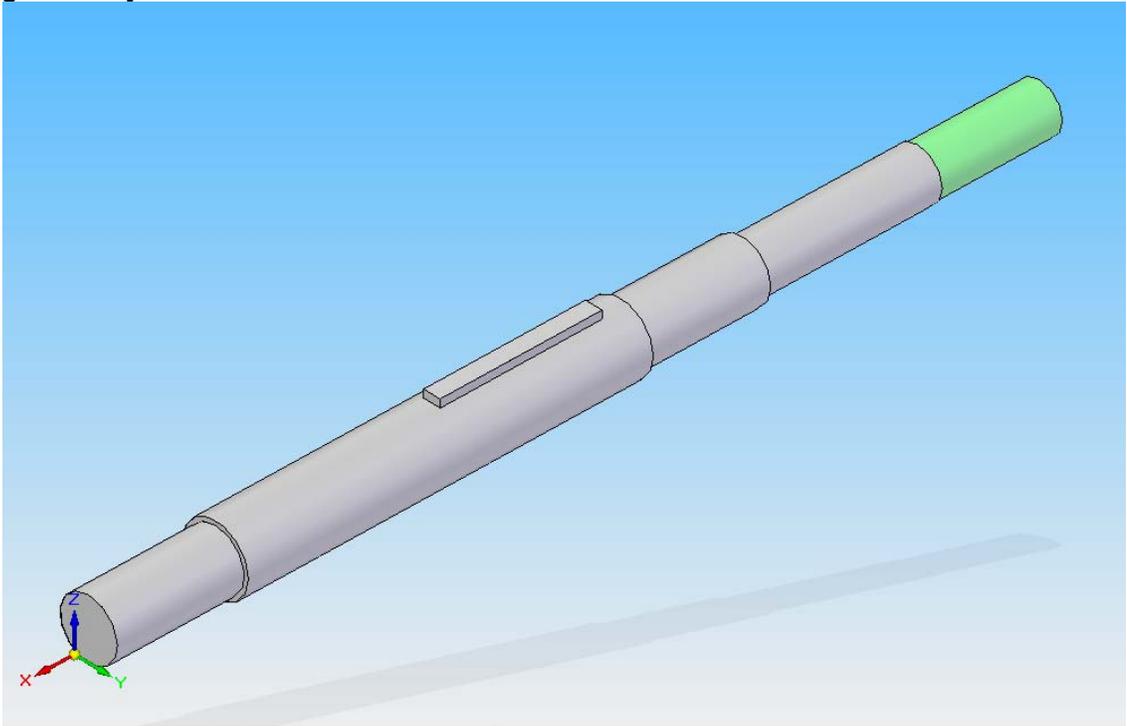
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 65. Eje conductor



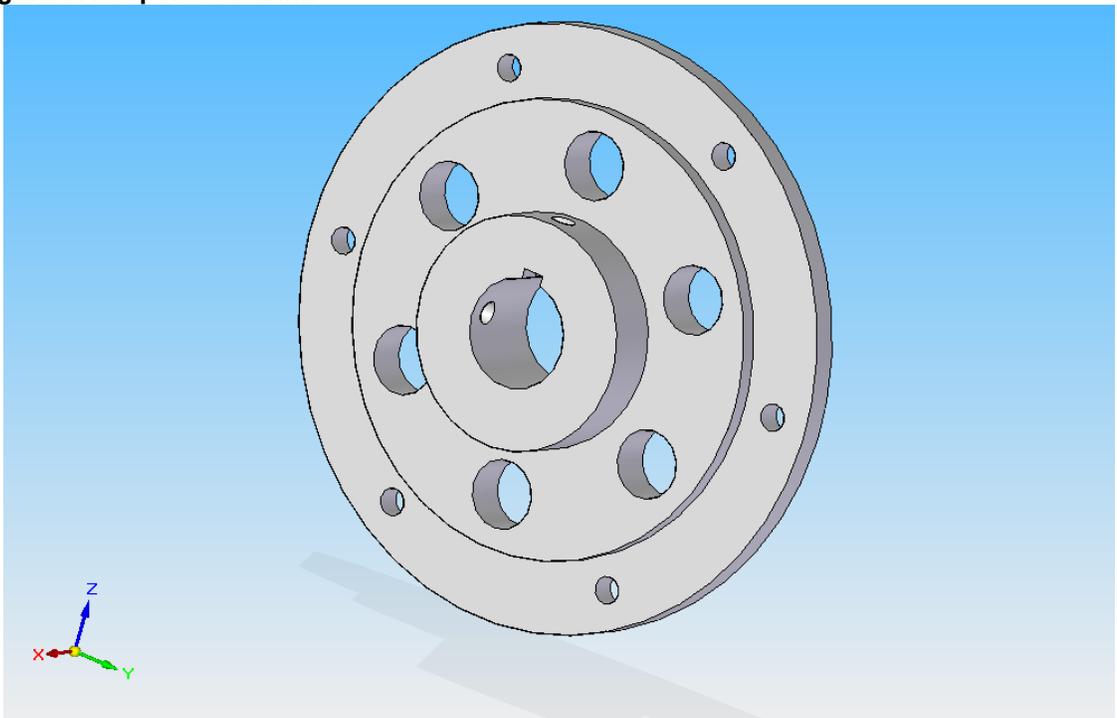
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 66. Eje conducido



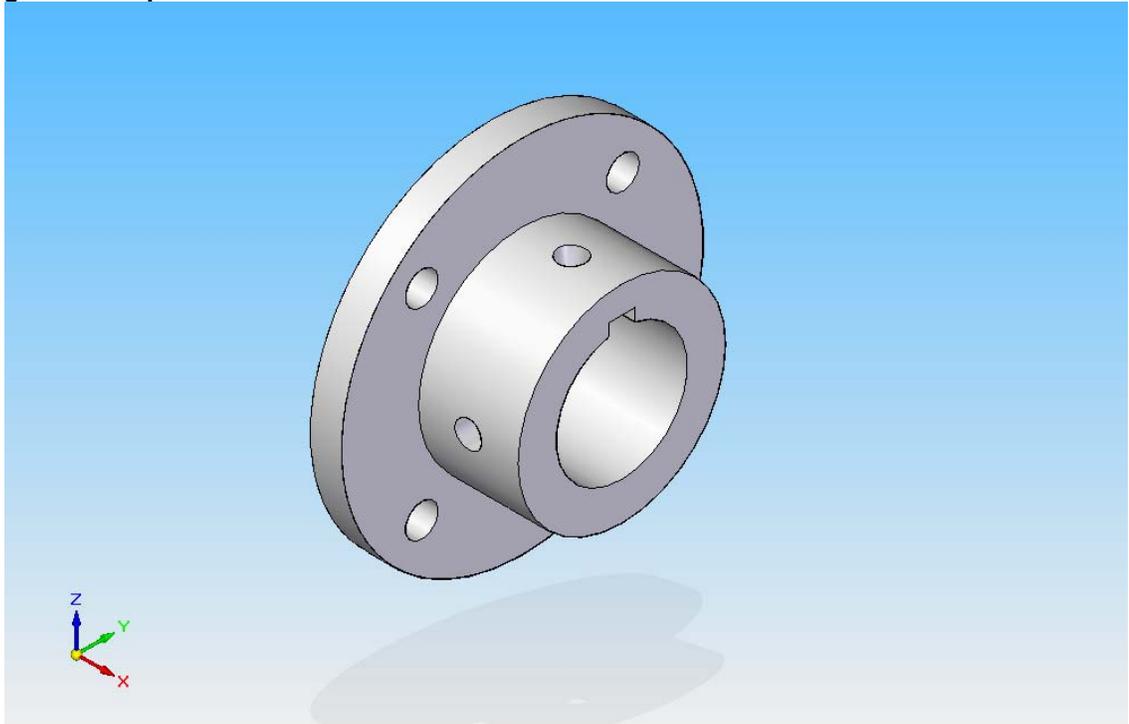
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 67. Soporte catarina



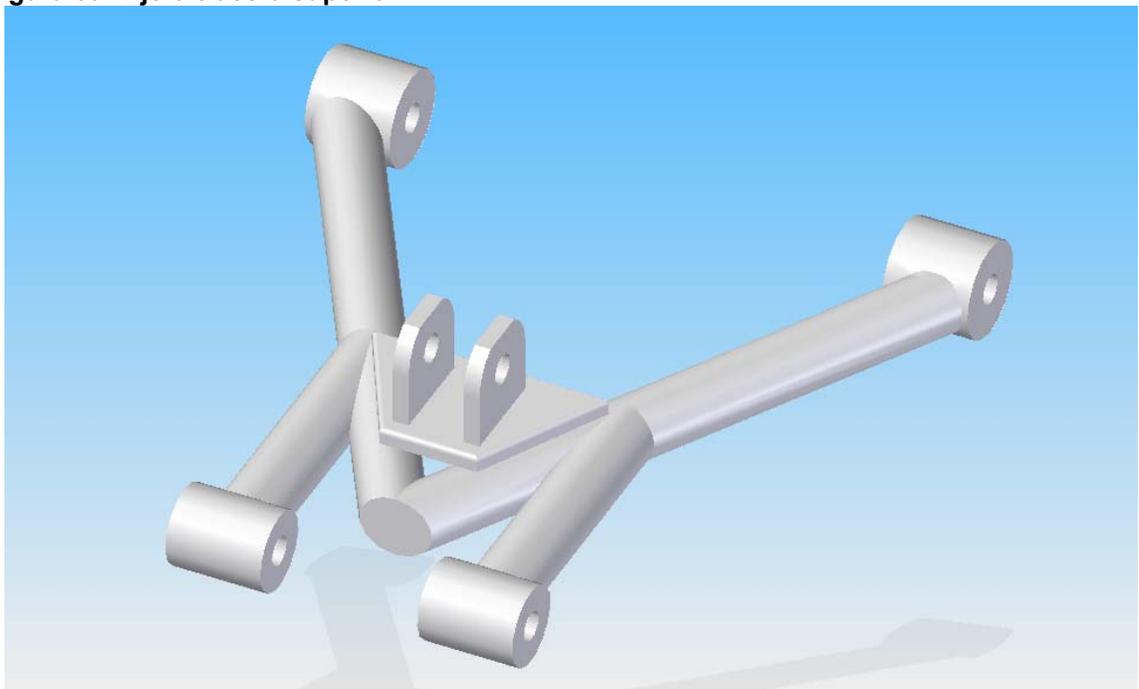
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 68. Soporte disco trasero



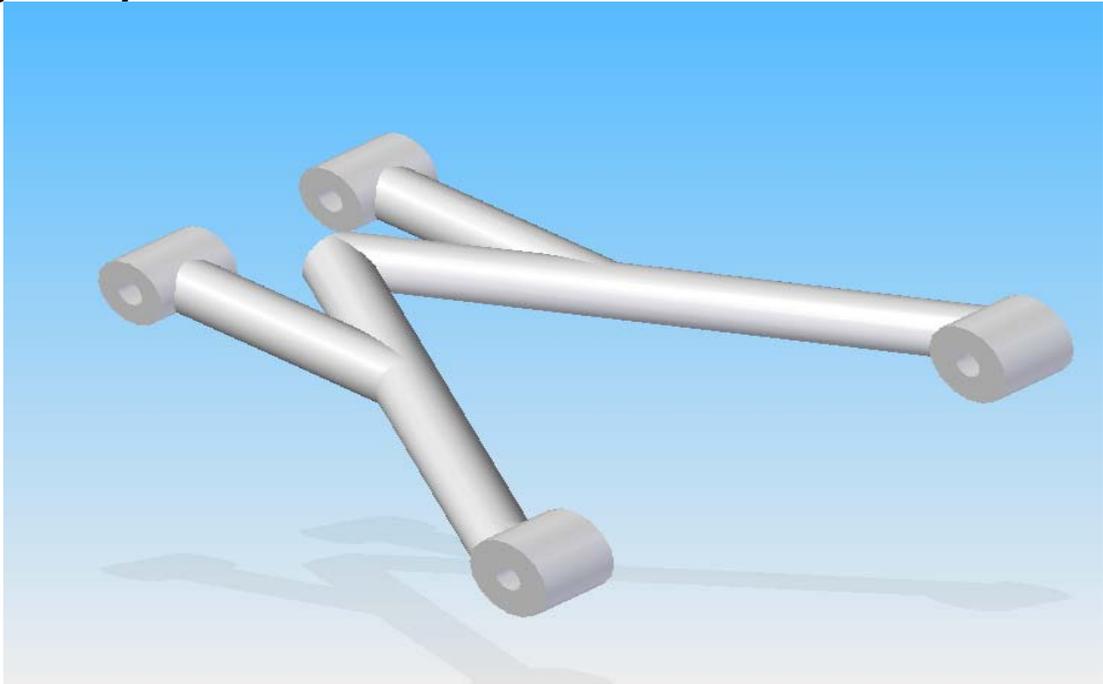
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 69. Tijera trasera superior



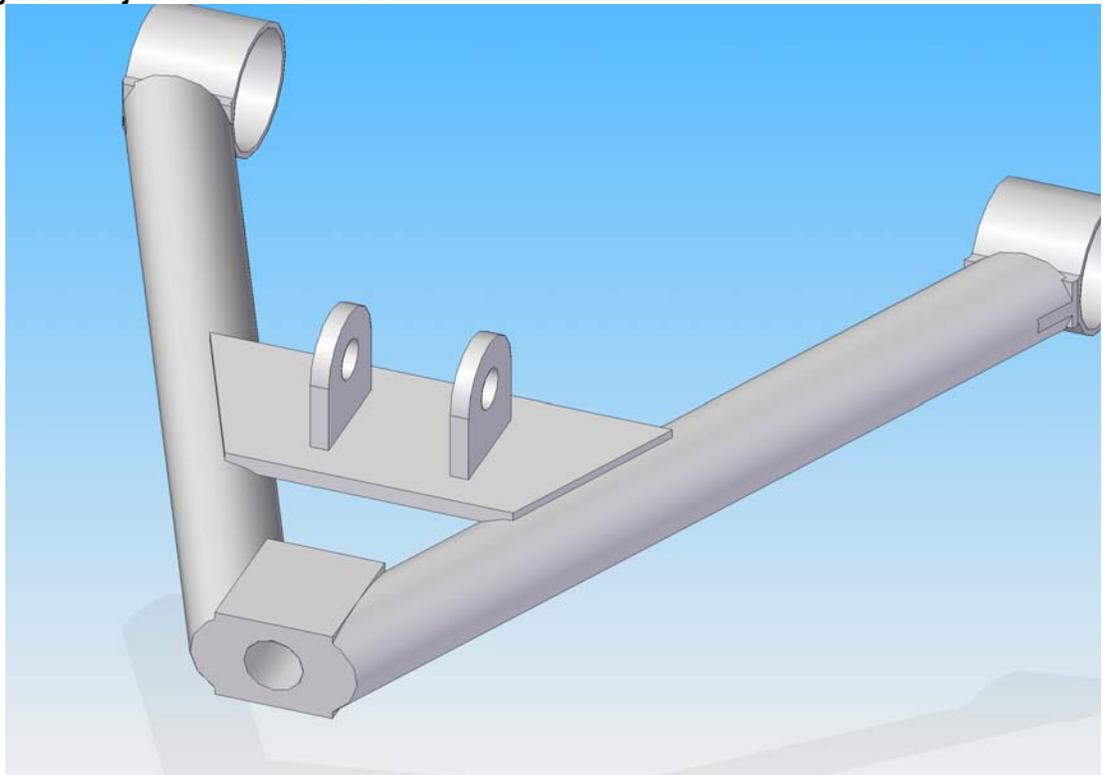
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 70. Tijera trasera inferior



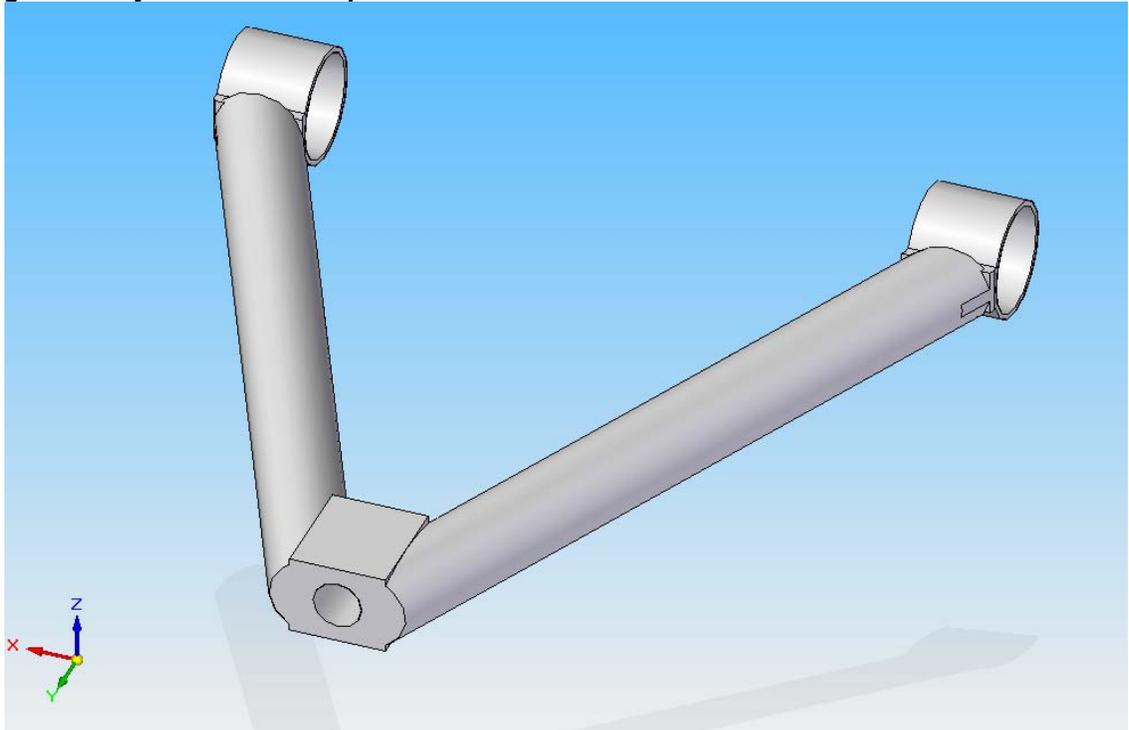
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 71. Tijera delantera inferior



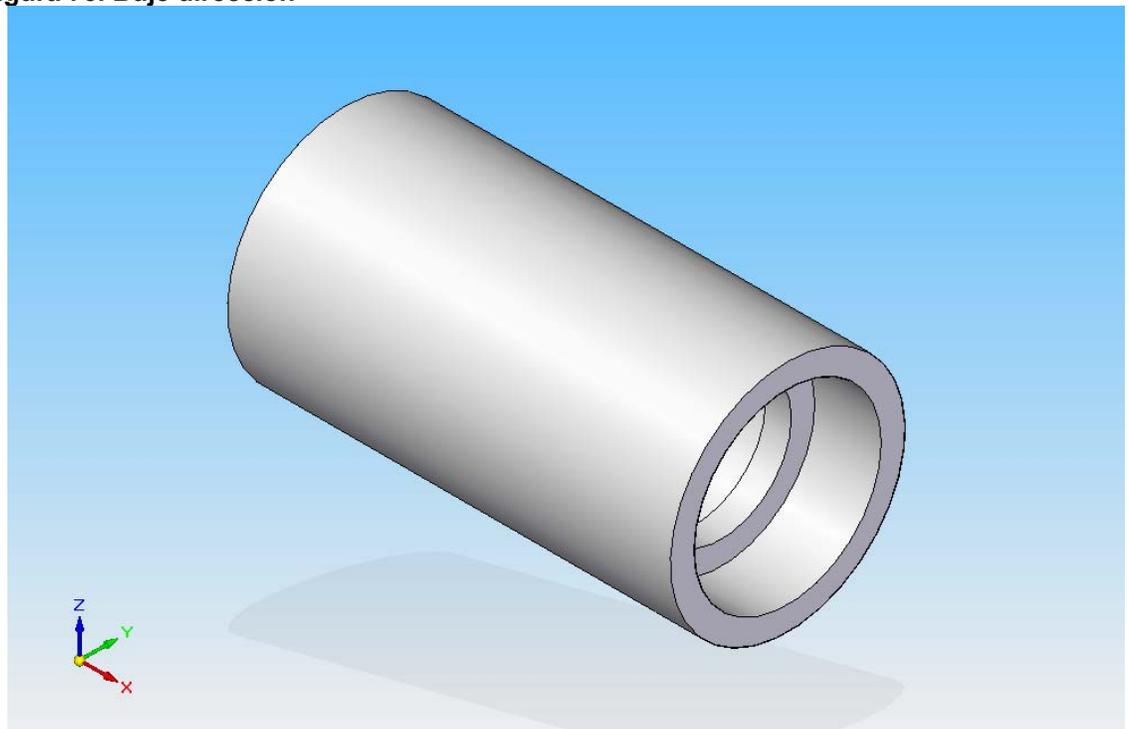
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 72. Tijera delantera superior



CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

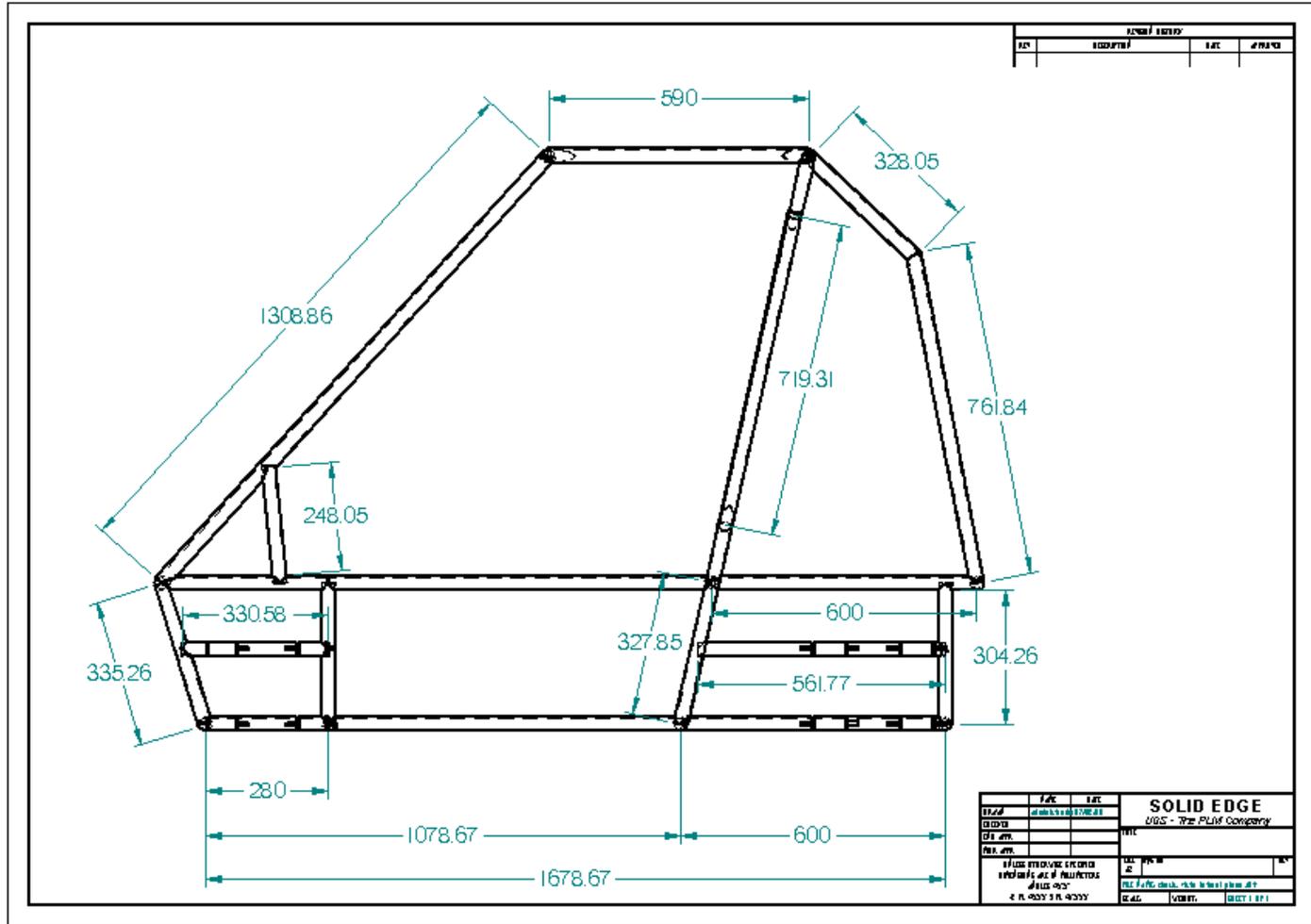
Figura 73. Buje dirección



CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

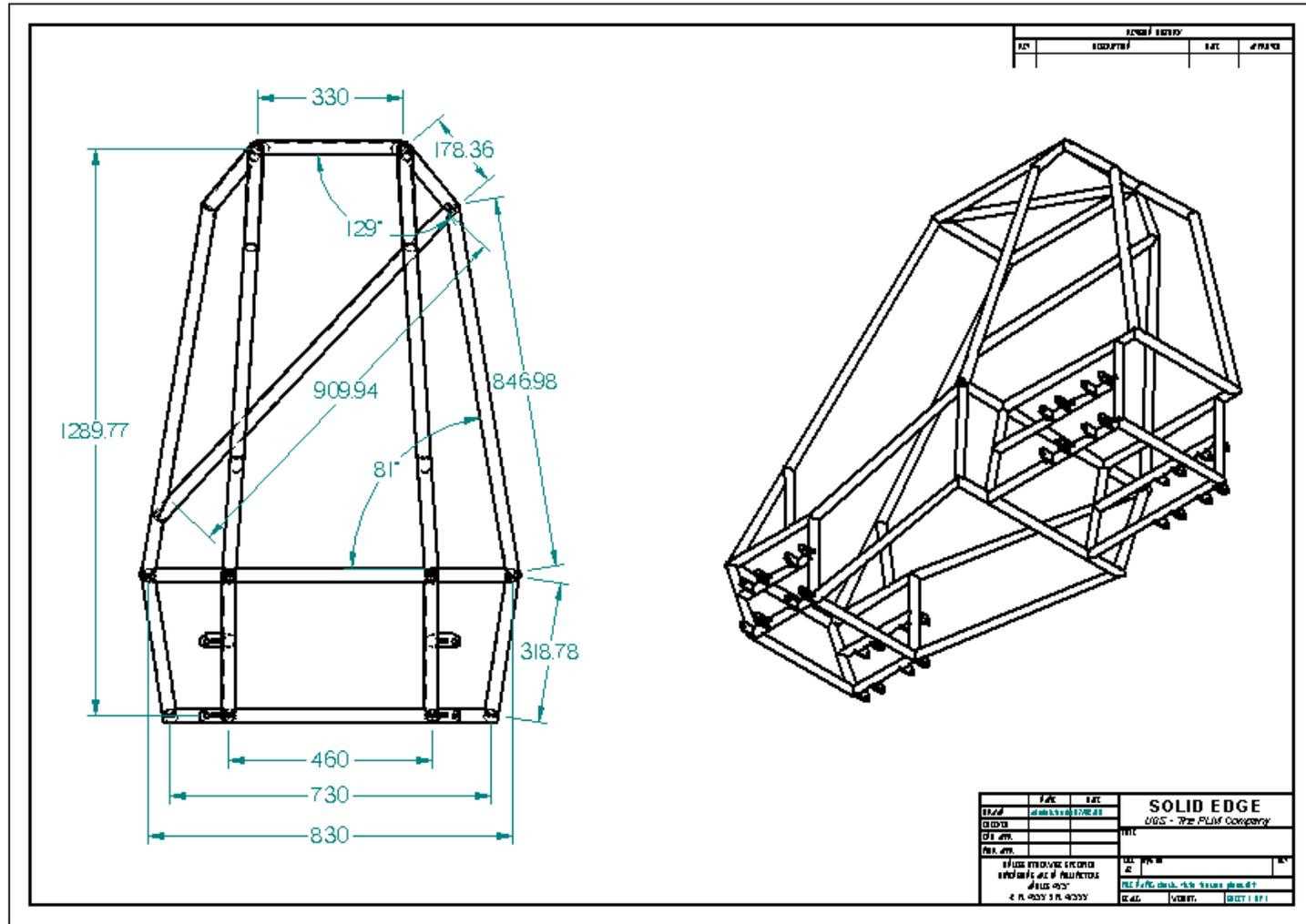
ANEXO B. PLANOS PIEZAS

Plano 1. Chasis vista lateral



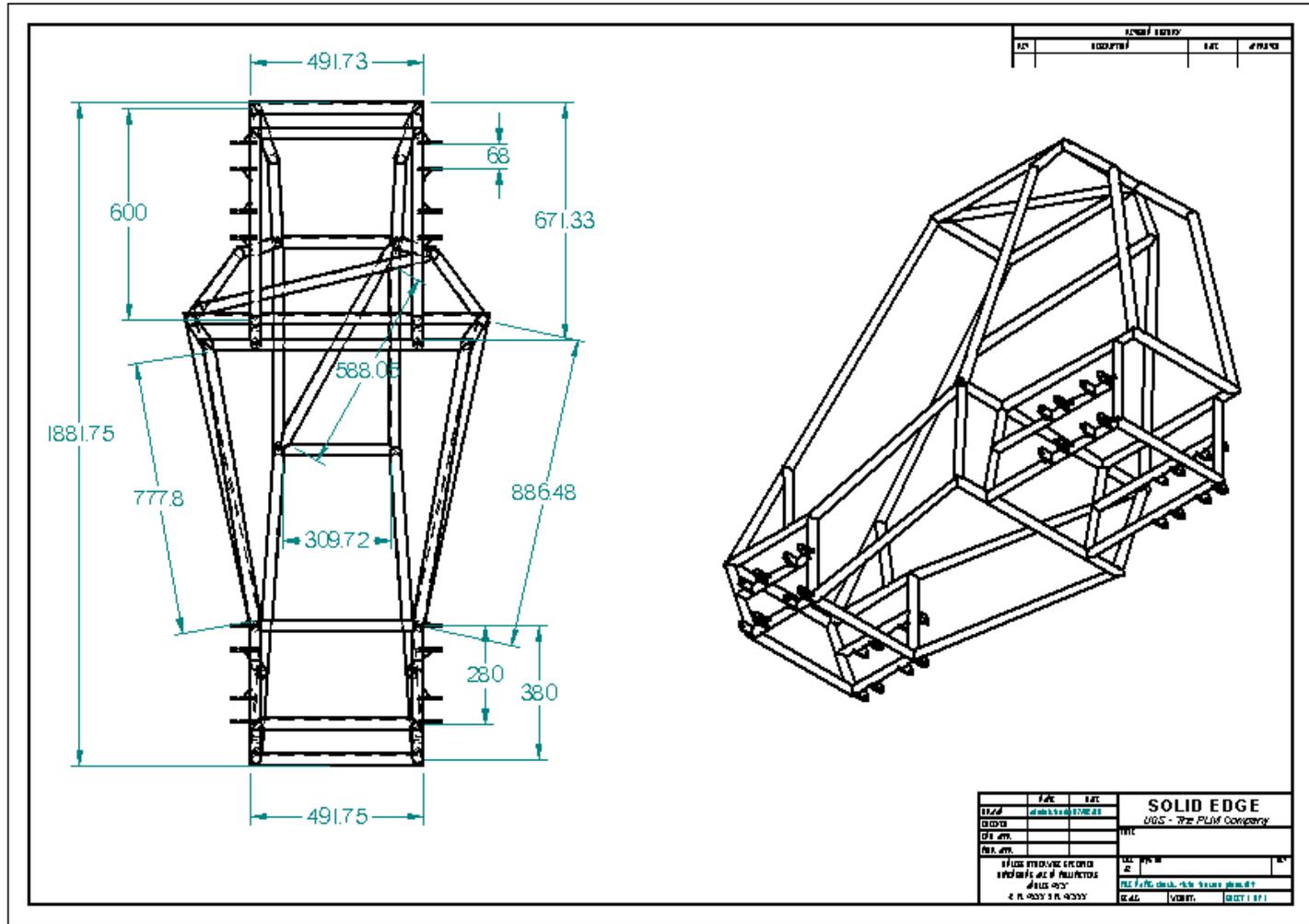
CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Plano 2. Chasis vista frontal



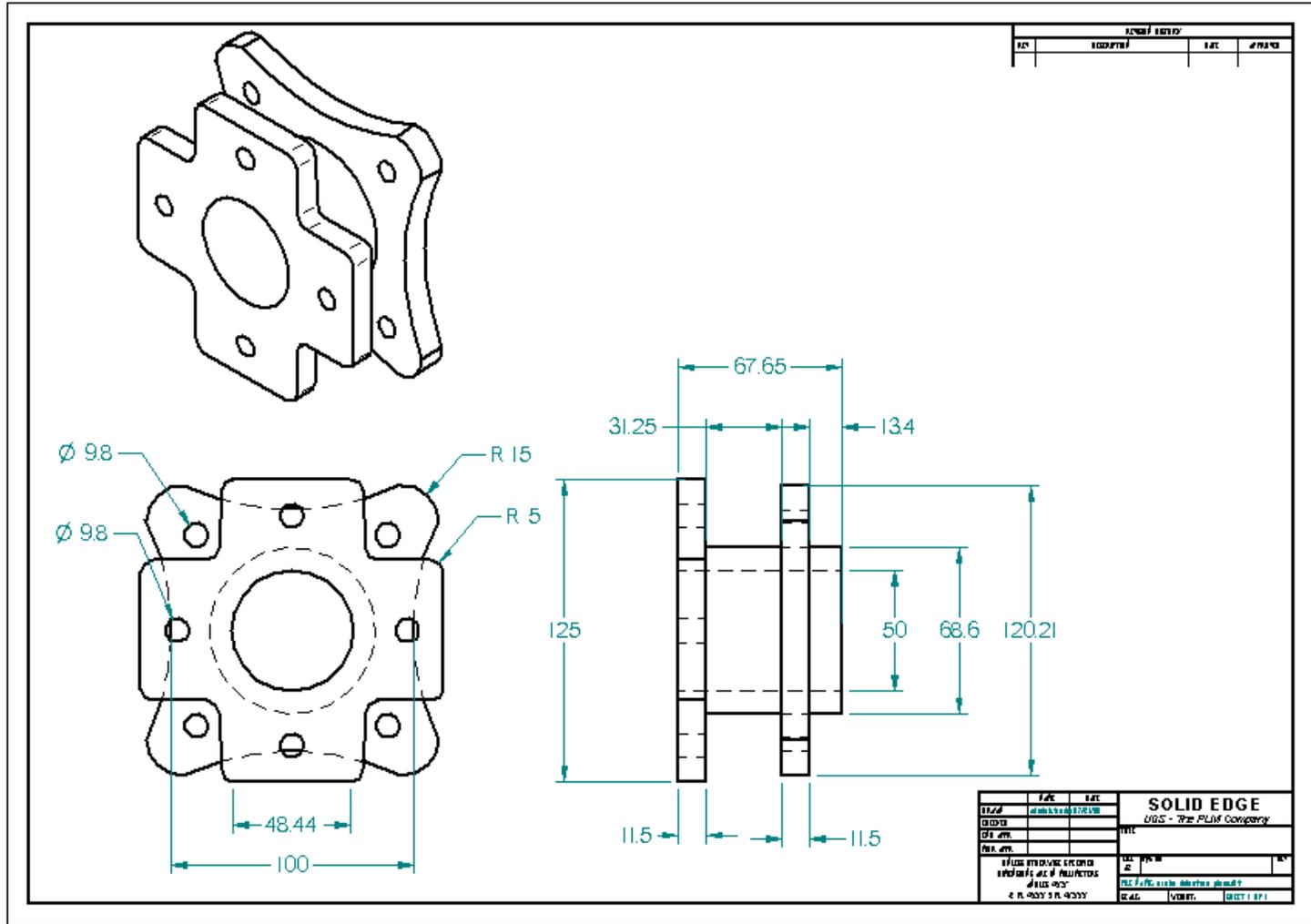
CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Plano 3. Chasis vista superior



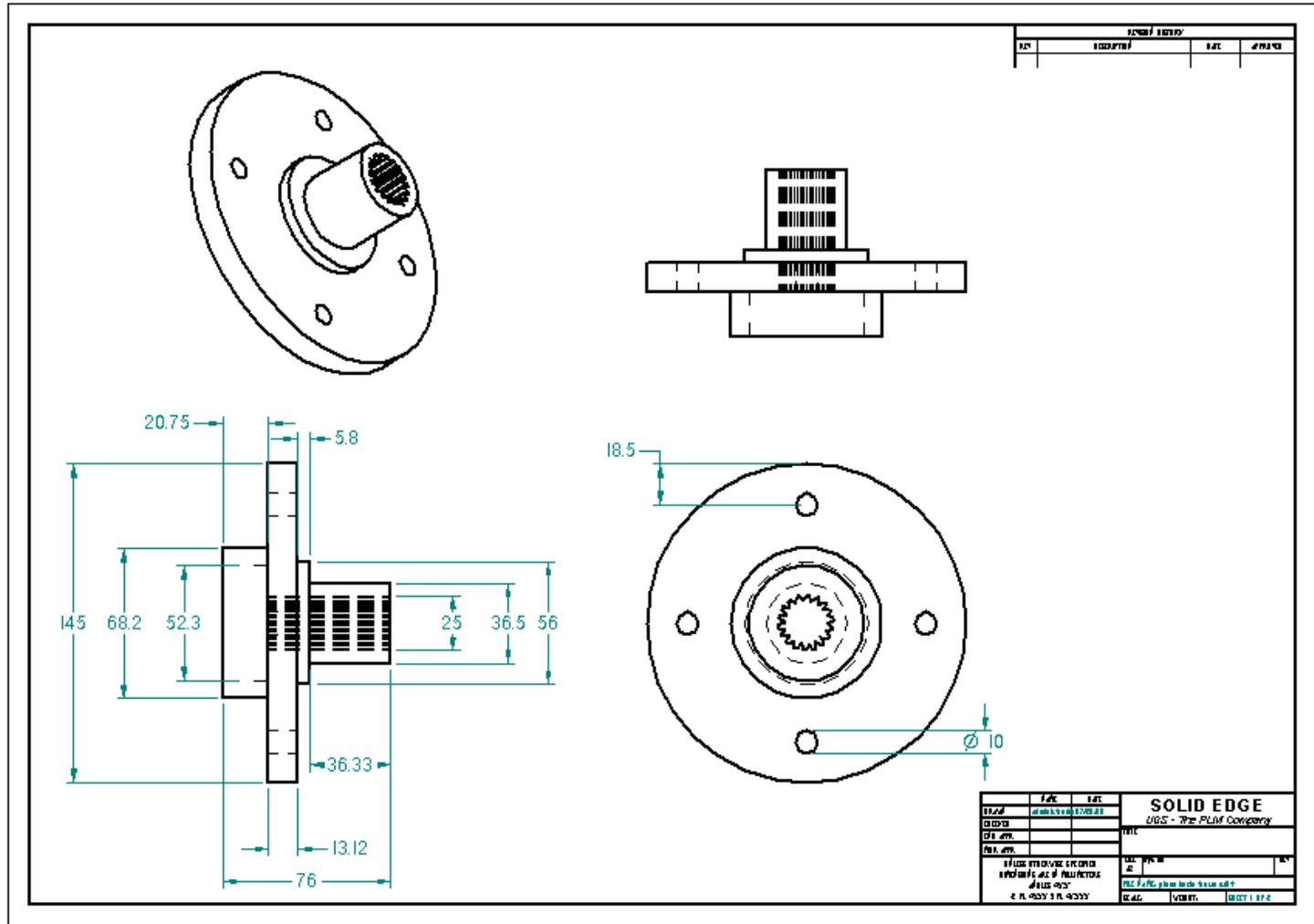
CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Plano 4. Bocin delantero



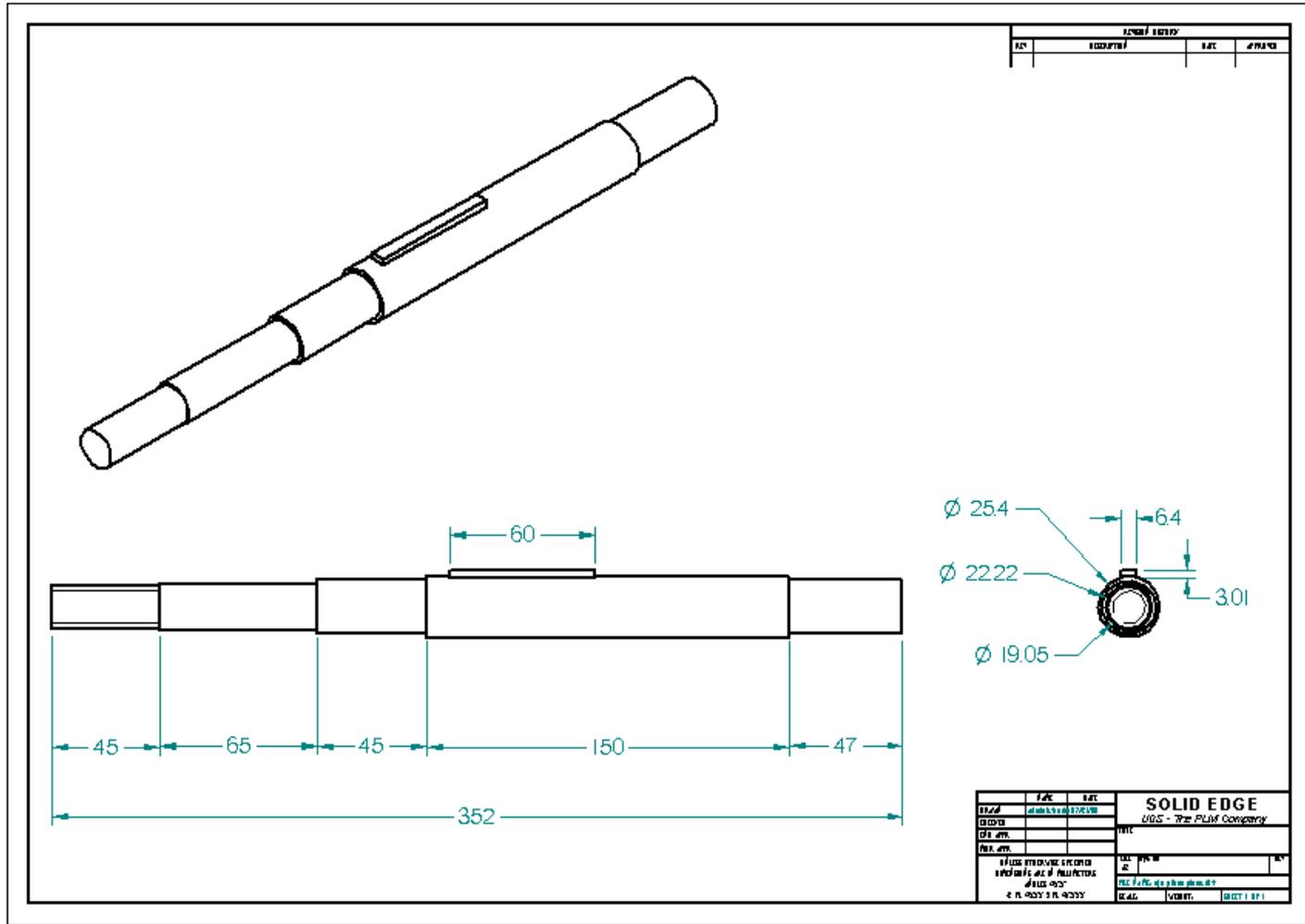
CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Plano 5. Bocin trasero



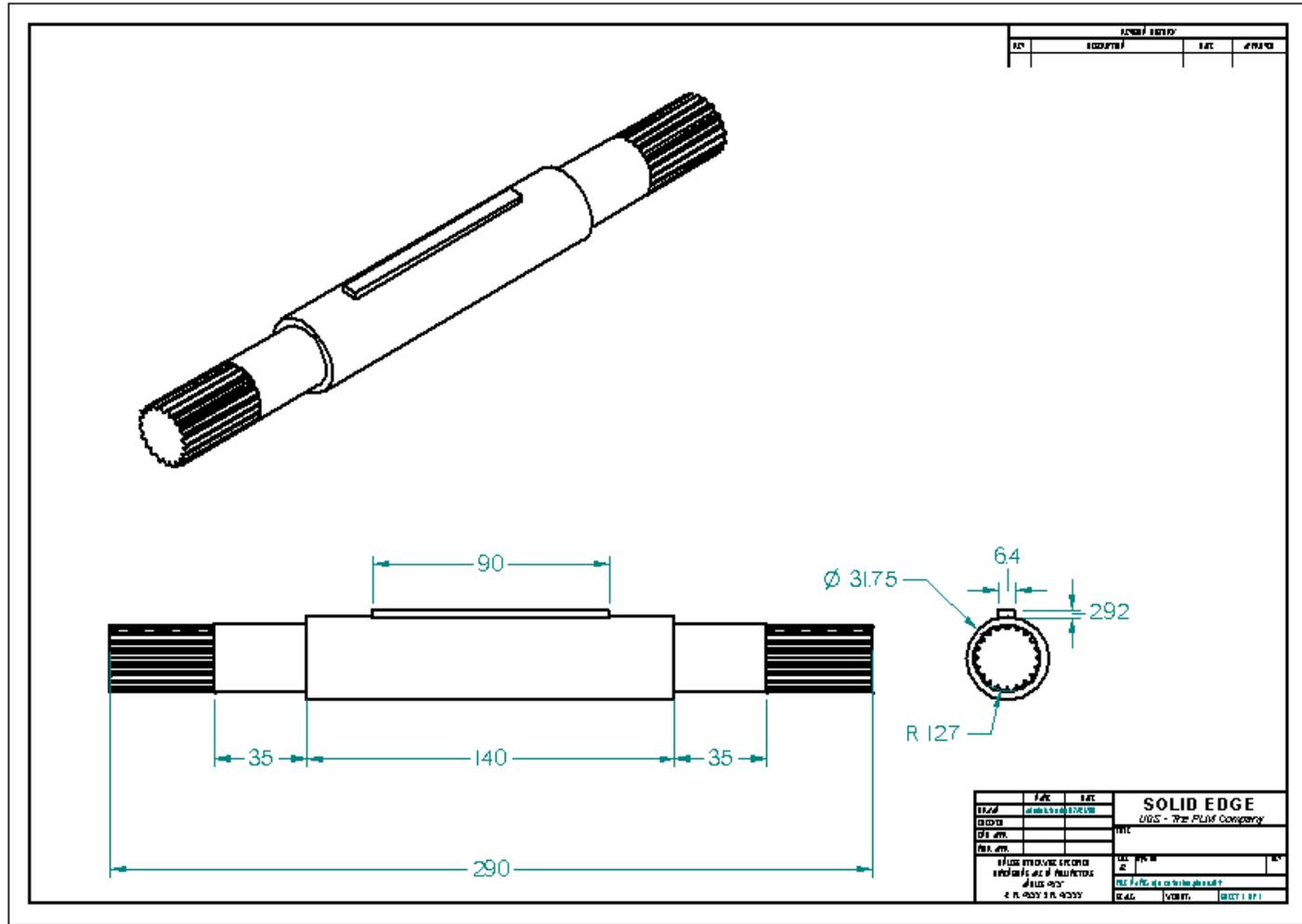
CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Plano 8. Eje conductor



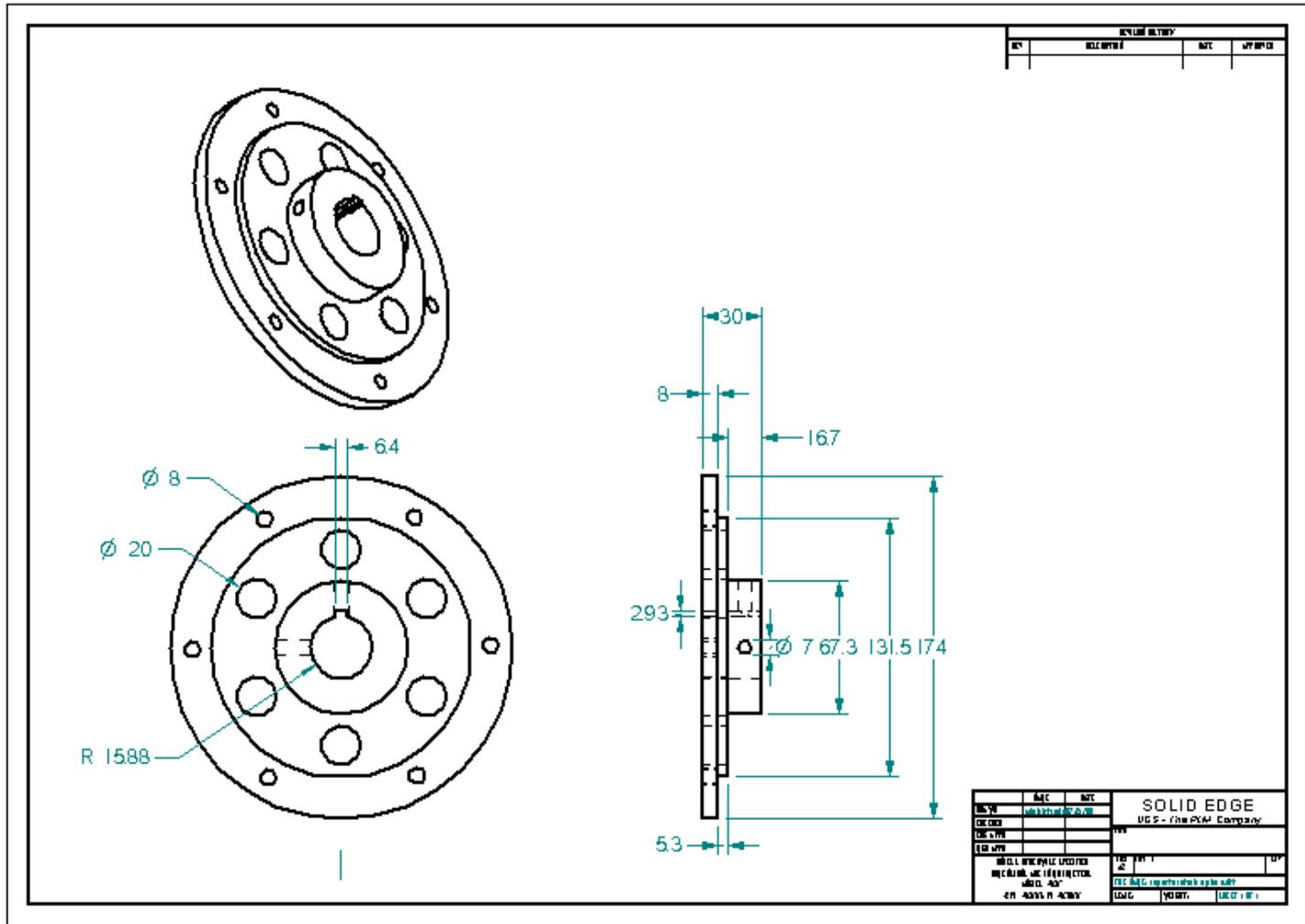
CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Plano 9. Eje conducido



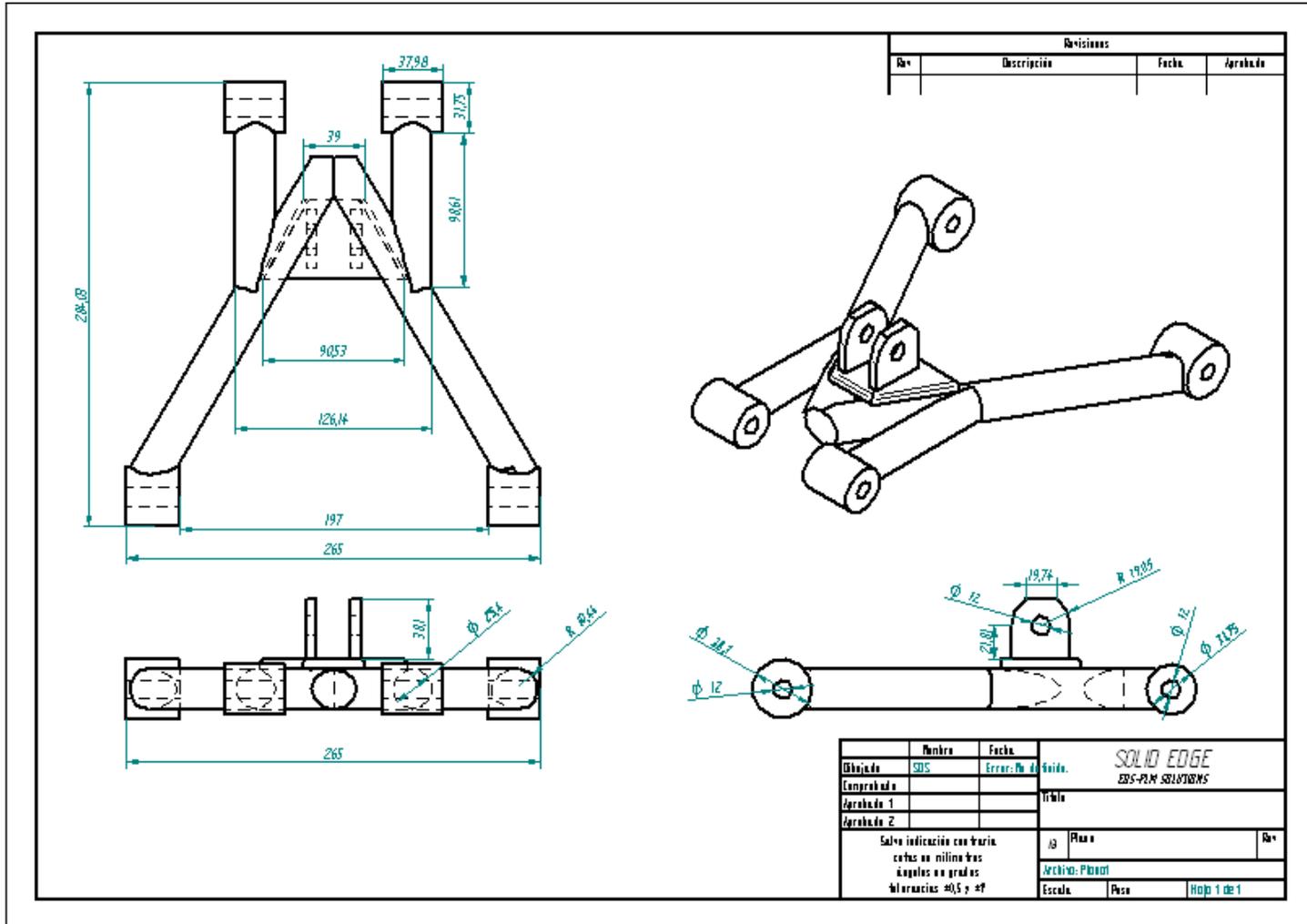
CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Plano 10. Soporte catarina



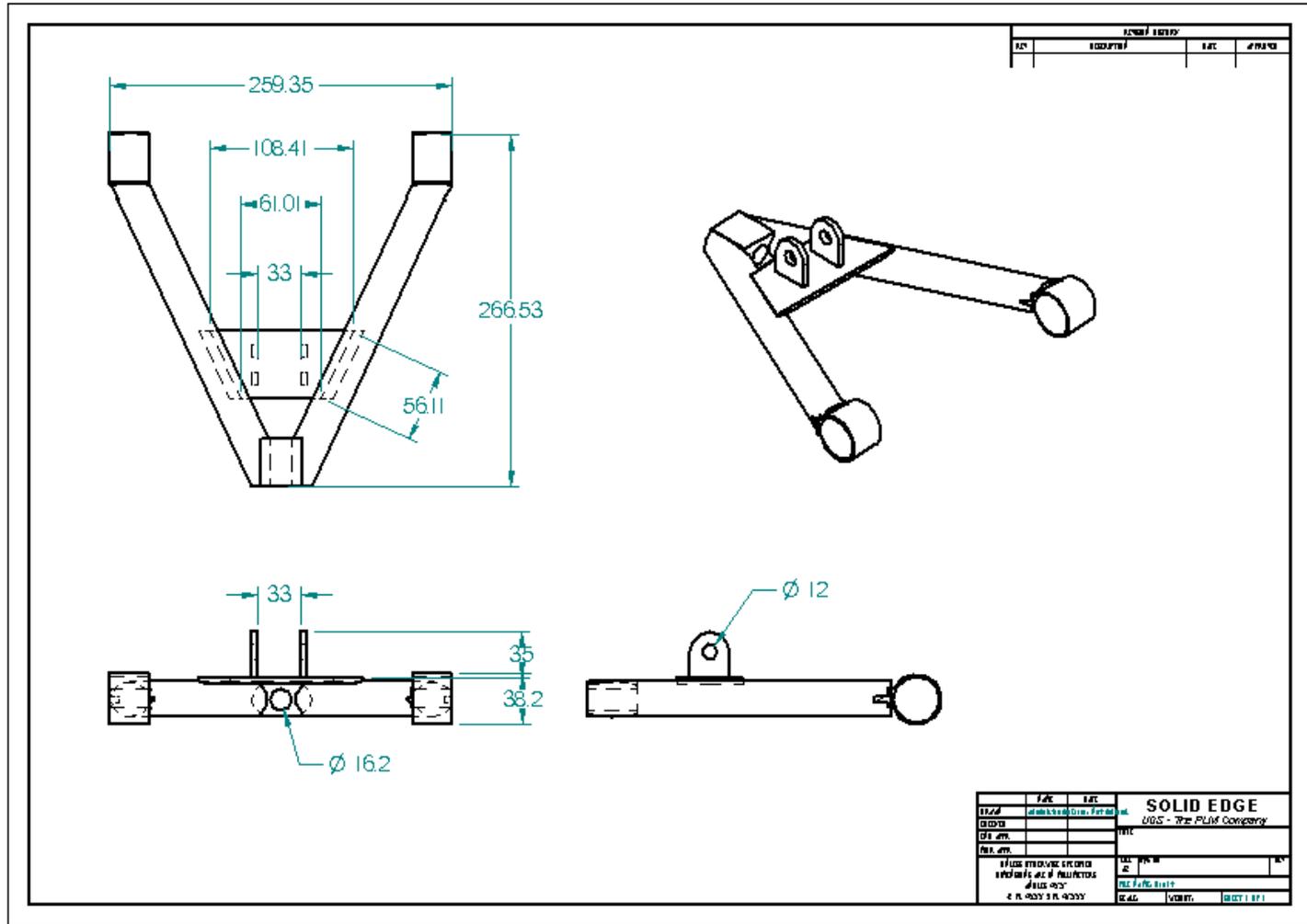
CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Plano 12. Tijera trasera superior



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

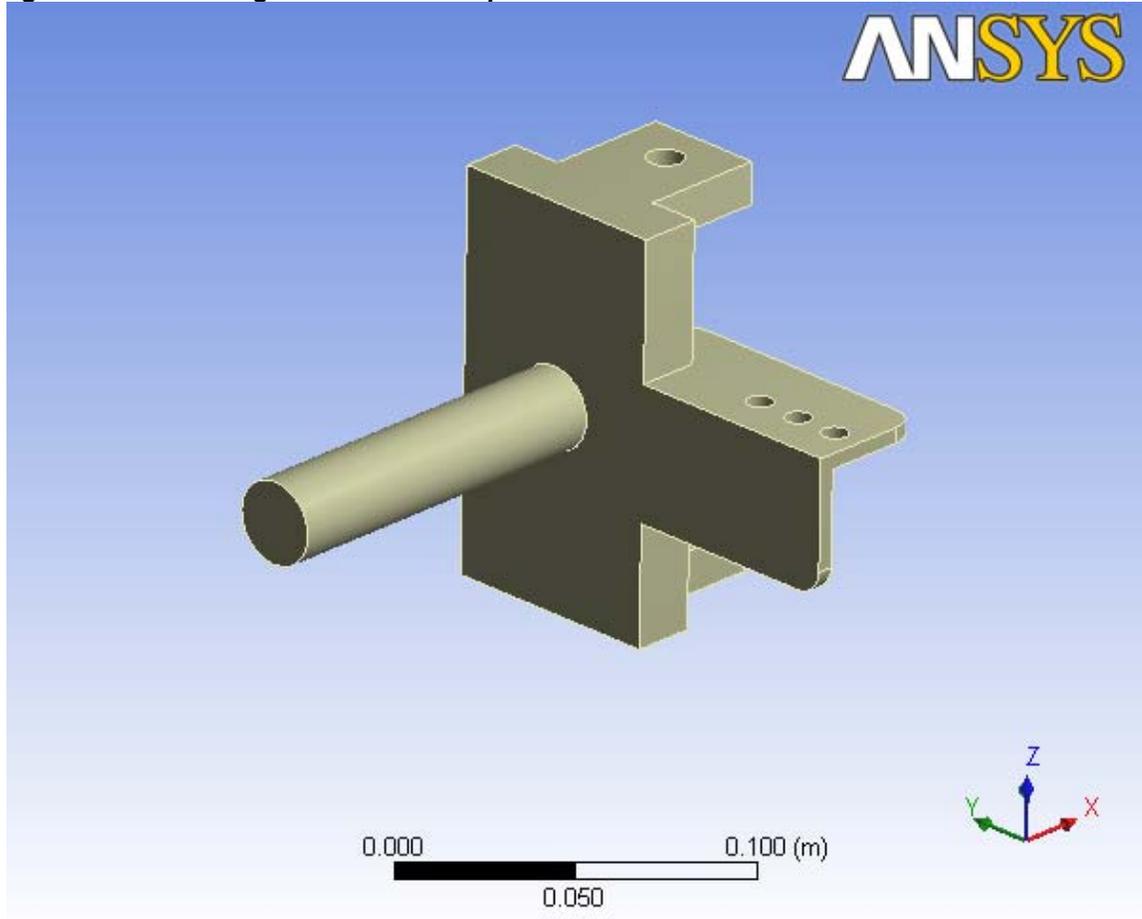
Plano 14. Tijera delantera inferior



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

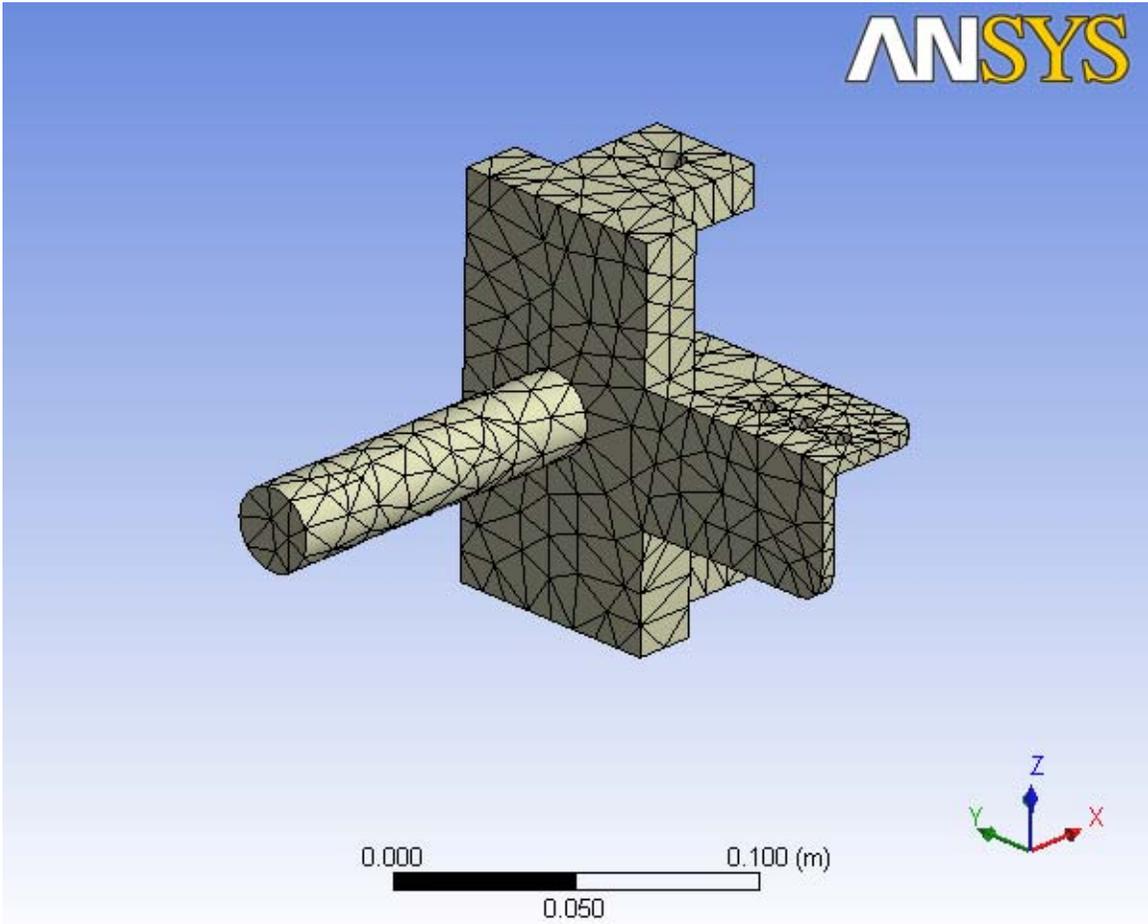
ANEXO C. Simulación en ANSYS de las piezas construidas del mini-baja.

Figura 74. Portamangueta delantero exportado a ANSYS



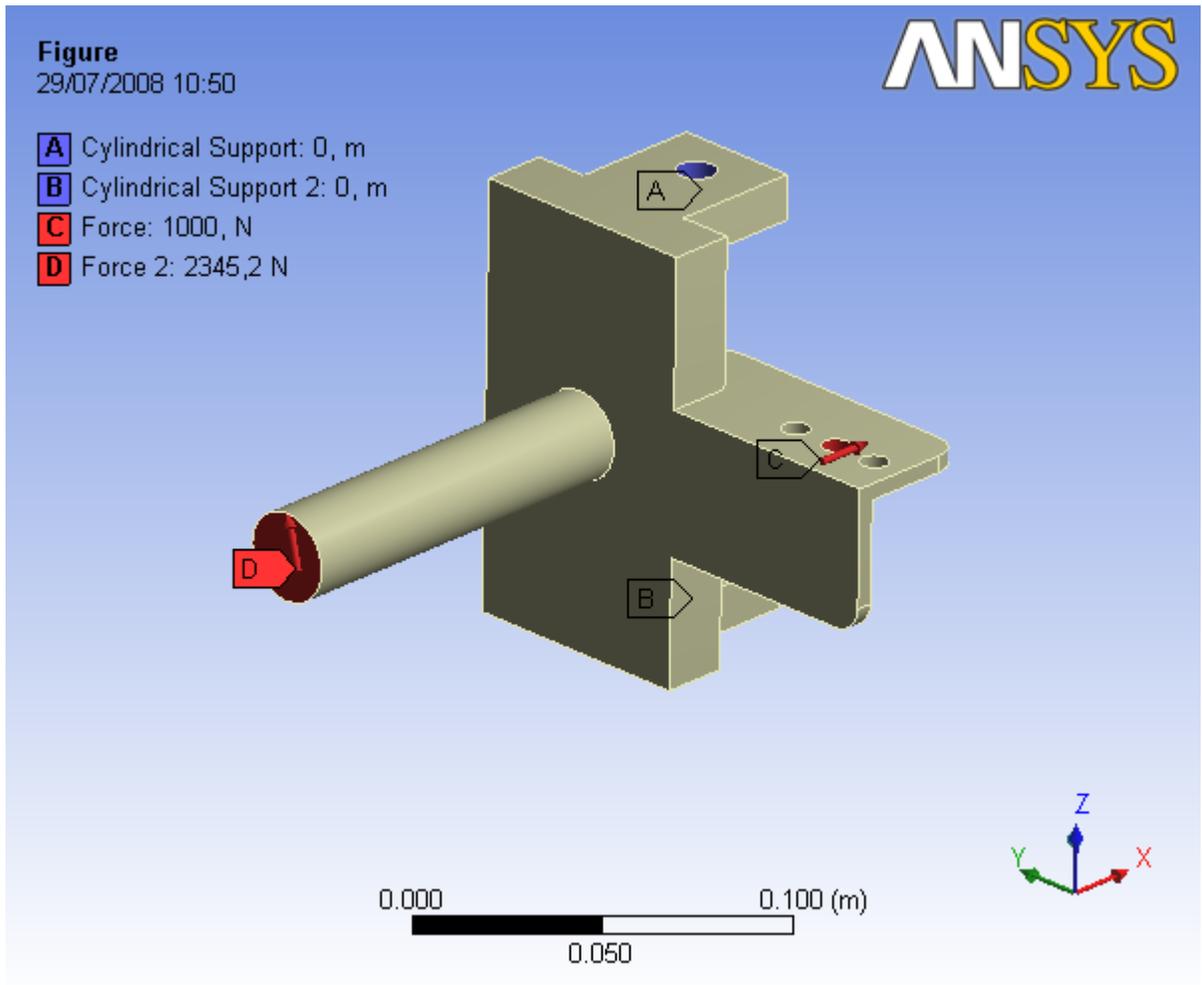
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 75. Enmallado portamangueta delantero



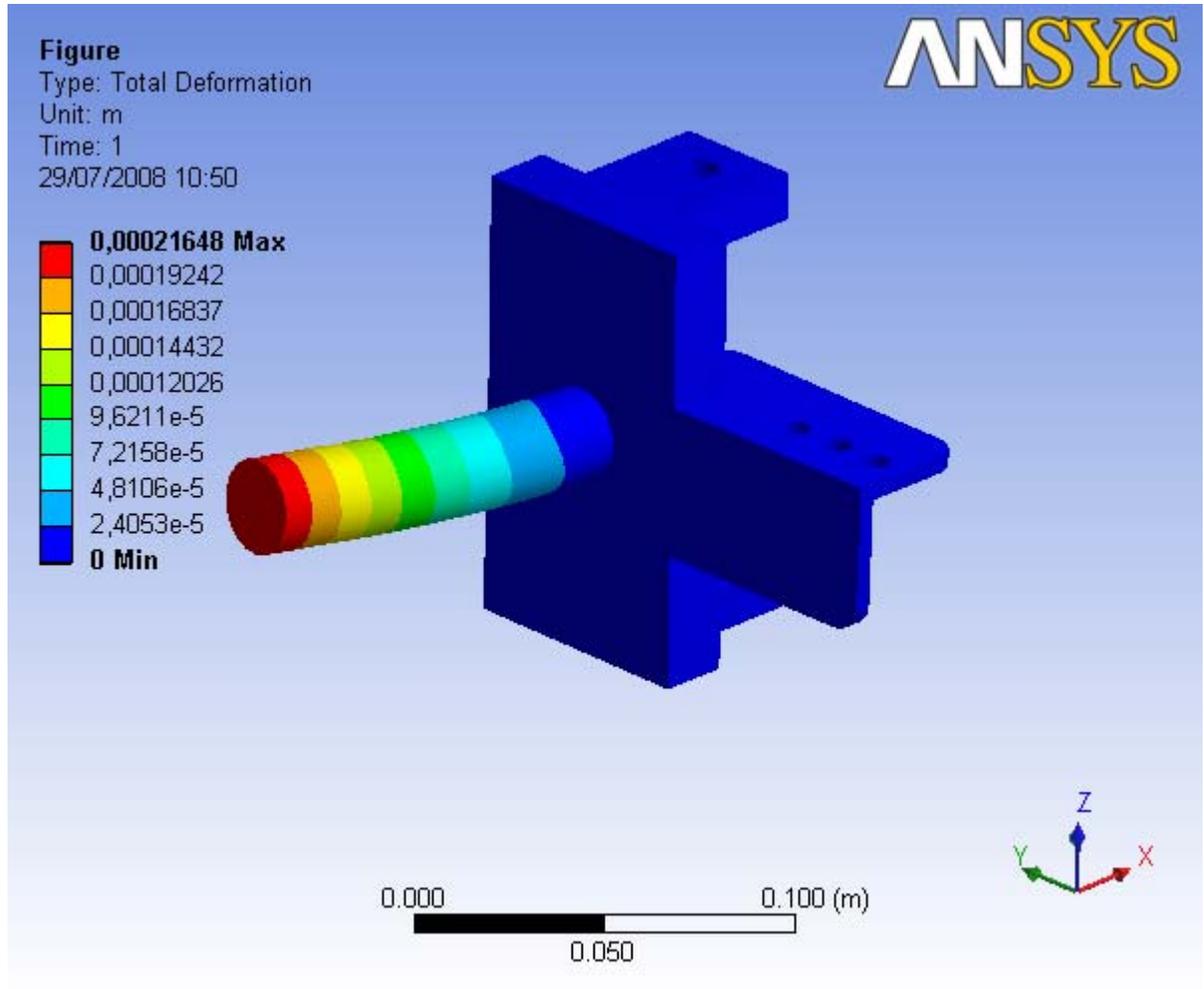
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 76. Cargas aplicadas al portamangueta delantero



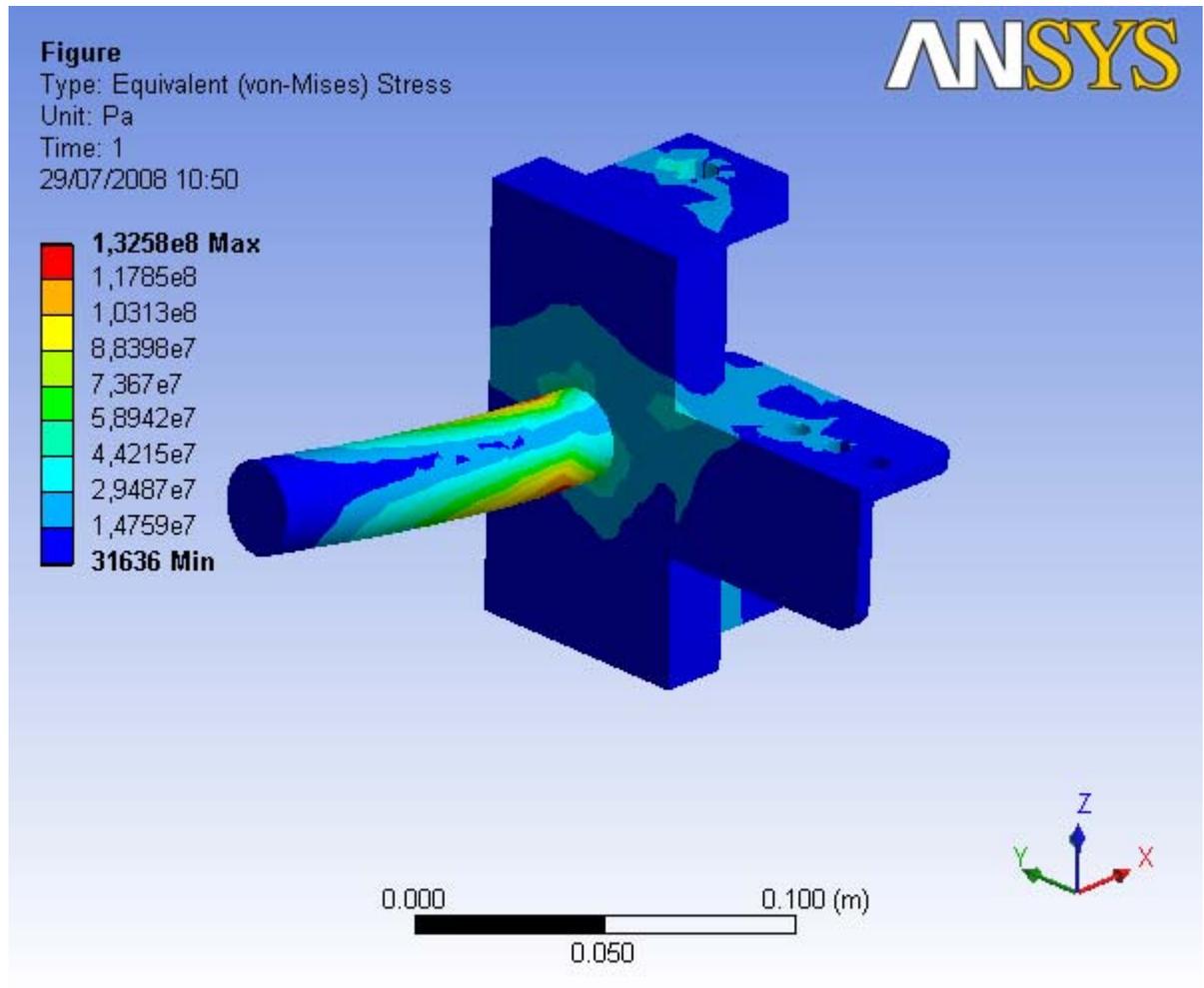
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 77. Deformación total portamangueta delantero



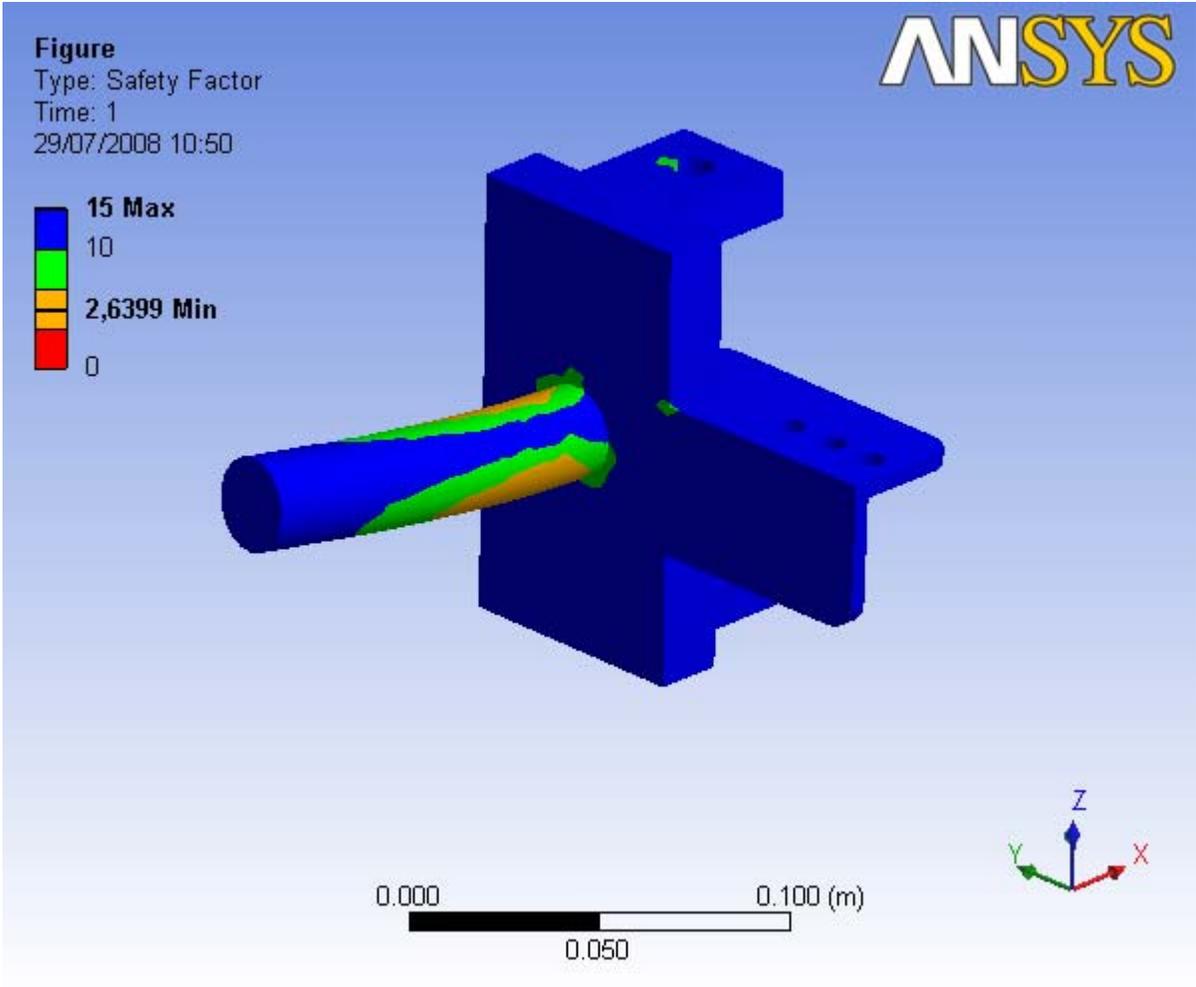
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 78. Esfuerzos equivalente de von-Mises portamangueta delantero



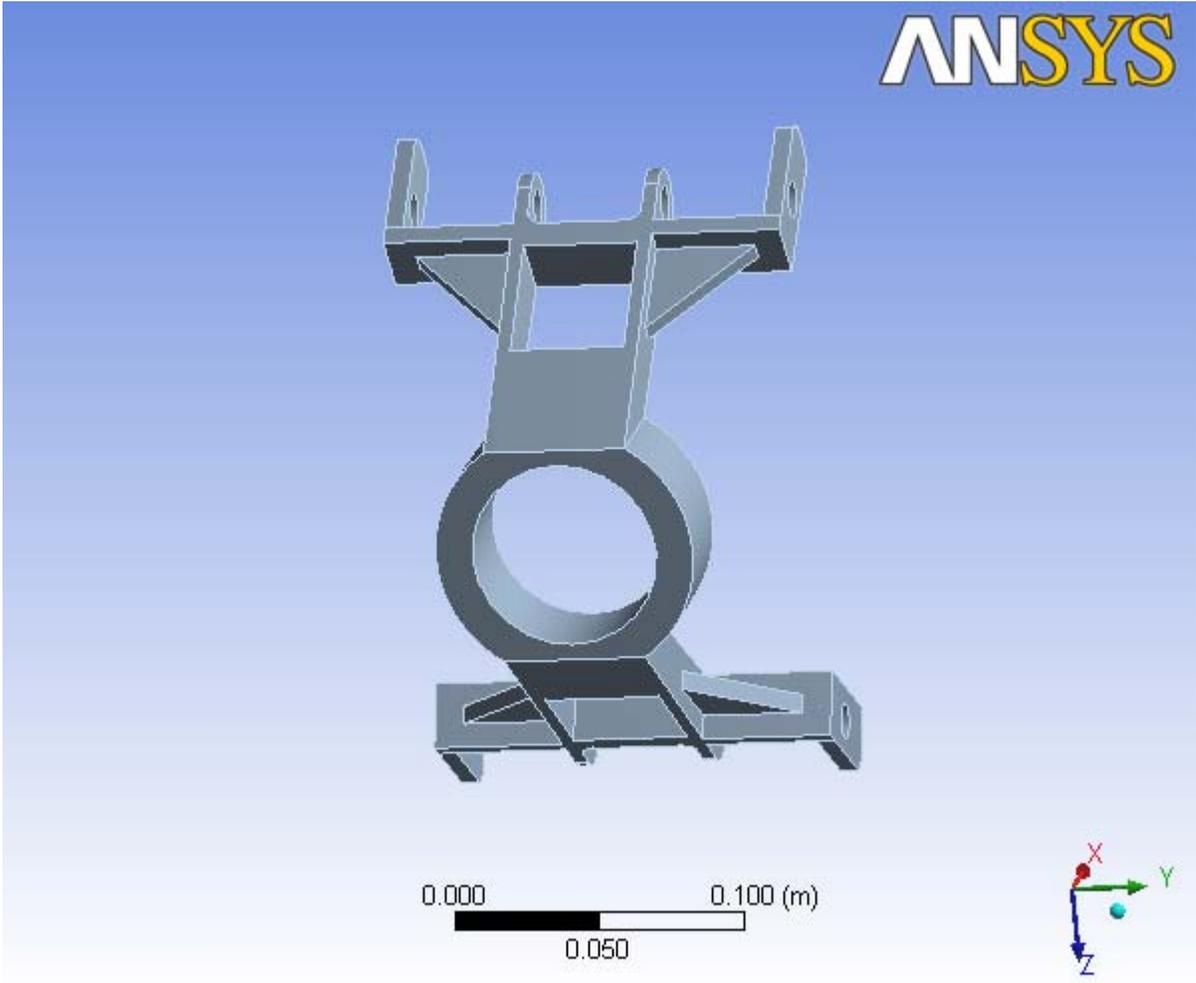
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 79. Factor de seguridad portamangueta delantero



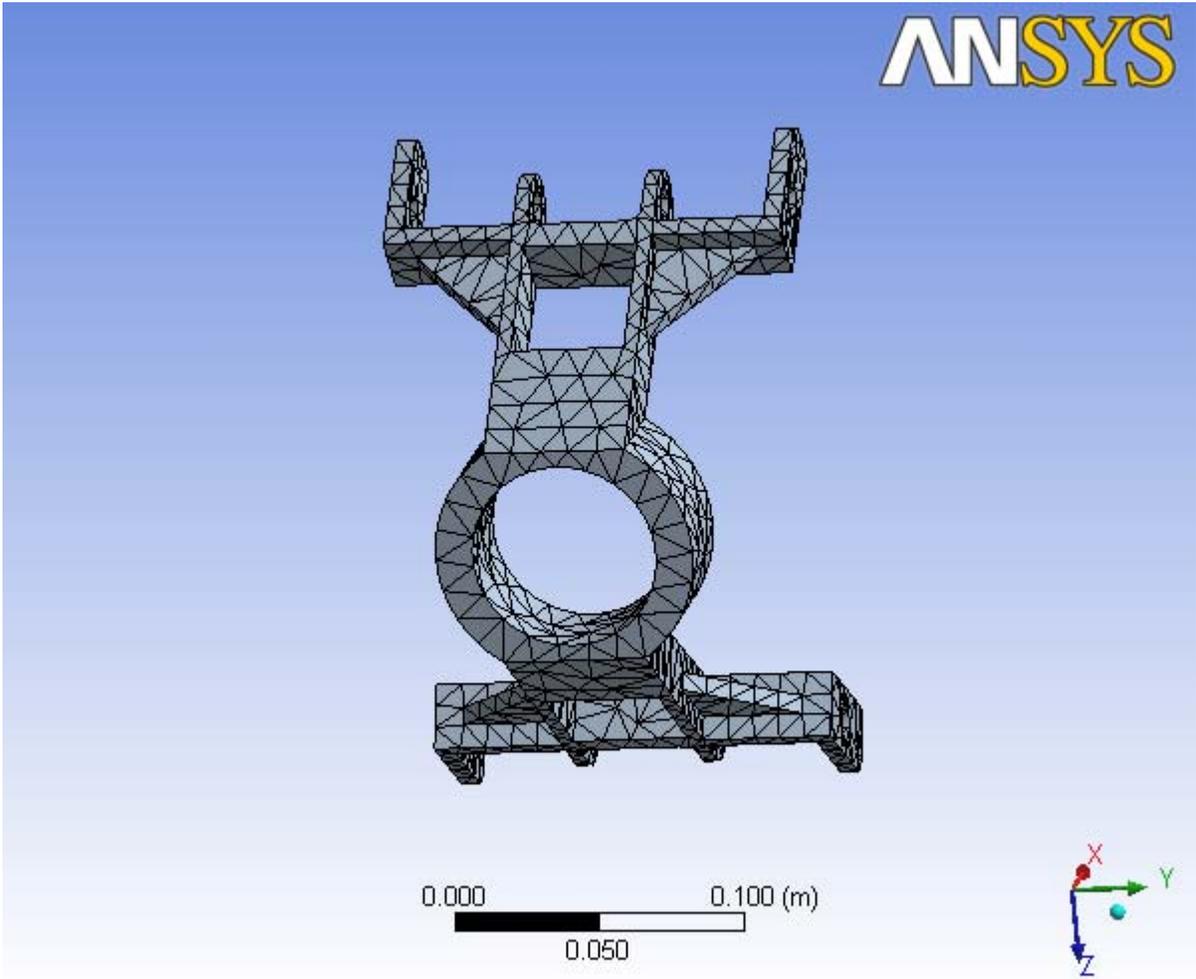
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 80. Portamangueta trasero exportado a ANSYS



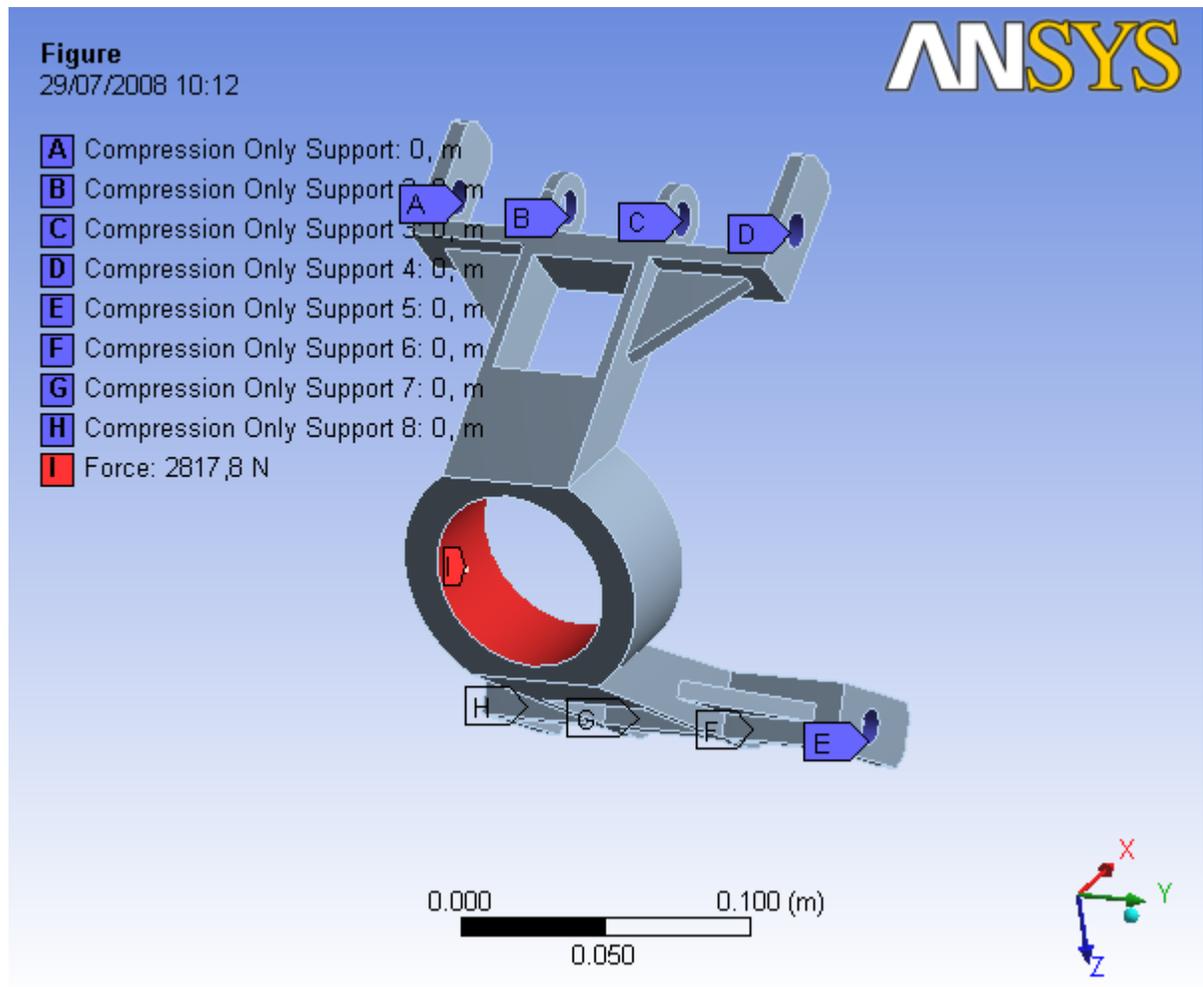
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 81. Enmallado portamangueta trasero



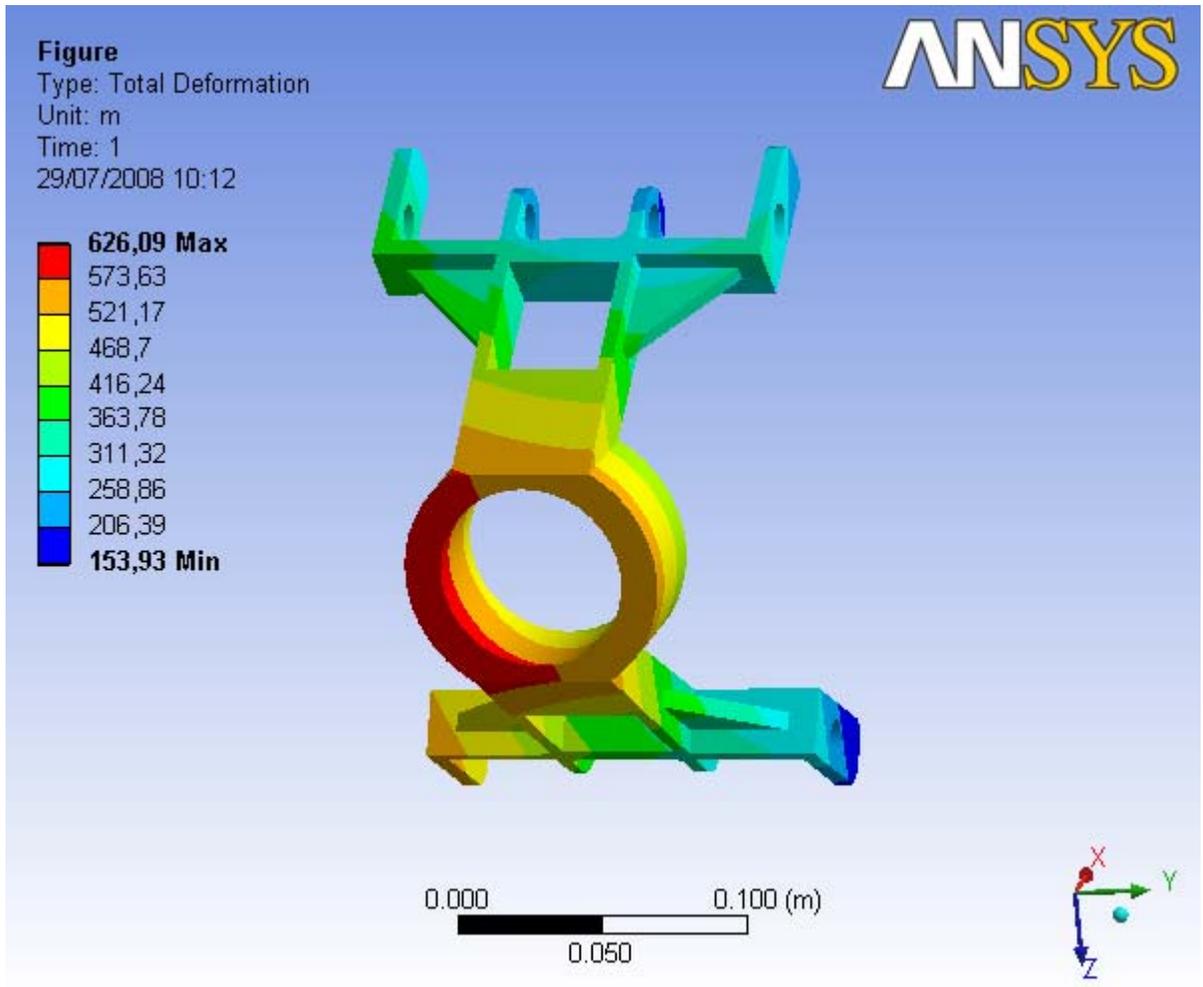
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 82. Cargas aplicadas al portamangueta trasero



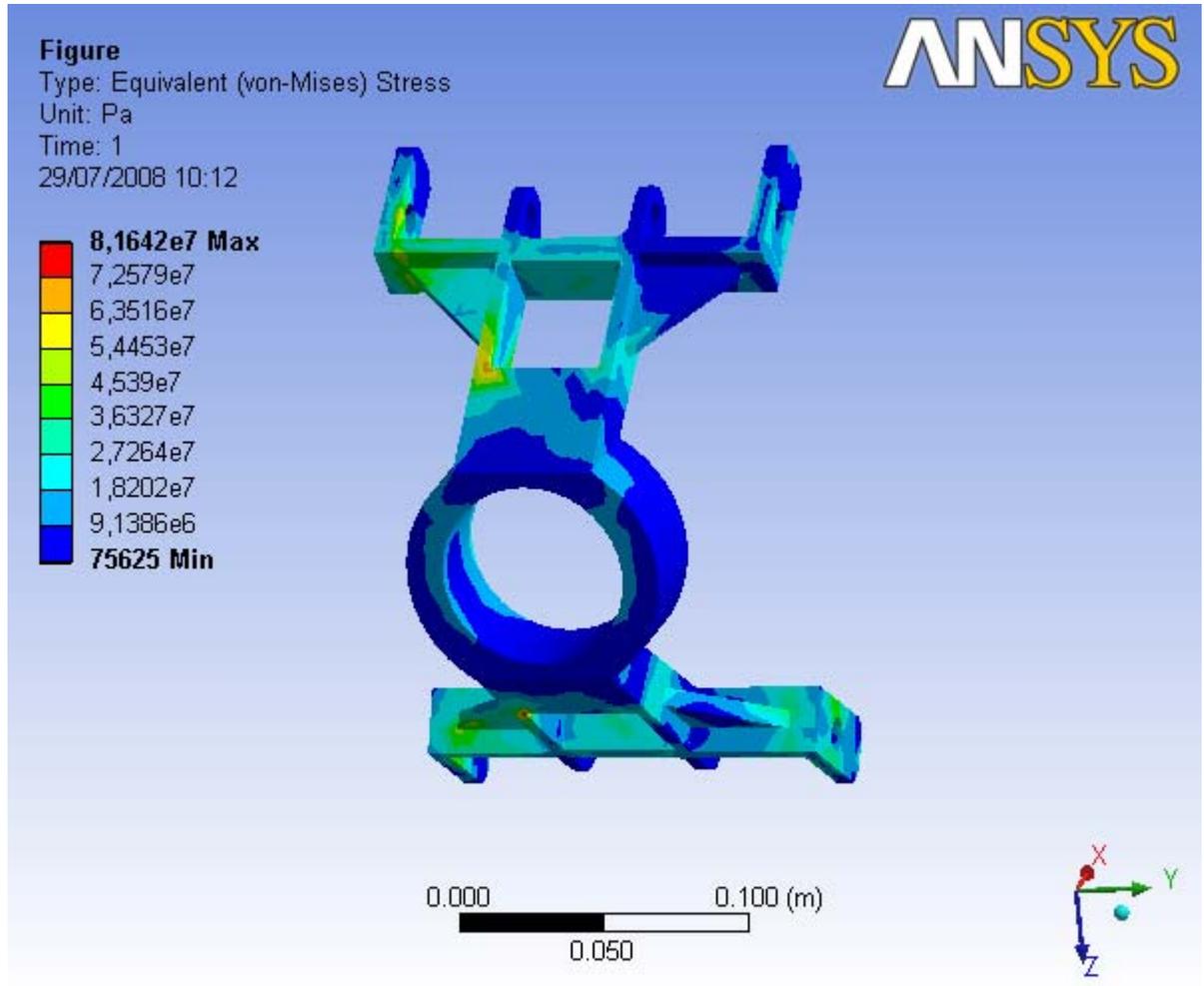
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 83. Deformación total portamangueta trasero



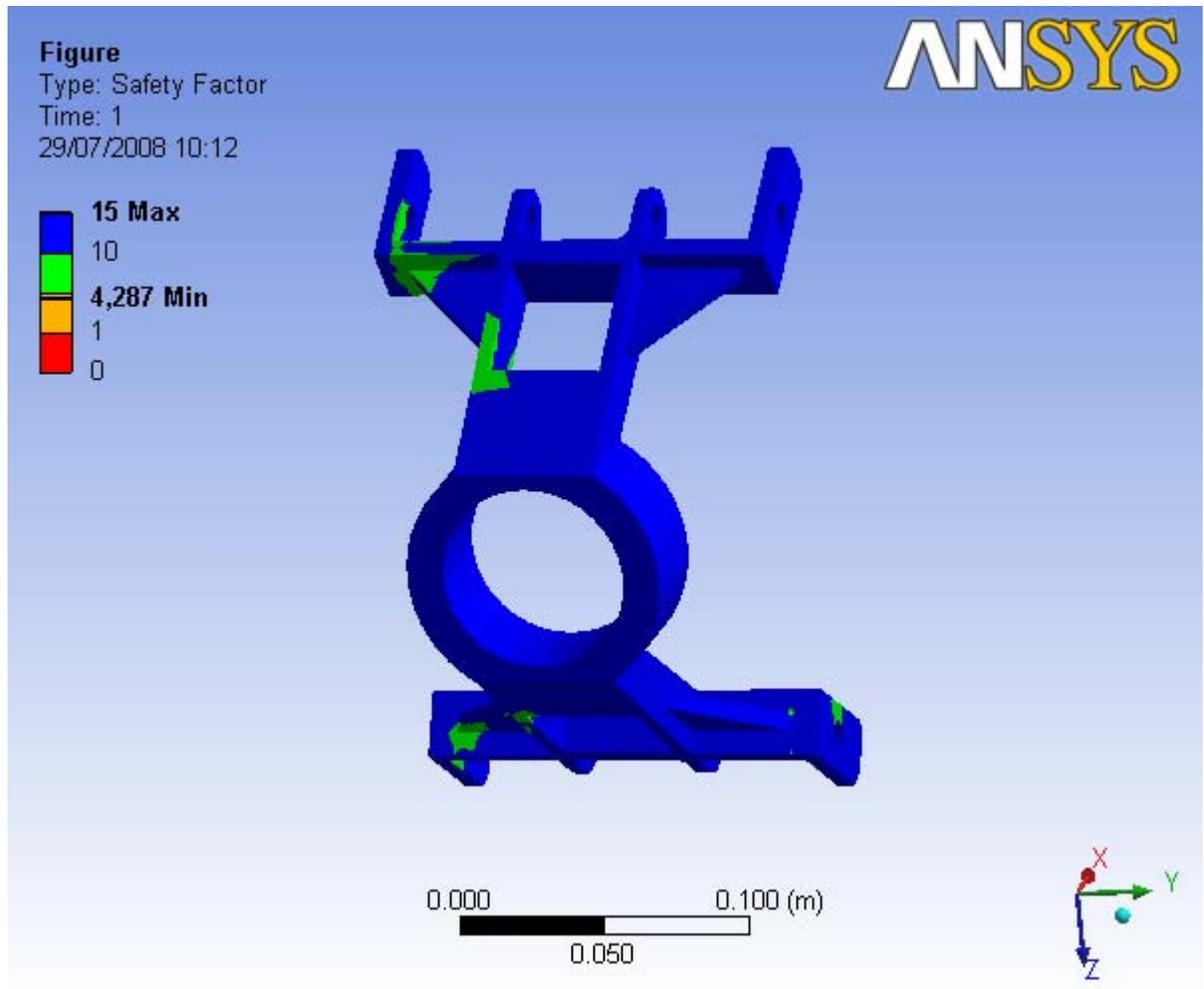
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 84. Esfuerzos equivalente de von-Mises portamangueta trasero



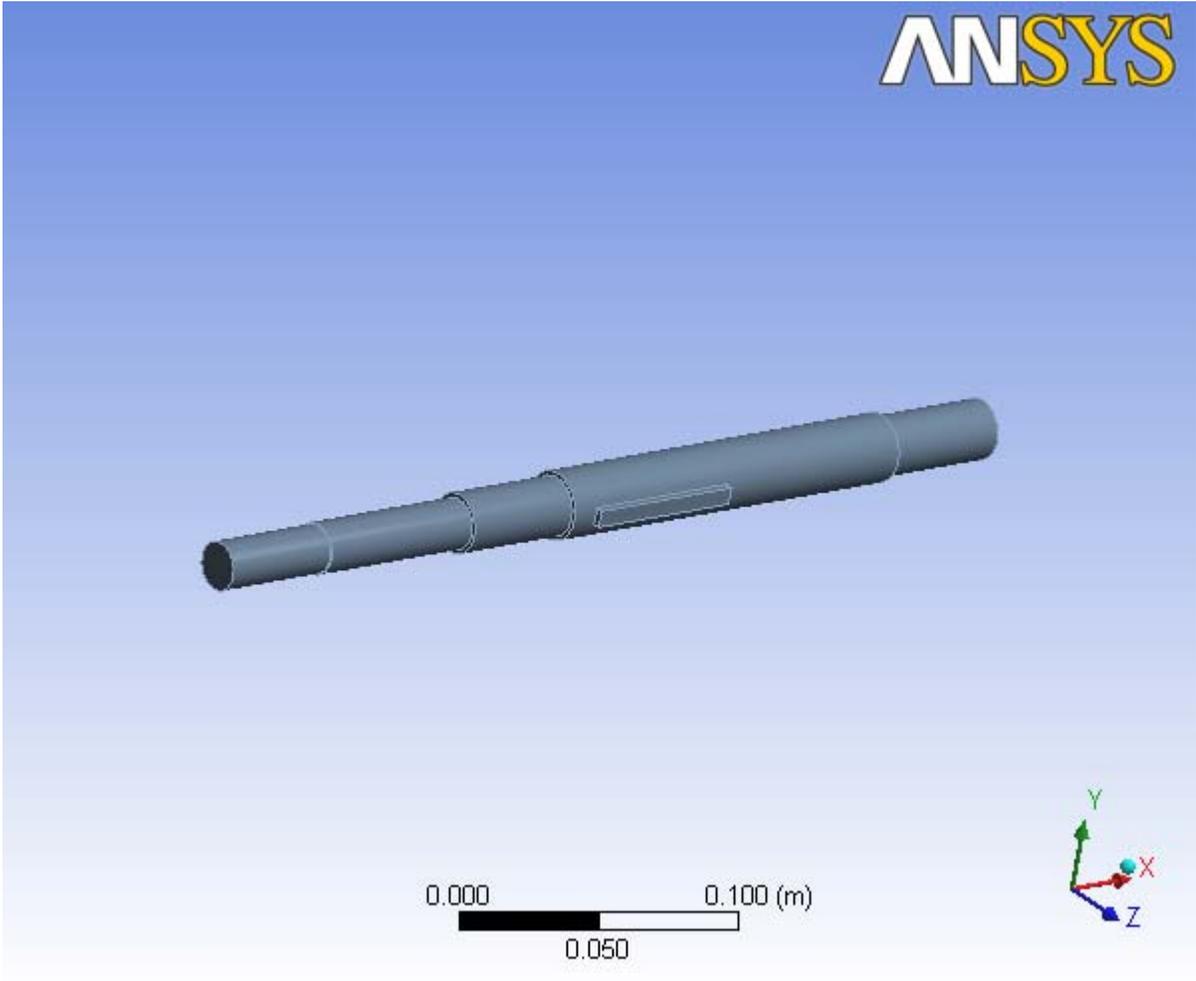
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 85. Factor de seguridad portamangueta trasero



CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 86. Eje conductor exportado a ANSYS



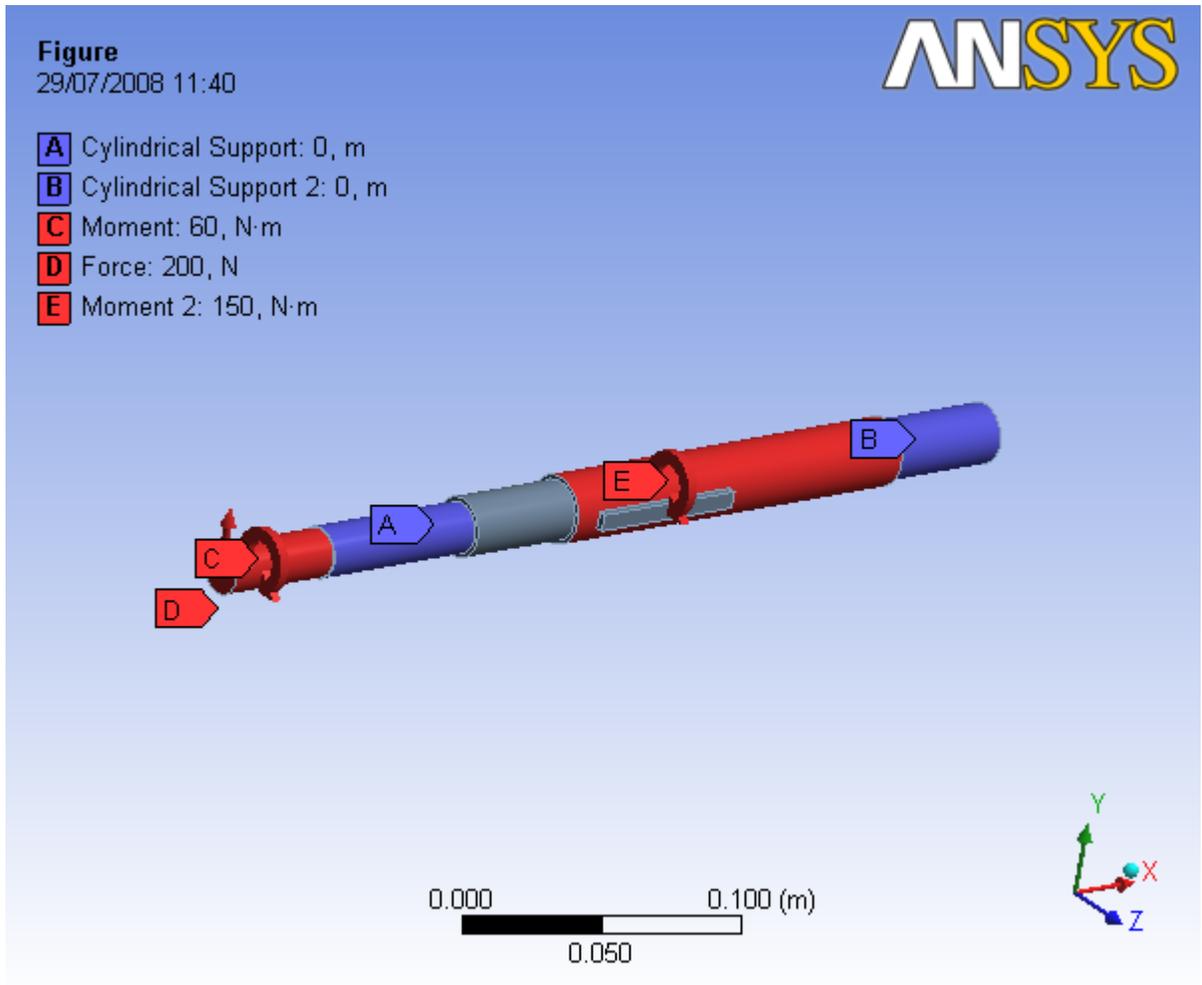
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 87. Enmallado eje conductor



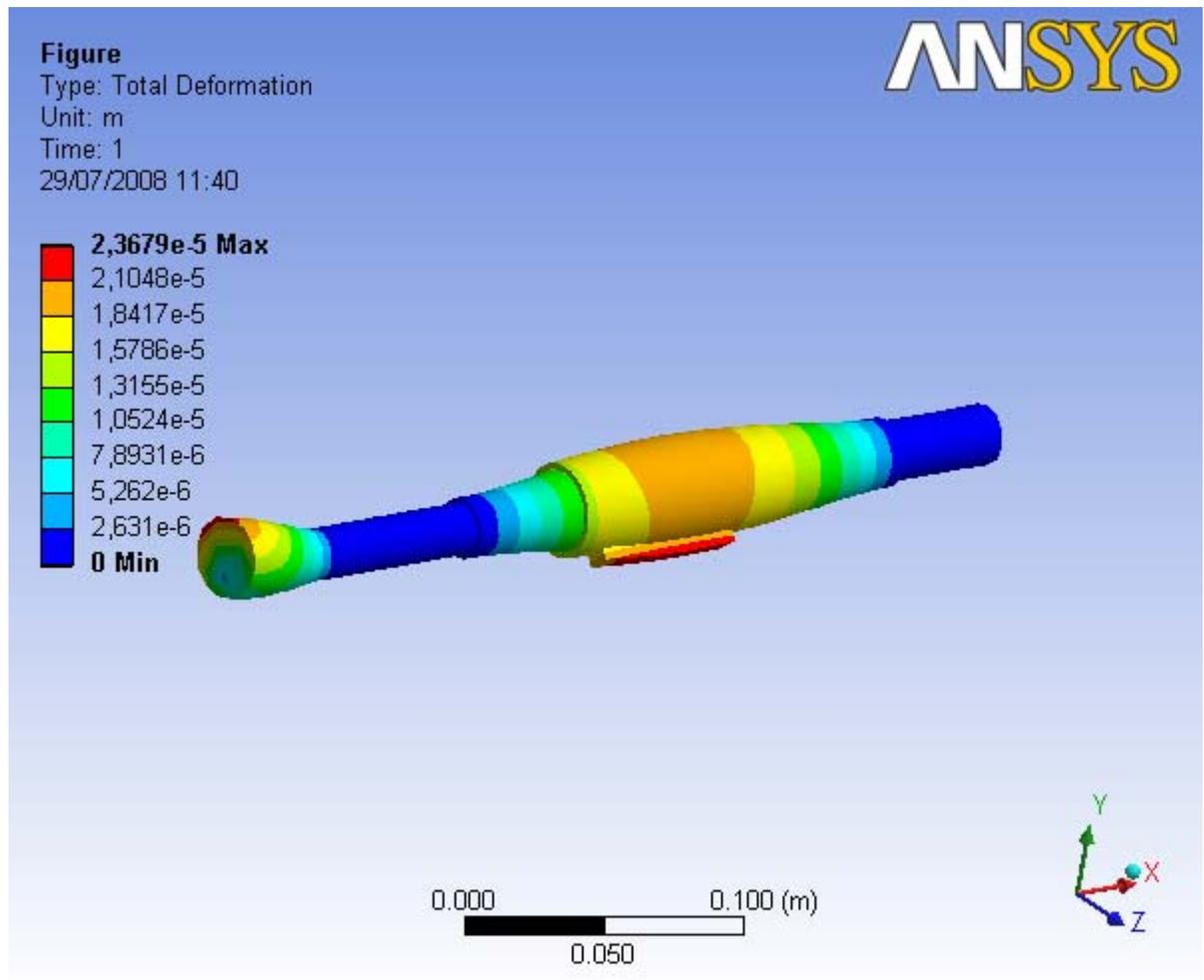
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 88. Cargas aplicadas al eje conductor



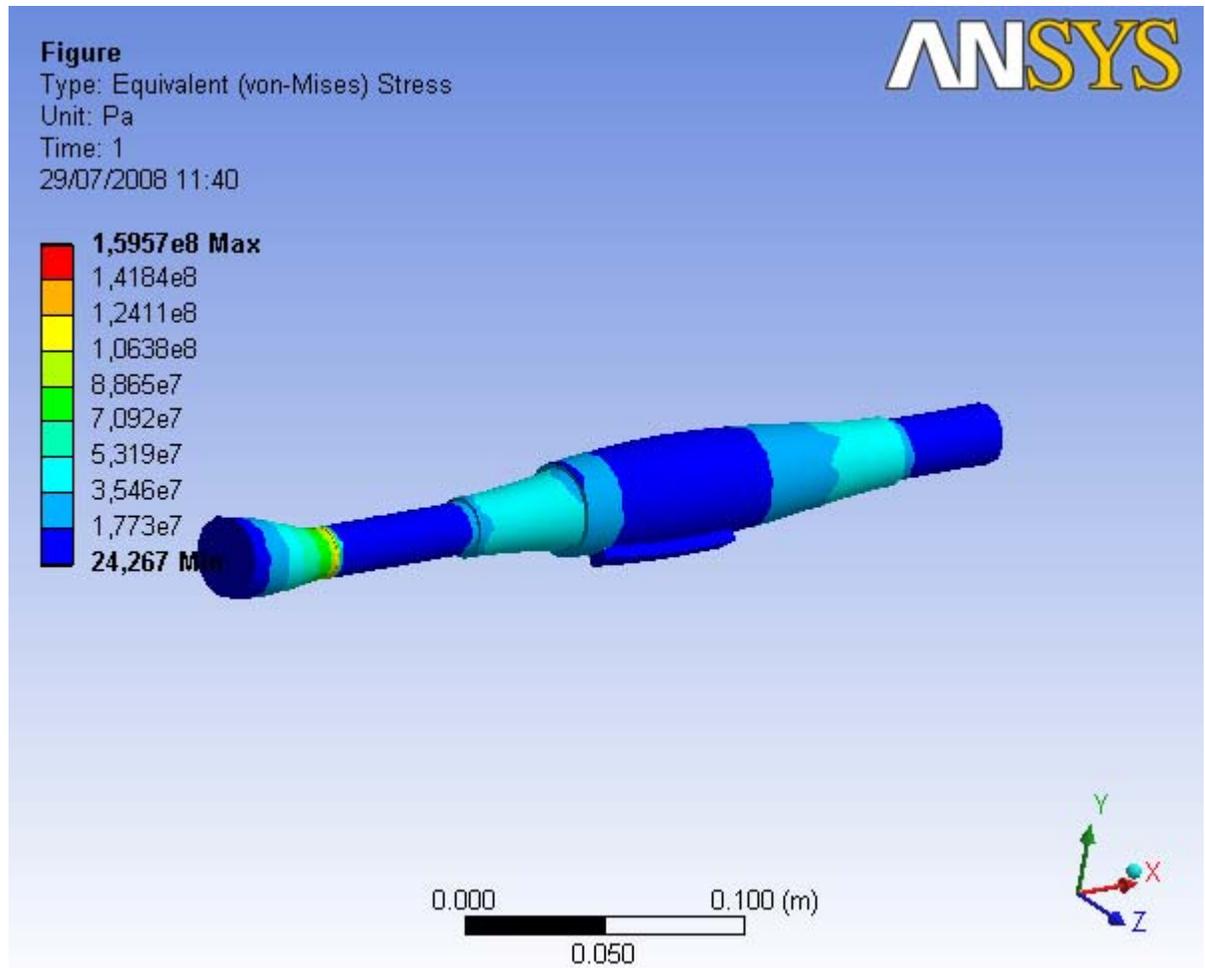
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 89. Deformación total eje conductor



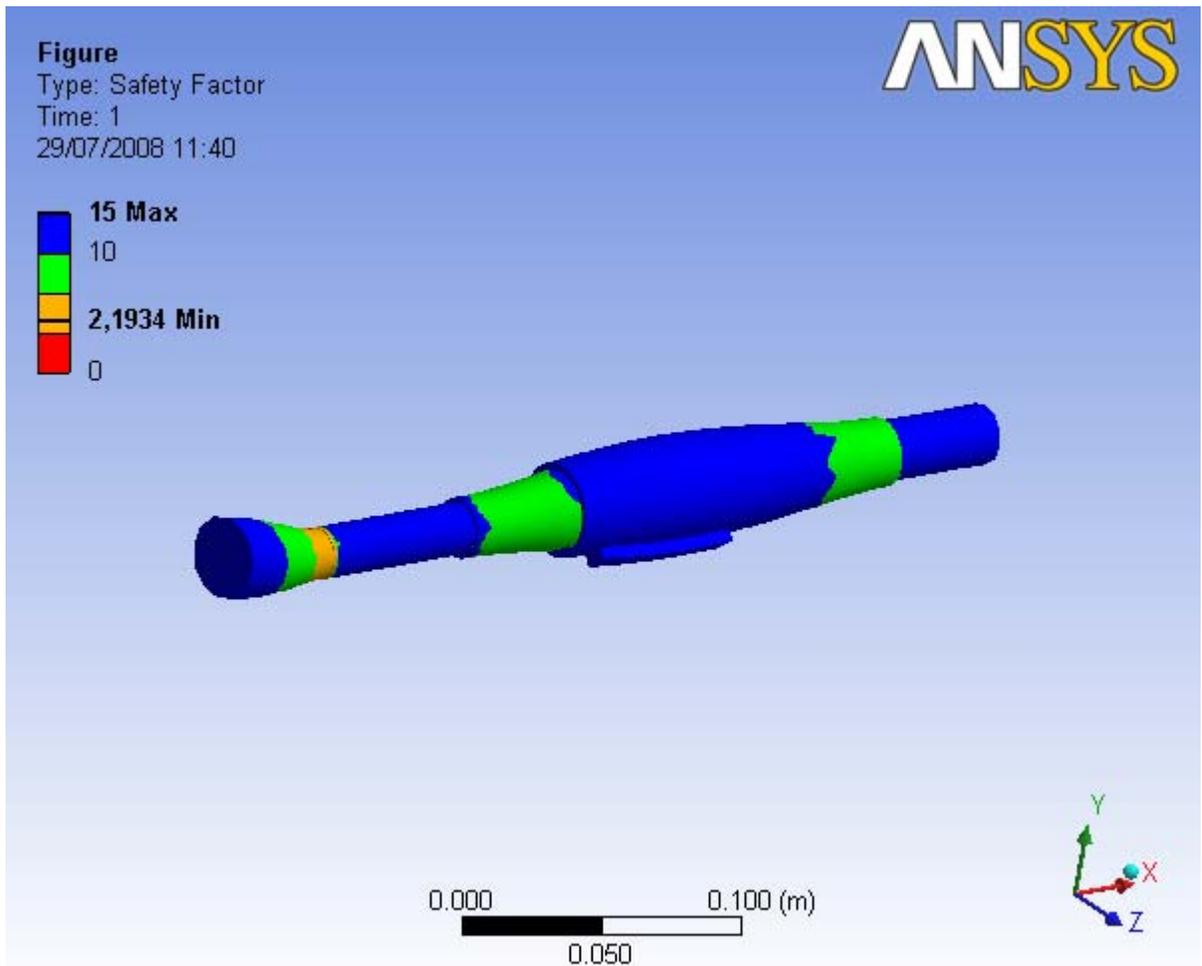
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 90. Esfuerzos equivalente de von-Mises eje conductor



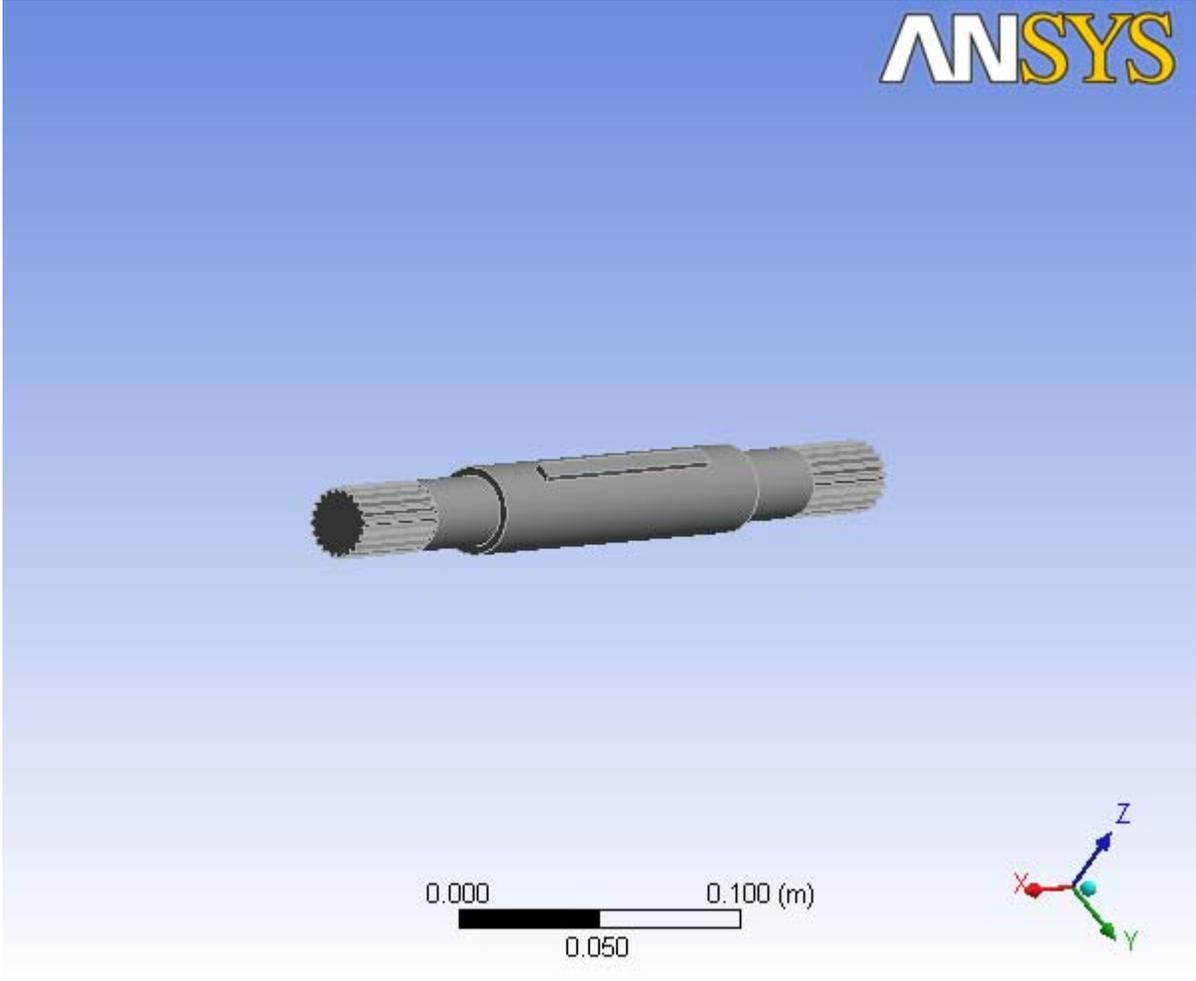
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 91. Factor de seguridad eje conductor



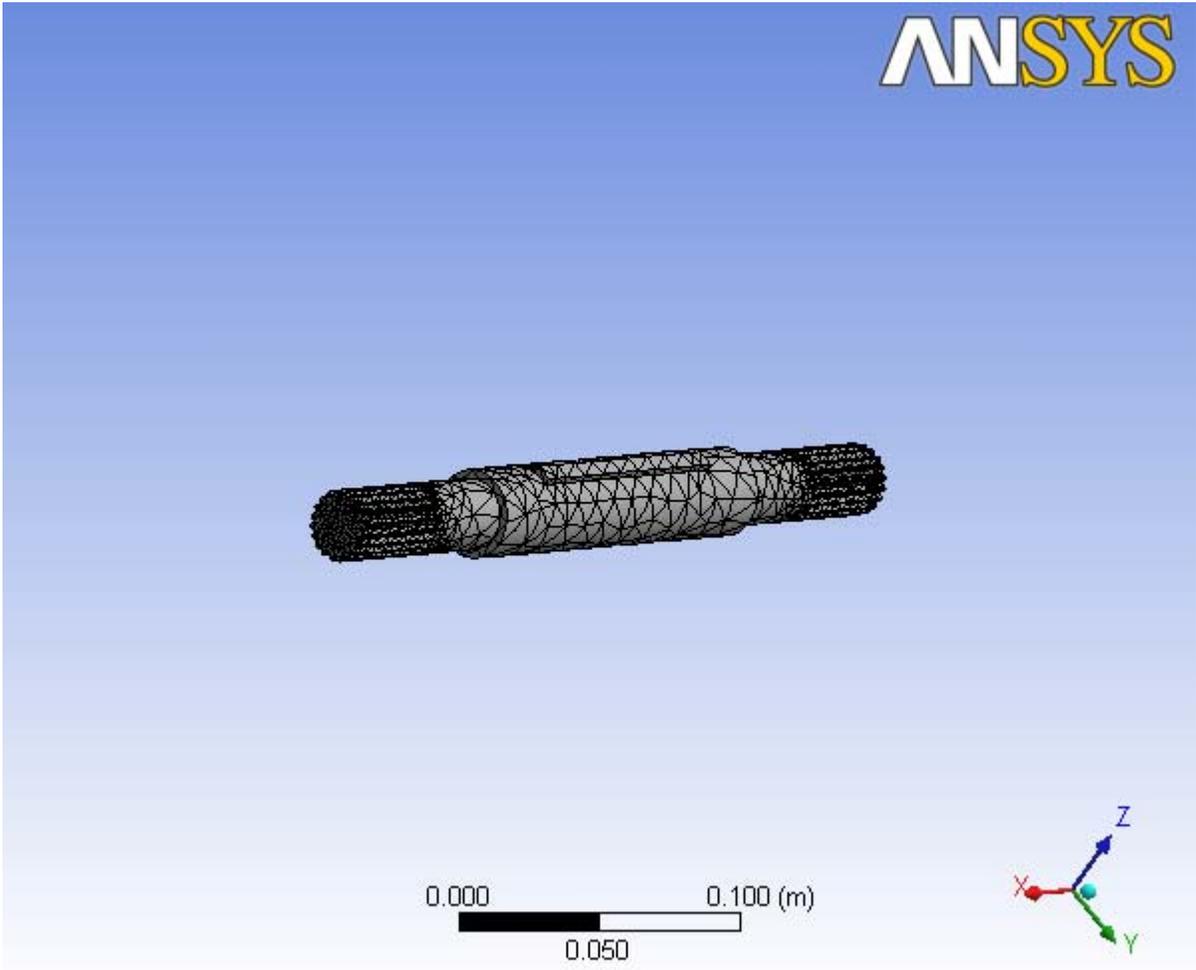
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 92. Eje conducido exportado a ANSYS



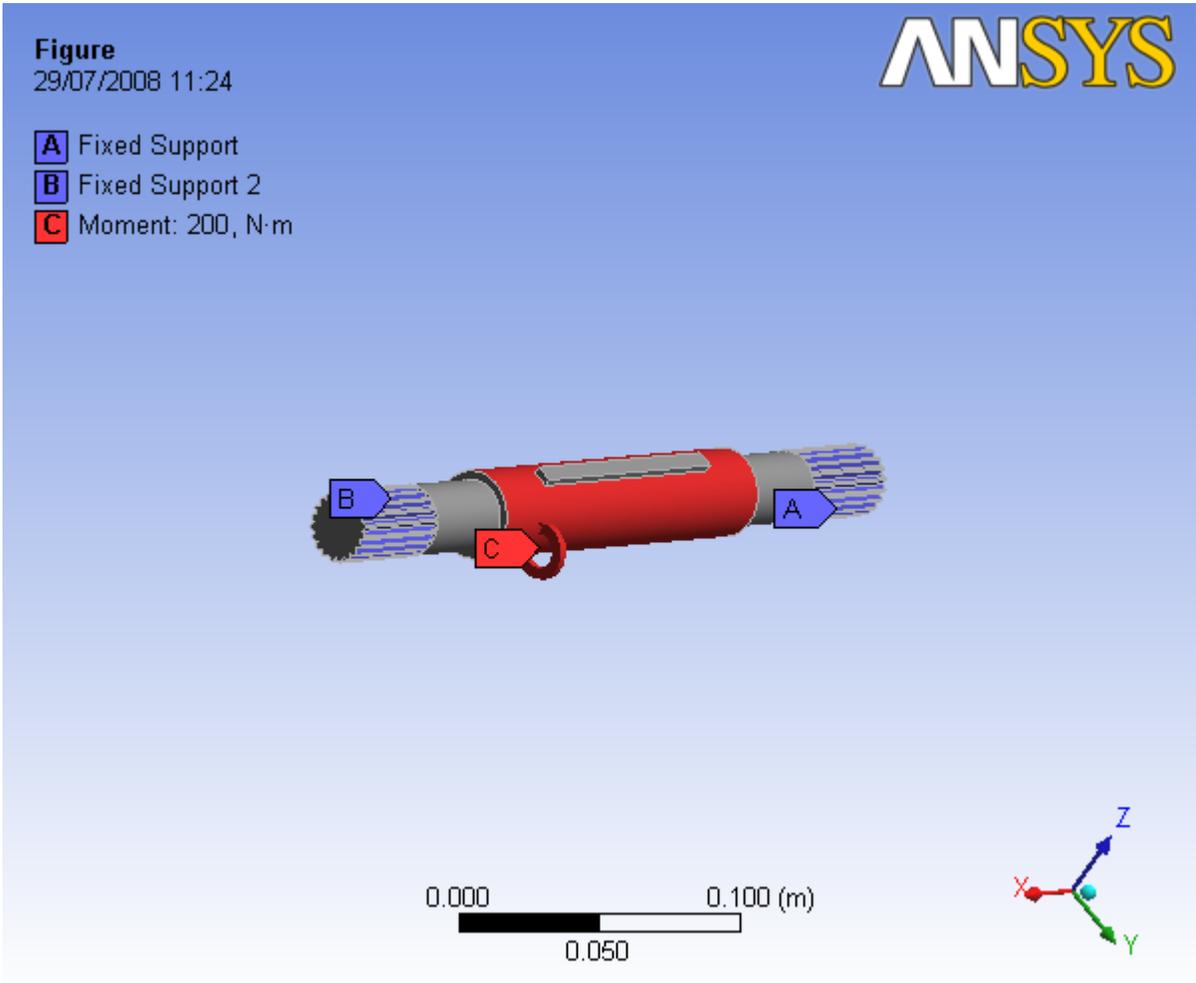
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 93. Enmallado eje conducido



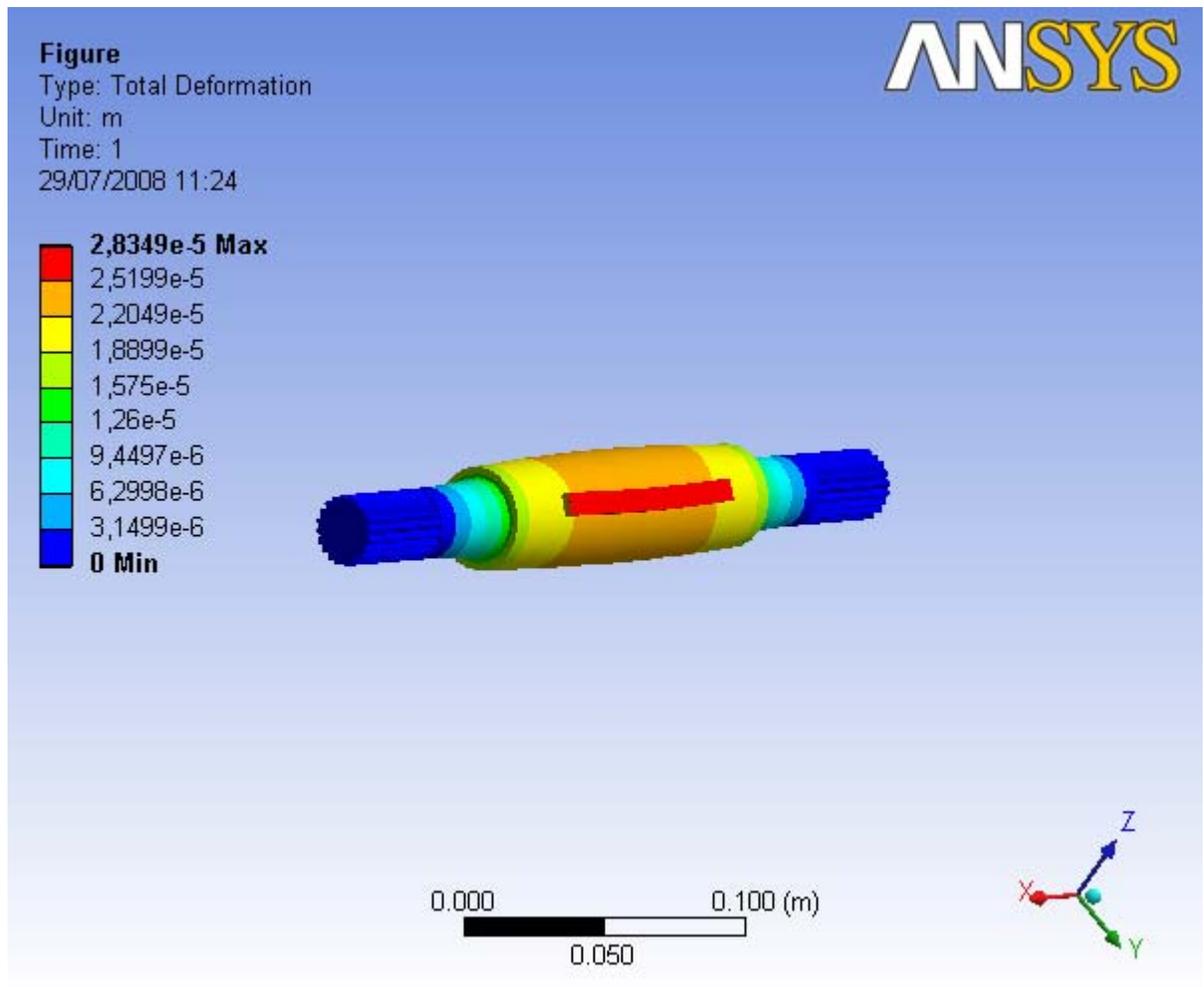
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 94. Cargas aplicadas al eje conducido



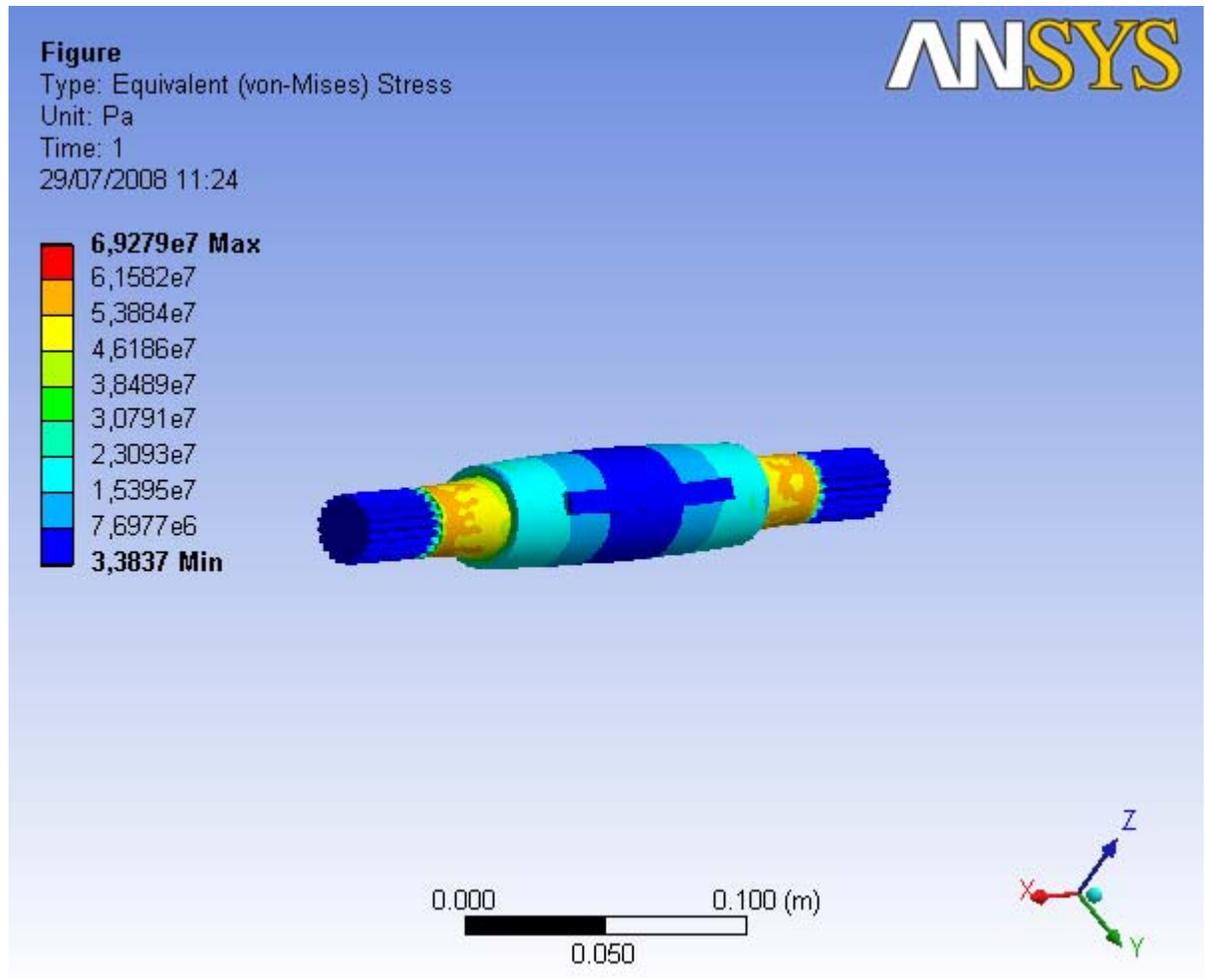
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 95. Deformación total eje conducido



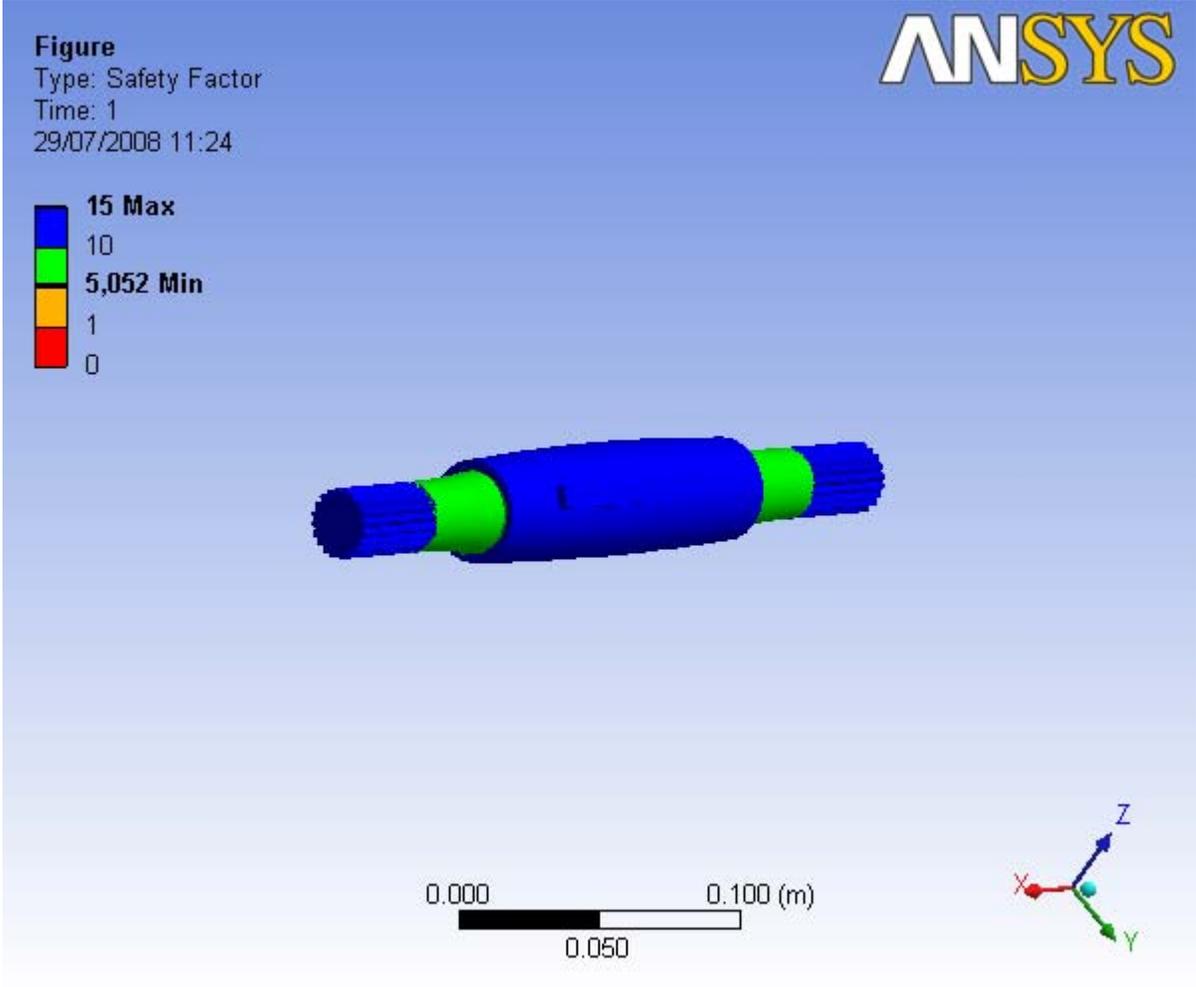
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 96. Esfuerzos equivalente de von-Mises eje conducido



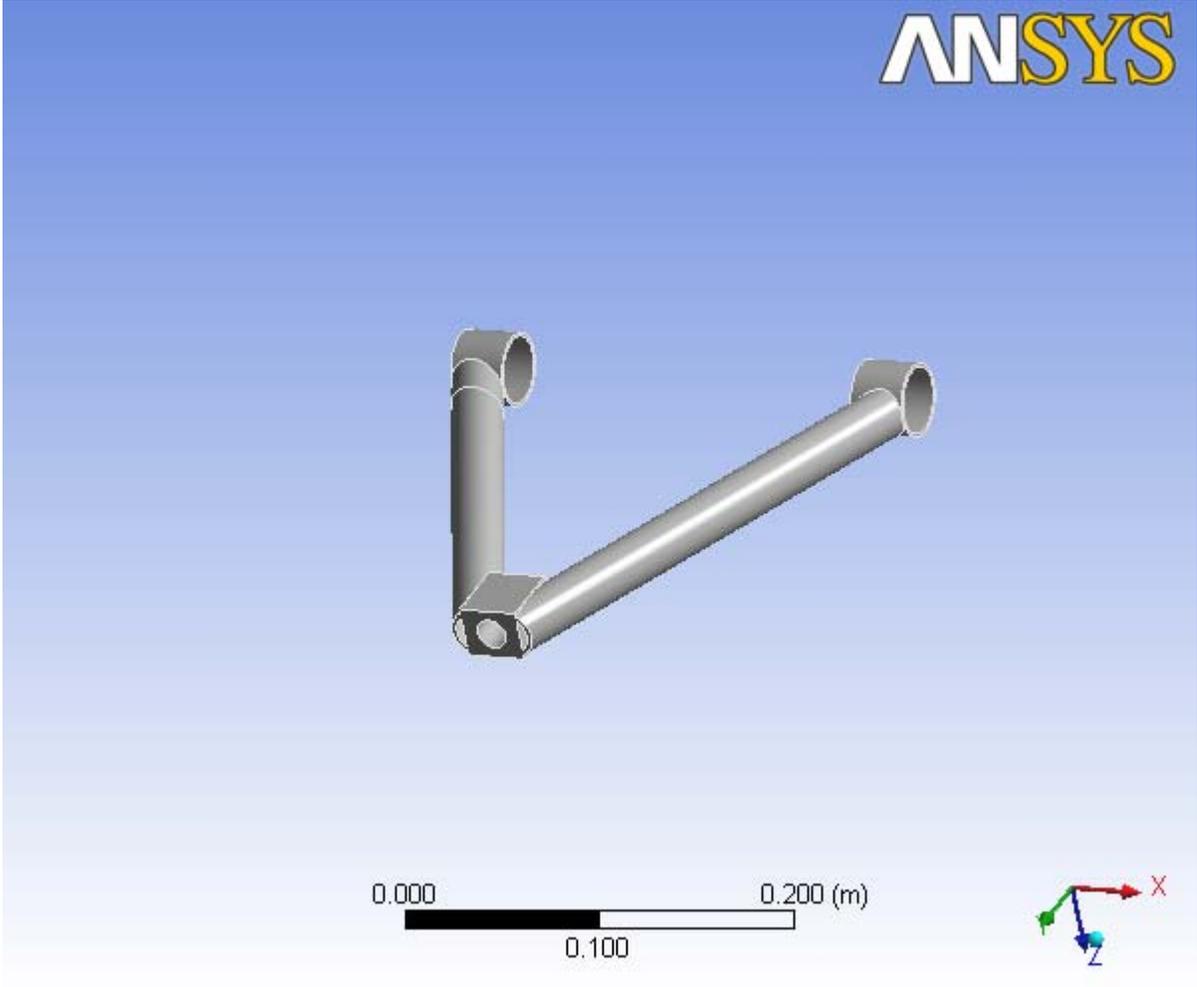
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 97. Factor de seguridad eje conducido



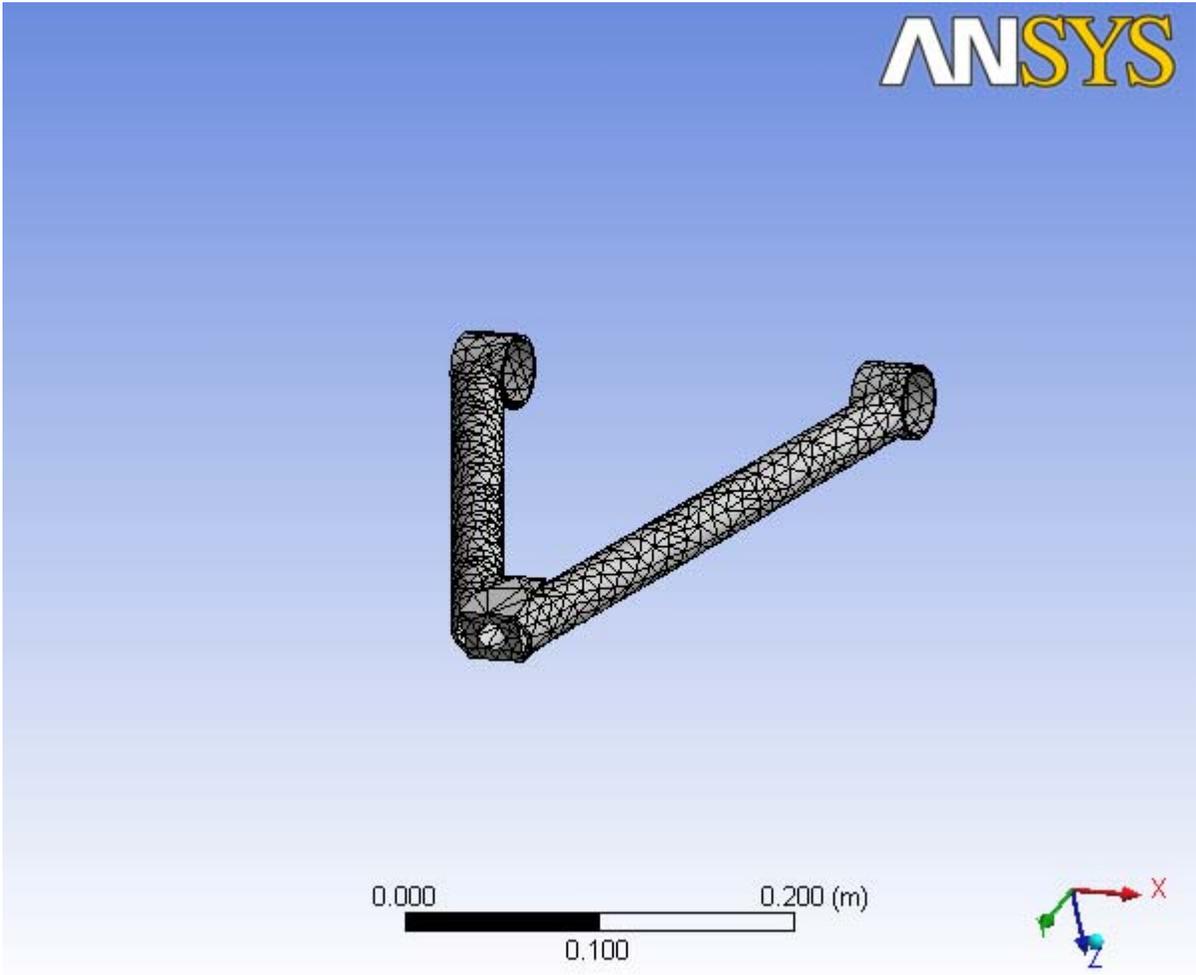
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 98. Tijera delantera exportada a ANSYS



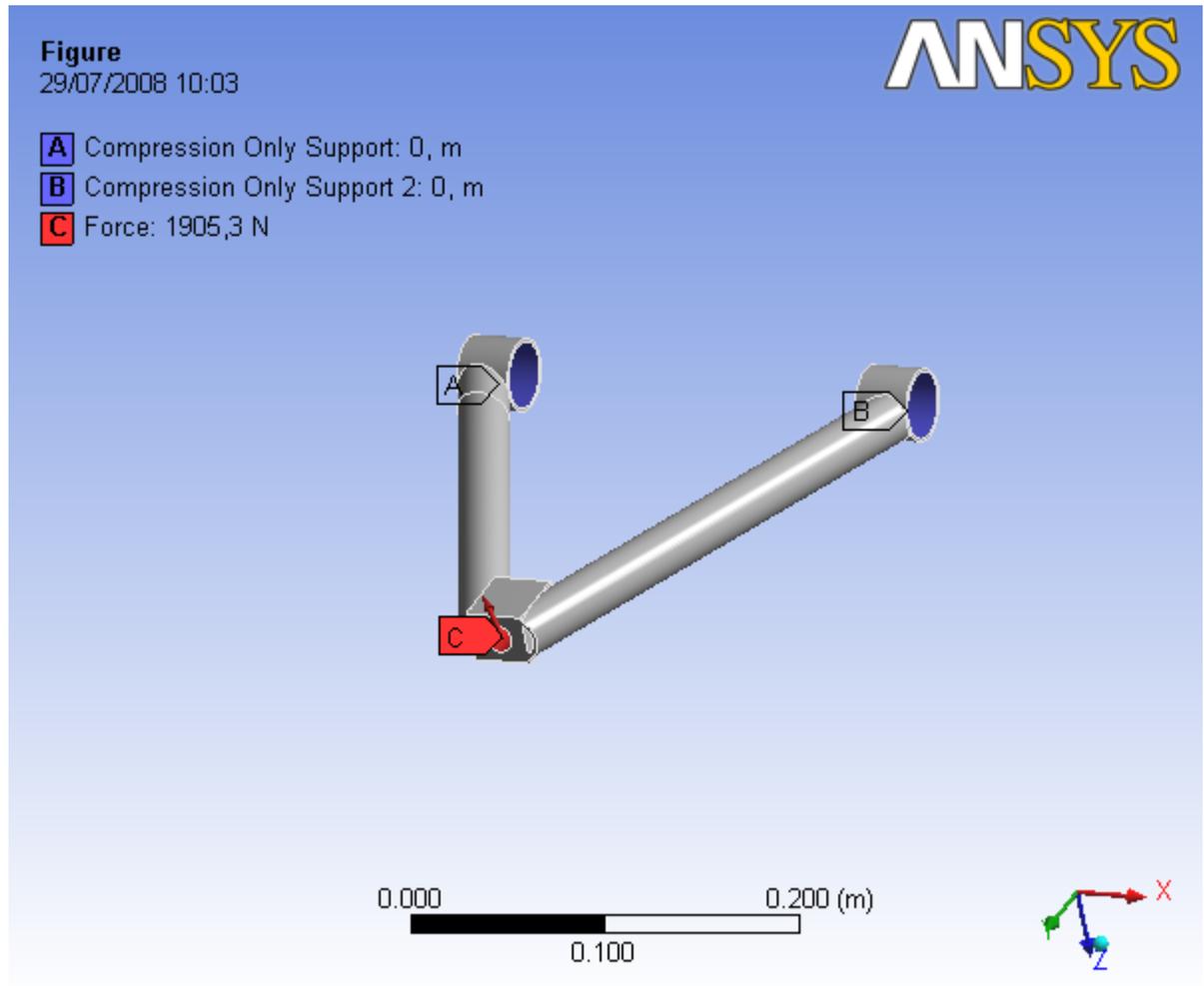
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 99. Enmallado tijera delantera



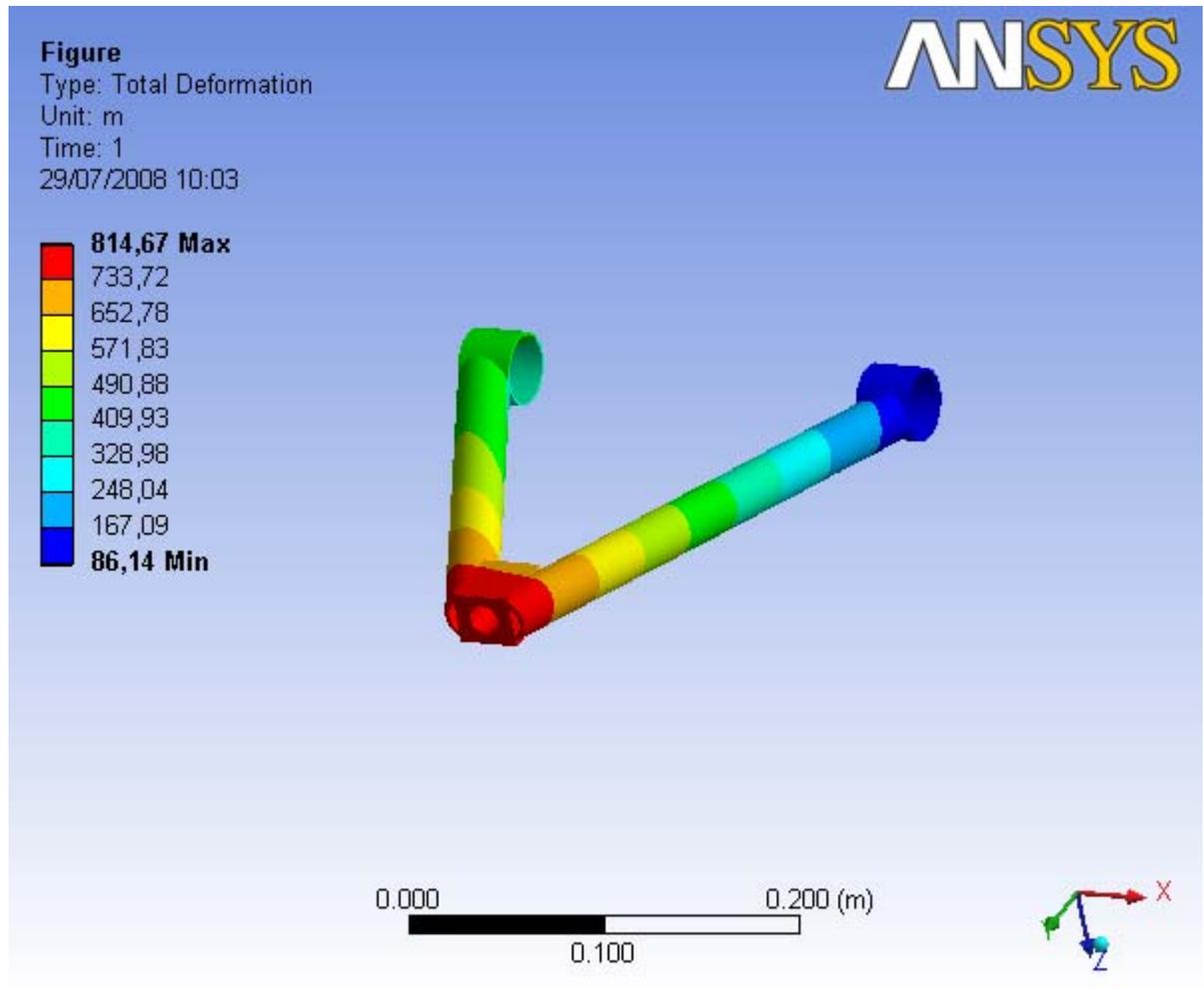
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 100. Cargas aplicadas a la tijera delantera



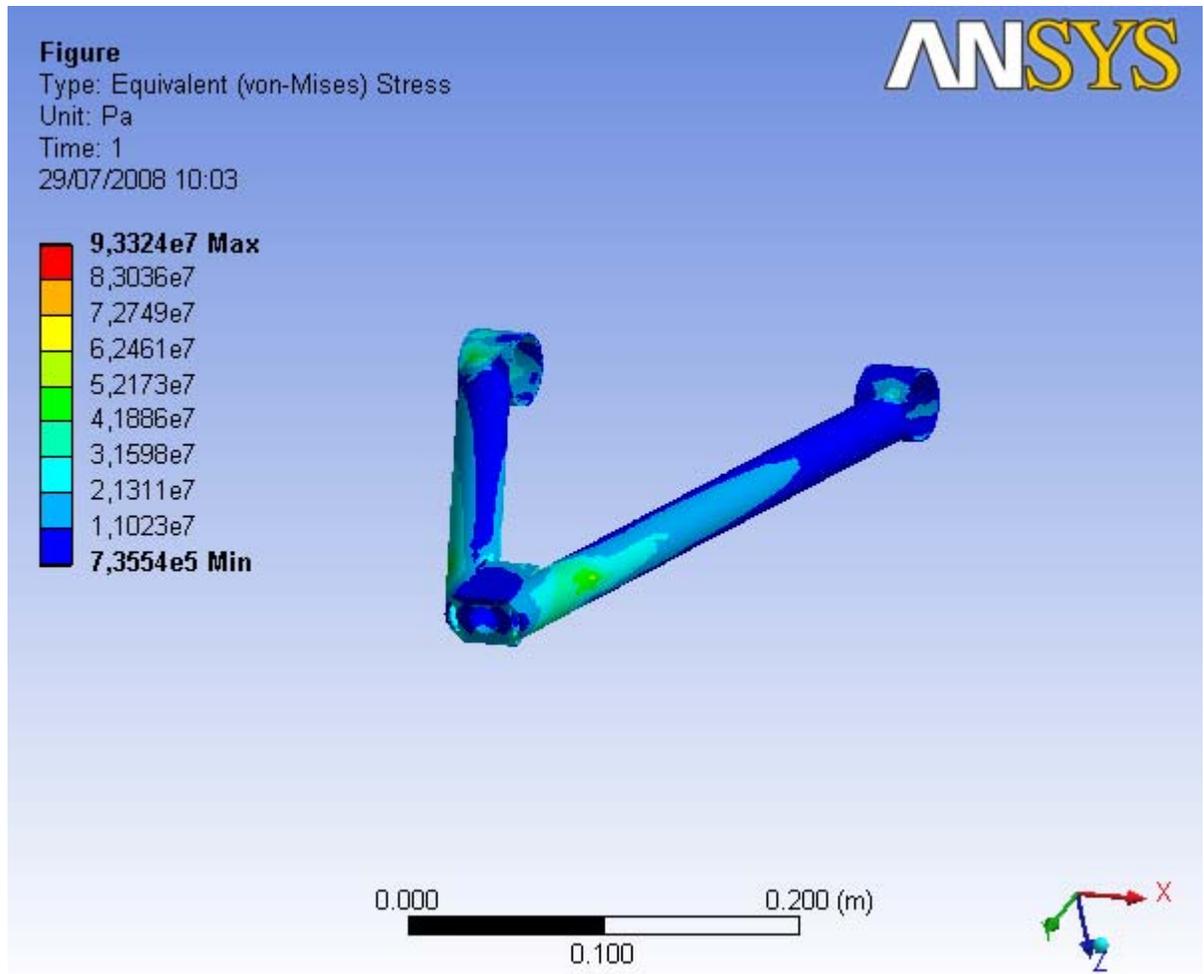
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 101. Deformación total tijera delantera



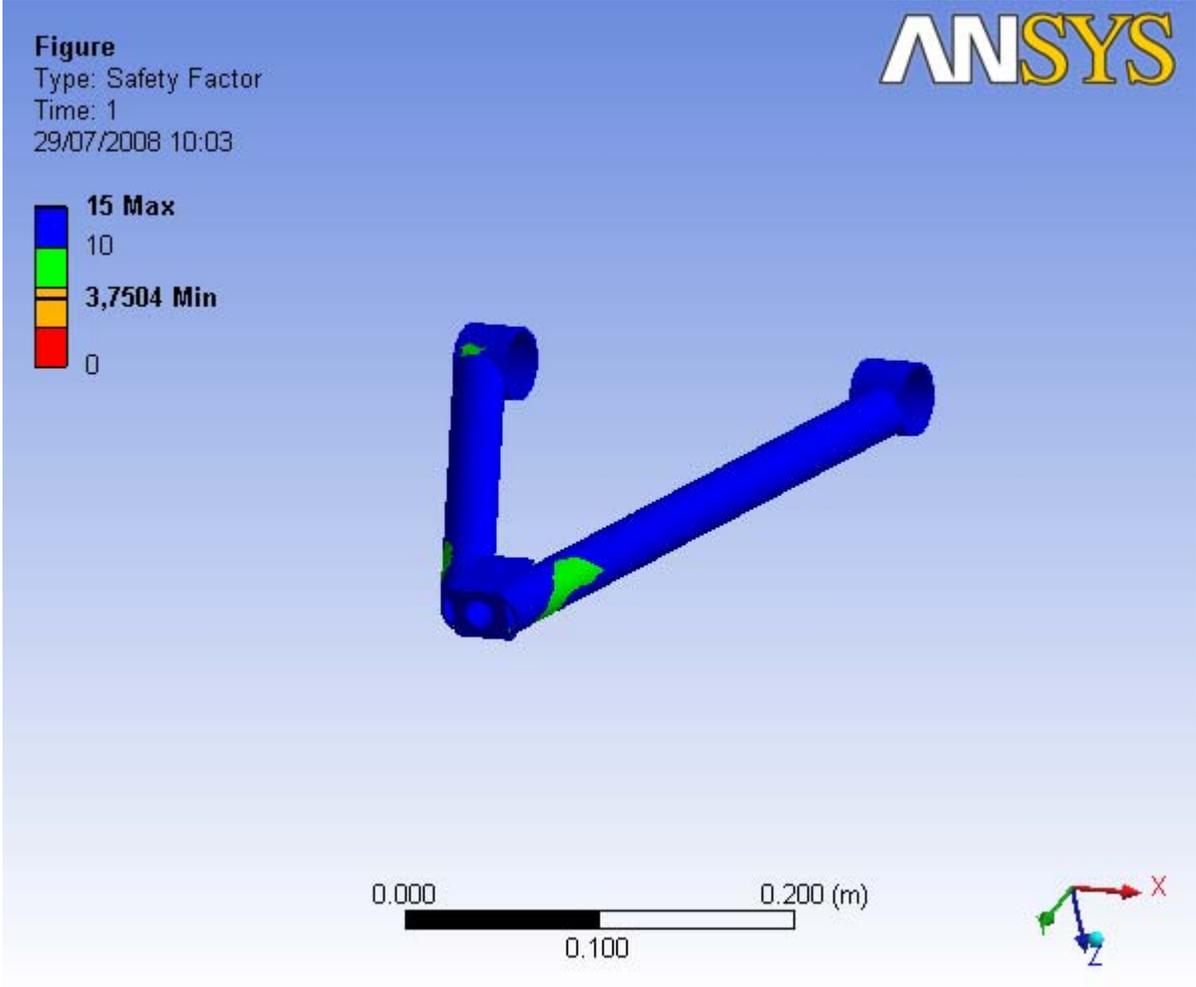
CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 102. Esfuerzos equivalente de von-Mises tijera delantera



CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

Figura 103. Factor de seguridad tijera delantera



CALDERON, Christian, Ortiz, Juan, PATIÑO, Carlos, RODRIGUEZ, Oscar

ANEXO D. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Tabla 39. Propiedades acero AISI 1020

Density	<u>7.87</u> g/cc	<u>0.284</u> lb/in ³	
Hardness, Brinell	121	121	
Hardness, Knoop	140	140	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Rockwell B	68.0	68.0	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Vickers	126	126	Converted from Brinell hardness.
Tensile Strength, Ultimate	<u>420</u> MPa	<u>60900</u> psi	
Tensile Strength, Yield	<u>350</u> MPa	<u>50800</u> psi	
Elongation at Break	15.0 %	15.0 %	In 50 mm
Reduction of Area	40.0 %	40.0 %	
Modulus of Elasticity	<u>205</u> GPa	<u>29700</u> ksi	Typical for steel
Bulk Modulus	<u>140</u> GPa	<u>20300</u> ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.290	0.290	
Machinability	65.0 %	65.0 %	Based on AISI 1212 steel. as 100% machinability
Shear Modulus	<u>80.0</u> GPa	<u>11600</u> ksi	Typical for steel
Electrical Resistivity	<u>0.0000159</u> ohm-cm <u>0.0000219</u> ohm-cm @Temperature 100 °C <u>0.0000292</u> ohm-cm @Temperature 200 °C	<u>0.0000159</u> ohm-cm <u>0.0000219</u> ohm-cm @Temperature 212 °F <u>0.0000292</u> ohm-cm @Temperature 392 °F	condition unknown; 0°C (32°F) condition unknown condition unknown
CTE, linear	<u>11.7</u> µm/m-°C @Temperature 0.000 - 100 °C <u>12.8</u> µm/m-°C @Temperature 0.000 - 300 °C <u>13.9</u> µm/m-°C @Temperature 0.000 - 500 °C	<u>6.50</u> µin/in-°F @Temperature 32.0 - 212 °F <u>7.11</u> µin/in-°F @Temperature 32.0 - 572 °F <u>7.72</u> µin/in-°F @Temperature 32.0 - 932 °F	
Specific Heat Capacity	<u>0.486</u> J/g-°C <u>0.519</u> J/g-°C @Temperature 150 - 200 °C <u>0.599</u> J/g-°C 1,3	<u>0.116</u> BTU/lb-°F <u>0.124</u> BTU/lb-°F @Temperature 302 - 392 °F <u>0.143</u> BTU/lb-°F	condition unknown; 50-100°C (122- 212°F)

Thermal Conductivity @Temperature 350 - 400 °C @Temperature 662 - 752 °F
51.9 W/m-K 360 BTU-in/hr-ft²-°F Typical steel

Carbon, C	0.170 - 0.230 %	0.170 - 0.230 %
Iron, Fe	99.08 - 99.53 %	99.08 - 99.53 %
Manganese, Mn	0.300 - 0.600 %	0.300 - 0.600 %
Phosphorous, P	<= 0.0400 %	<= 0.0400 %
Sulfur, S	<= 0.0500 %	<= 0.0500 %

Tomado de: <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=10b74ebc27344380ab16b1b69f1cffbb>

Tabla 40. Propiedades acero AISI 1018

Density	<u>7.87</u> g/cc	<u>0.284</u> lb/in ³	Typical for steel
Hardness, Brinell	116	116	
Hardness, Knoop	135	135	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Rockwell B	66.0	66.0	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Vickers	120	120	Converted from Brinell hardness.
Tensile Strength, Ultimate	<u>400</u> MPa	<u>58000</u> psi	
Tensile Strength, Yield	<u>220</u> MPa	<u>31900</u> psi	
Elongation at Break	25.0 %	25.0 %	in 50 mm
Reduction of Area	50.0 %	50.0 %	
Modulus of Elasticity	<u>200</u> GPa	<u>29000</u> ksi	Typical for steel
Bulk Modulus	<u>140</u> GPa	<u>20300</u> ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.290	0.290	Typical For Steel
Shear Modulus	<u>80.0</u> GPa	<u>11600</u> ksi	Typical for steel
Electrical Resistivity	<u>0.0000159</u> ohm-cm <u>0.0000219</u> ohm-cm @Temperature 100 °C <u>0.0000293</u> ohm-cm @Temperature 200 °C	<u>0.0000159</u> ohm-cm <u>0.0000219</u> ohm-cm @Temperature 212 °F <u>0.0000293</u> ohm-cm @Temperature 392 °F	annealed condition; 0°C (32°F) annealed condition annealed condition
CTE, linear	<u>11.5</u> µm/m-°C @Temperature 20.0 °C	<u>6.39</u> µin/in-°F @Temperature 68.0 °F	Typical steel

	<u>12.2</u> $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$	<u>6.78</u> $\mu\text{in}/\text{in}\cdot^\circ\text{F}$	Typical for steel
	@Temperature 0.000 - 300 $^\circ\text{C}$	@Temperature 32.0 - 572 $^\circ\text{F}$	
	<u>13.9</u> $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$	<u>7.72</u> $\mu\text{in}/\text{in}\cdot^\circ\text{F}$	Typical for steel
	@Temperature 0.000 - 500 $^\circ\text{C}$	@Temperature 32.0 - 932 $^\circ\text{F}$	
	<u>14.7</u> $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$	<u>8.17</u> $\mu\text{in}/\text{in}\cdot^\circ\text{F}$	Typical steel
	@Temperature 1000 $^\circ\text{C}$	@Temperature 1830 $^\circ\text{F}$	
Specific Heat Capacity	<u>0.486</u> $\text{J}/\text{g}\cdot^\circ\text{C}$	<u>0.116</u> $\text{BTU}/\text{lb}\cdot^\circ\text{F}$	annealed; 50-100 $^\circ\text{C}$ (122-212 $^\circ\text{F}$)
Thermal Conductivity	<u>51.9</u> $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$	<u>360</u> $\text{BTU}\cdot\text{in}/\text{hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}$	Typical steel

Carbon, C	0.140 - 0.200 %	0.140 - 0.200 %
Iron, Fe	98.81 - 99.26 %	98.81 - 99.26 %
Manganese, Mn	0.600 - 0.900 %	0.600 - 0.900 %
Phosphorous, P	<= 0.0400 %	<= 0.0400 %
Sulfur, S	<= 0.0500 %	<= 0.0500 %

Tomado de: <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=e589db903f884e619e18888723fa0ebd>

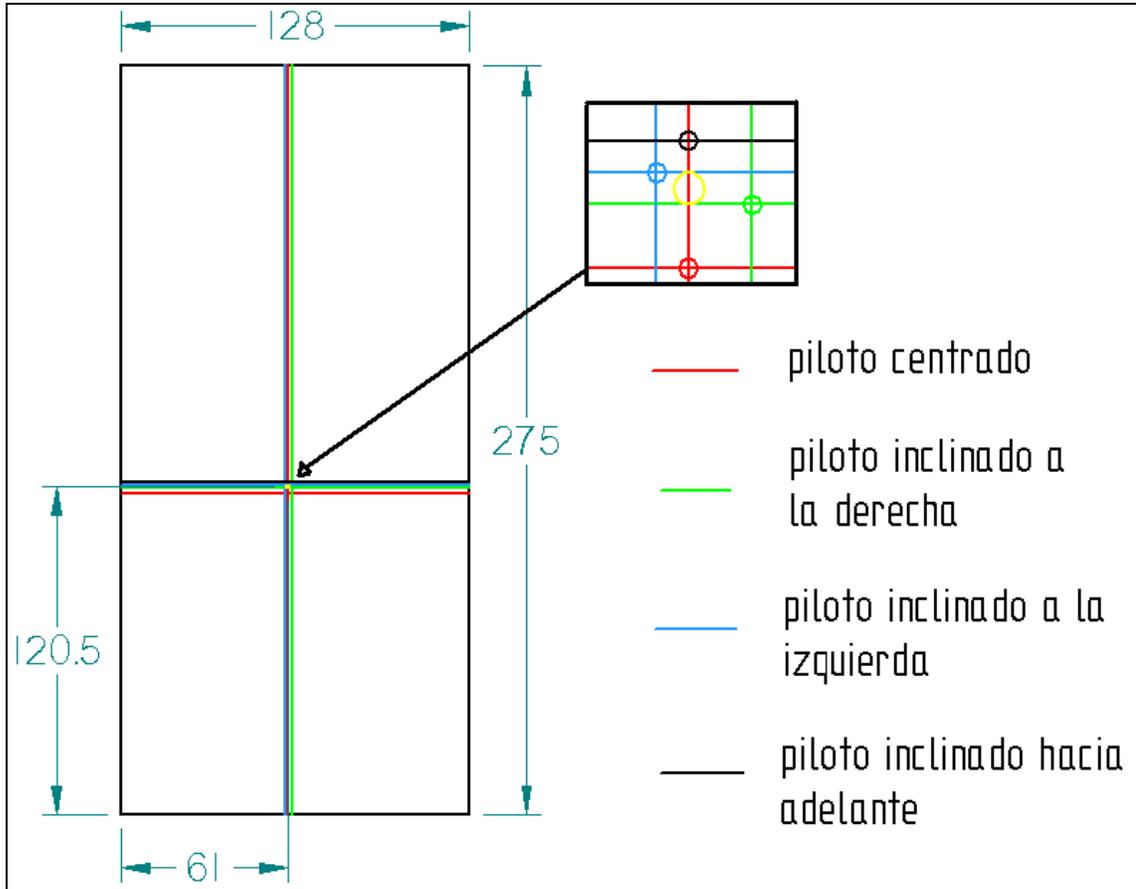
Tabla 41. Propiedades acero AISI 4130.

Density	<u>7.85</u> g/cc	<u>0.284</u> lb/in^3	
Hardness, Brinell	321	321	
Hardness, Knoop	348	348	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Rockwell B	99.0	99.0	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Rockwell C	35.0	35.0	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Vickers	339	339	Converted from Brinell hardness.
Tensile Strength, Ultimate	<u>1110</u> MPa	<u>161000</u> psi	
Tensile Strength, Yield	<u>951</u> MPa	<u>138000</u> psi	
Elongation at Break	14.7 %	14.7 %	in 50 mm
Reduction of Area	54.5 %	54.5 %	
Modulus of Elasticity	<u>205</u> GPa	<u>29700</u> ksi	Typical for steel
Bulk Modulus	<u>140</u> GPa	<u>20300</u> ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.290	0.290	Calculated
Machinability	70.0 %	70.0 %	annealed and cold drawn. Based on 100% machinability for AISI 1212 steel.
Shear Modulus	<u>80.0</u> GPa	<u>11600</u> ksi	Typical for steel

Electrical Resistivity	<u>0.0000223</u> ohm-cm <u>0.0000271</u> ohm-cm @Temperature 100 °C <u>0.0000342</u> ohm-cm @Temperature 200 °C <u>0.0000529</u> ohm-cm @Temperature 400 °C <u>0.0000786</u> ohm-cm @Temperature 600 °C <u>0.0001103</u> ohm-cm @Temperature 800 °C <u>0.0001171</u> ohm-cm @Temperature 1000 °C <u>0.0001222</u> ohm-cm @Temperature 1200 °C	<u>0.0000223</u> ohm-cm <u>0.0000271</u> ohm-cm @Temperature 212 °F <u>0.0000342</u> ohm-cm @Temperature 392 °F <u>0.0000529</u> ohm-cm @Temperature 752 °F <u>0.0000786</u> ohm-cm @Temperature 1110 °F <u>0.0001103</u> ohm-cm @Temperature 1470 °F <u>0.0001171</u> ohm-cm @Temperature 1830 °F <u>0.0001222</u> ohm-cm @Temperature 2190 °F	specimen hardened and tempered; 20°C (68°F) specimen hardened and tempered specimen hardened and tempered
Specific Heat Capacity	<u>0.477</u> J/g-°C <u>0.523</u> J/g-°C @Temperature 150 - 200 °C <u>0.837</u> J/g-°C @Temperature 750 - 800 °C	<u>0.114</u> BTU/lb-°F <u>0.125</u> BTU/lb-°F @Temperature 302 - 392 °F <u>0.200</u> BTU/lb-°F @Temperature 1380 - 1470 °F	50-100°C
Thermal Conductivity	<u>30.1</u> W/m-K @Temperature 1200 °C <u>40.7</u> W/m-K @Temperature 300 °C <u>42.7</u> W/m-K	<u>209</u> BTU-in/hr-ft ² -°F @Temperature 2190 °F <u>282</u> BTU-in/hr-ft ² -°F @Temperature 572 °F <u>296</u> BTU-in/hr-ft ² -°F	100°C
Carbon, C	0.280 - 0.330 %	0.280 - 0.330 %	
Chromium, Cr	0.800 - 1.10 %	0.800 - 1.10 %	
Iron, Fe	97.3 - 98.22 %	97.3 - 98.22 %	
Manganese, Mn	0.400 - 0.600 %	0.400 - 0.600 %	
Molybdenum, Mo	0.150 - 0.250 %	0.150 - 0.250 %	
Phosphorous, P	<= 0.0350 %	<= 0.0350 %	
Silicon, Si	0.150 - 0.350 %	0.150 - 0.350 %	
Sulfur, S	<= 0.0400 %	<= 0.0400 %	
Tomado de:	http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=722e053100354c02a6d450d5d7646d82		

ANEXO E. CENTRO DE GRAVEDAD

Figura 104. Análisis de centros de gravedad con diferentes posiciones del piloto



CALDERON, Christian, ORTIZ, Juan, PATIÑO, Carlos y RODRIGUEZ, Oscar.

ANEXO F. PRACTICA DE LABORATORIO

1. OBJETIVOS

- Identificar los diferentes sistemas que componen un vehículo mini baja.
- El alumno se familiarizará con los procesos de armado y desarmado del vehículo identificando la importancia y correcta ubicación de cada componente.

2. MARCO TEORICO

Un vehículo de cualquier tipo comprende una serie de sistemas necesario para su funcionamiento, siendo los más importantes:

- Sistema de transmisión
- Sistema de suspensión
- Sistema de frenos
- Sistema de dirección

Cada sistema cumple una función específica dentro del vehículo.

Sistema de transmisión: Es el conjunto de componentes utilizados para transmitir el movimiento y la potencia generada por el motor a las ruedas.

Sistema de suspensión: Este sistema se encarga de brindar comodidad al momento de conducir el vehículo sobre terrenos irregulares, aportándole también estabilidad en las curvas.

Sistema de frenos: Este sistema se utiliza para disminuir la velocidad del vehículo o detenerlo por completo.

Sistema de dirección: Su función es controlar los movimientos del vehículo.

Se puede encontrar una amplia gama de opciones para cumplir el objetivo de cada sistema, por lo que para cada vehículo se debe hacer una adecuada selección de sus componentes, de acuerdo a sus requerimientos.

SISTEMA	COMPONENTES	FUNCIÓN

Proceso desmonte de cada uno de los sistemas.

Es importante que el vehículo esté elevado, es decir, que ninguna de sus ruedas se encuentre sobre el suelo donde se va a desarmar.

Sistema de suspensión.

- Soltar las tuercas que sujetan cada una de las ruedas y retirarlas.
- Soltar los tornillos que sujetan los amortiguadores y retirarlos.
- Soltar los tornillos que sujetan las tijeras y retirarlas.

Sistema de transmisión:

- Se retiran los ejes homocinéticos, esto se logra simplemente halándolos.
- Soltar los tornillos prisioneros de las chumaceras, para liberarlas de los ejes.

- Soltar los tornillos que fijan las chumaceras del eje de la catarina a las láminas de soportes.
- Al estar suelto este eje se puede proceder a retirar la cadena y finalmente retirar el eje.
- Soltar los tornillos que sujetan las chumaceras del eje del piñón, una vez hecho esto retiramos la correa de la CVT.

Sistema de dirección:

- Soltar los tornillos terminales de las esféricas.
- Soltar los tornillos que unen la botella de dirección al soporte.
- Soltar el tornillo de la punta inferior de la junta universal y retirar la junta, del eje de la botella de dirección.
- Retirar la botella junto con los brazos de dirección.
- Para retirar el árbol de dirección, se suelta el tornillo del extremo superior de la junta universal y se procede a retirarla.
- Si se desea desmontar el eje que une el volante con la junta universal se debe tener en cuenta que el eje entra a presión en los rodamientos y se le aplico fija rodamientos, así que cuando se vuelva a instalar se le debe aplicar de nuevo este componente.

Sistema de frenos:

Importante: No soltar ningún tornillo de las mangueras de los frenos si no se tiene conocimientos de cómo realizar la purga y puesta a punto de los mismos.