

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN
VEHICULO UTILITARIO TODOTERRENO

JHON ALEXANDER BLANDON RINCON
JUAN PABLO RICO MORA

Asesor principal
Jaime Leonardo Barbosa Pérez
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE MECANICA
MEDELLIN
2007

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN
VEHICULO UTILITARIO TODOTERRENO

JHON ALEXANDER BLANDON RINCON
JUAN PABLO RICO MORA

Proyecto de grado
como parte de los requerimientos para optar por el título de
Ingeniero Mecánico

Asesor principal
Jaime Leonardo Barbosa Pérez
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE MECANICA
MEDELLIN
2007

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, principalmente nuestros padres que siempre nos han apoyado y han querido lo mejor para nuestras vidas.

A nuestro asesor, Ingeniero Jaime Leonardo Barbosa Pérez.

También, expresamos nuestro más sincero agradecimiento a las siguientes empresas y personas:

Athempo

Autolarte

Eduardoño

Joyería Zafarely

Metrofrenos

Rimoplásticas S.A.

Universidad EAFIT

Andrés Mauricio Alzate Restrepo

Daniel Vélez

Hernán Muñoz

Néstor Ramírez

Auteco

Autosura

Estrada Velásquez y Cia Ltda.

Macrollantas Las Vegas

Rintec

Tiros y Remolques

Carlos Rodríguez

David Ríos Zapata

Jairo Velásquez

Patricia Vallejo López

Y a todos aquellos que con su paciencia y apoyo nos ayudaron con este proyecto.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCION	12
1. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GENERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
2.2.1 Objetivo 1.....	14
2.2.2 Objetivo 2.....	14
2.2.3 Objetivo 3.....	14
2.2.4 Objetivo 4.....	14
2.2.5 Objetivo 5.....	15
2.2.6 Objetivo 6.....	15
3. ALCANCE DEL PROYECTO	16
4. IMPORTANCIA DEL PROBLEMA DENTRO DE LA CARRERA	17
5. ESTADO DEL ARTE.....	18
5.1 DISEÑO DE MAQUINAS	18
5.1.1 ¿En que consiste el diseño de maquinas?	19
5.1.2 ¿Que incluye el diseño de maquinas?	20
5.2 VEHICULOS TODOTERRENO	21
5.2.1 Chasis.....	22
5.2.2 Motor.....	23
5.2.3 Suspensión	23
5.2.4 Frenos.....	24
5.2.5 Materiales	25

5.2.6 Llantas	26
5.3 EL PORQUE DE LOS VEHICULOS 4x4 o 4WD.....	26
5.3.1 Tipos de 4WD	27
5.3.2 Cualidades	29
6. METODOLOGIA DE DISEÑO.....	31
6.1 Primera fase: Prediseño	31
6.2 Segunda fase: Patrocinio	32
6.3 Tercera fase: Diseño.....	32
6.4 Cuarta fase: Construcción.....	32
7. FASE CONCEPTUAL	34
7.1 FUNCION PRINCIPAL.....	34
7.2 ESTRUCTURA FUNCIONAL.....	35
7.3 FLUJOS DE FUERZAS.....	37
7.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	37
7.5 REQUISITOS Y CARACTERÍSTICAS.....	39
7.6 FORMA Y TAMAÑO	40
7.7 RELACIÓN ARTEFACTO – HOMBRE – AMBIENTE	40
8. DATOS DE LAS PIEZAS MECANICAS UTILIZADAS	42
8.1 MOTOR Y CAJA	42
8.2 DIFERENCIALES DE VITARA.....	45
8.3 SUSPENSION	46
8.4 RELACIÓN DE VELOCIDADES Y RPM.....	47
8.4.1 RPM.....	47
8.4.2 Velocidades	48
9. CALCULOS DEL CHASIS	50
9.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	50
9.2 METODOLOGÍA	50
9.2.1 Modelación Geométrica	50
9.2.2 Propiedades del Material	53

9.2.3 Tipo de elemento seleccionado	55
9.3 CÁLCULO ESTÁTICO	57
9.3.1 Definición de fuerzas	57
9.3.2 Condiciones de Frontera.....	59
9.3.3 Resultados del caso estático	59
9.4 CÁLCULO DINÁMICO	61
9.4.1 Definición de fuerzas y condiciones de frontera.....	61
9.4.2 Resultados del caso dinámico	67
9.5 MÁXIMA CARGA A HALAR.....	69
9.5.1 Resultados.....	70
10. CÁLCULO DE LA FUERZA DE ARRASTRE MAXIMA.....	75
10.1 TORQUE EN EL EJE DE LA RUEDA.....	75
10.2 FUERZA MÁXIMA PERMISIBLE	77
11. CALCULO PLATINA PARA BOLA DEL REMOLQUE	79
11.1 CALCULO DE LA PLATINA POR CORTANTE	79
11.2 CALCULO DE LA PLATINA POR APLASTAMIENTO	80
12. PRESUPUESTO.....	81
13. CRONOGRAMA	83
13.1 FASE UNO.....	83
13.2 FASE DOS.....	83
14. INCONVENIENTES PRESENTADOS DURANTE EL PROYECTO	87
15. CONCLUSIONES	88
16. RECOMENDACIONES.....	89
17. ANEXOS	90
BIBLIOGRAFIA.....	96

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tabla de requisitos y características esperadas.	39
Tabla 2. Tipo de motor utilizado.....	42
Tabla 3. Sistema de combustible.....	43
Tabla 4. Sistema de lubricación.....	43
Tabla 5. Sistema de refrigeración.....	43
Tabla 6. Embrague.....	43
Tabla 7. Caja de cambios.....	44
Tabla 8. Sistema de frenos.....	44
Tabla 9. Sistema eléctrico.....	45
Tabla 10. Equipamiento adicional.....	45
Tabla 11. Relación de engranajes de los diferenciales.....	46
Tabla 12. Datos amortiguadores.....	46
Tabla 13. Relación de RPM.....	47
Tabla 14. Relación final de RPM: Motor / Ejes.....	48
Tabla 15. Relación de velocidades.....	49
Tabla 16. Grupo de elementos.....	53
Tabla 17. Propiedades de la tubería seleccionada.....	54
Tabla 18. Costos.....	81
Tabla 19. Cronograma presupuestado.....	84
Tabla 20. Cronograma real.....	85
Tabla 21. Porcentaje de cumplimiento de objetivos.....	86

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Prototipo para la materia “Diseño de Máquinas I” en 2005-1.....	21
Figura 2. Chasis.....	23
Figura 3. Suspensión.....	24
Figura 4. Diseño de un mini-baja.....	25
Figura 5. Vehículo con 4WD permanente.....	28
Figura 6. Función principal.....	34
Figura 7. Flujo de fuerzas, materia y energía.....	35
Figura 8. Estructura funcional.....	36
Figura 9. Estructura organizacional.....	38
Figura 10. Nodos.....	54
Figura 11. Elementos.....	55
Figura 12. Características de los elementos BEAM4 de ANSYS.....	56
Figura 13. Condiciones de frontera para el caso estático.....	59
Figura 14. Cargas estáticas.....	60
Figura 15. Distribución de cargas del vehículo.....	62
Figura 16. Tijeras delanteras.....	65
Figura 17. Condiciones de frontera para el caso dinámico.....	67
Figura 18. Cargas dinámicas.....	68
Figura 19. Distribución de esfuerzos con una carga de 5.000Kg.....	70
Figura 20. Distribución de esfuerzos con una carga de 10.000Kg.....	71
Figura 21. Distribución de esfuerzos con una carga de 11.000Kg.....	72
Figura 22. Distribución de esfuerzos con una carga de 14.000Kg.....	73

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Diámetro de la llanta	49
Ecuación 2. Fuerza producida por el peso de los ocupantes en cada nodo	58
Ecuación 3. Fuerza producida por el peso del motor en cada nodo	58
Ecuación 4. Fuerza producida por el peso de la carga en cada nodo	58
Ecuación 5. Factor de seguridad en el caso estático.....	61
Ecuación 6. Distancia y tiempo de frenado.....	63
Ecuación 7. Masa total del vehículo.....	64
Ecuación 8. Fuerza de frenado.....	64
Ecuación 9. Fuerza de frenado delantera	64
Ecuación 10. Fuerza en cada nodo de la tijera delantera producida al frenar	65
Ecuación 11. Fuerza en cada nodo de la tijera trasera producida al frenar	66
Ecuación 12. Fuerza producida por el peso del remolque	66
Ecuación 13. Factor de seguridad en el caso dinámico.....	68
Ecuación 14. Factor de seguridad para una carga de 5.000Kg	71
Ecuación 15. Factor de seguridad para una carga de 10.000Kg.....	72
Ecuación 16. Factor de seguridad para una carga de 11.000Kg.....	73
Ecuación 17. Factor de seguridad para una carga de 14.000Kg.....	74
Ecuación 18. Torque de salida de una caja reductora.....	75
Ecuación 19. Torque producido en el eje de la rueda por el motor.....	76
Ecuación 20. Fuerza máxima permisible	77
Ecuación 21. Fuerza máxima de arrastre	77
Ecuación 22. Fuerza máxima permisible por el vehículo	78
Ecuación 23. Calculo platina remolque por cortante.....	79
Ecuación 24. Calculo platina remolque por aplastamiento	80

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Imagen chasis.....	90
Anexo 2. Imagen volco.....	91
Anexo 3. Imagen tijera superior trasera.....	92
Anexo 4. Imagen tijera superior delantera.....	92
Anexo 5. Vehículo terminado.....	93
Anexo 6. Plano general del chasis.....	95

INTRODUCCION

En el desarrollo del aprendizaje universitario se establece una metodología, que va de una formación básica hasta encaminarse por desarrollos más perfilados y de mayor complejidad. A este punto del recorrido, se logran conocimientos teóricos importantes, pero en pocas oportunidades se pueden aplicar y desarrollar dichos conocimientos sobre situaciones reales; por ésta razón, es de vital importancia invertir gran cantidad y calidad de tiempo y trabajo en este tipo de proyectos.

Partiendo de unos condicionamientos básicos se propone, y se estructura, el concepto de diseñar y construir un “vehículo multipropósito”; este proceso lleva una concepción desde el diseño conceptual, pasando por la visualización gráfica del artefacto que se construye y la aplicación de ciertos cálculos estáticos y dinámicos, de resistencia de materiales y cualquier otro que sea necesario para la buena estructuración y desarrollo de este. También, se tiene en cuenta las necesidades de los usuarios y el ciclo de vida que a este se le asigne; y desde luego, teniendo en cuenta su viabilidad económica. En la etapa de diseño, se tienen presentes estas necesidades y se adaptan en la etapa de construcción lo mas verosímilmente al vehículo para la comodidad de todos los usuarios.

El presente trabajo documenta todo lo relacionado con el diseño y la construcción de un vehículo multipropósito; comenzado con lo más elemental, las necesidades que plantea el usuario, hasta lograr entregar un modelo funcional que satisfaga las necesidades requeridas.

1. FORMULACION DEL PROBLEMA

Cuando se curso la materia “Diseño de Maquinas I”, en el semestre 2005-1, se propone reconstruir el buggy realizado como trabajo final, con el transcurso del tiempo se buscó apoyo de la empresa privada para este fin; con este apoyo definido, se decidió realizar el proyecto partiendo de cero y cambiando la idea de un vehículo utilitario monoplaza, como se había realizado en la materia, a un vehículo multipropósito biplaza con capacidad de servir como remolcador.

El diseño definitivo se realizo partiendo de componentes mecánicos donados por empresas privadas: motor y diferenciales (Autosura), amortiguadores (Auteco).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo, que se pretende cumplir, es construir un vehículo multipropósito, aplicando conceptos aprendidos durante la carrera.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

2.2.1 Objetivo 1. Definir los requisitos básicos necesarios para el buen desempeño y funcionamiento del vehículo.

2.2.2 Objetivo 2. Definir las dimensiones y componentes básicos del vehículo, basados en los bocetos realizados con antelación.

2.2.3 Objetivo 3. Realizar los cálculos necesarios para el buen funcionamiento del vehículo; teniendo en cuenta los factores de seguridad y de servicio.

2.2.4 Objetivo 4. Determinar los materiales y componentes que se utilizaran y la geometría de los mismos.

2.2.5 Objetivo 5. Recopilar, en forma de memorias, toda la información necesaria involucrada en el proceso de diseño y construcción del vehículo, así como sus conclusiones y recomendaciones de los principales resultados obtenidos para futuros trabajos.

2.2.6 Objetivo 6. Construir un modelo funcional que cumpla lo más fielmente posible con la función principal definida.

3. ALCANCE DEL PROYECTO

Al cumplir los objetivos propuestos anteriormente, se obtiene un prototipo funcional del vehículo; también, a manera de memoria, se entrega un documento escrito y en formato digital que incluye los cálculos de diseño, planos, fotos de construcción y todo lo que pueda ser relevante al proyecto.

A su vez, con este proyecto se busca a futuro la posibilidad de generar empresa para diseñar, construir y distribuir este tipo de vehículos localmente según las especificaciones de diseño planteadas por el usuario.

4. IMPORTANCIA DEL PROBLEMA DENTRO DE LA CARRERA

Con lo realizado anteriormente en la materia “Diseño de maquinas I” y lo aprendido en las demás materias a lo largo de la carrera; se propone, rediseñar un objeto de la vida real bajo un esquema innovador, sin descuidar parámetros que se tienen al respecto, como por ejemplo, el factor de seguridad.

Entre las asignaturas vistas en el transcurso de la carrera y que se pueden aplicar en el proyecto, tenemos: dibujo técnico, para hacer los planos; diseño conceptual, para realizar la estructura funcional del objeto; mecanismos, para analizar las funciones del objeto; estática, para determinar las fuerzas; dinámica, para encontrar las velocidades; mecánica de sólidos, para encontrar las dimensiones de los materiales a utilizar; materiales, para realizar la mejor elección de dicho material. También, hay otras materias que son útiles como: fundamentos de costos, las ciencias básicas, procesos de manufactura; y porque no, las humanidades, que ayudan a interactuar con todas las personas involucradas en este proyecto.

5. ESTADO DEL ARTE

5.1 DISEÑO DE MAQUINAS

Aunque el diseño en ingeniería trata en general de la concepción, desarrollo, refinamiento y aplicación de objetos de todas clases; el diseño mecánico, hace énfasis específico en el estudio de objetos propios del quehacer del ingeniero (máquinas, instrumentos, aparatos).

Desde el punto de vista de la ingeniería, la conceptualización y el diseño de objetos no tienen una respuesta correcta única. Por lo general, para dar solución a un problema específico, hay un número casi interminable de diseños aceptables, ninguno de los cuales puede considerarse una solución "única"; sin embargo, entre las respuestas "correctas", algunas son obviamente mejores que otras, debido a que reflejan un conocimiento más profundo de la tecnología, unos mejores conceptos de diseño y un uso más adecuado de la ingeniería moderna.

Los ingenieros modernos trabajan en el diseño y desarrollo de productos para una sociedad muy exigente en cuanto a calidad, costo y diseño de los productos. Para lograr satisfacer estas demandas es necesario, no solamente una fundamentación teórica, sino también poseer destrezas en el uso de herramientas que faciliten y optimicen el proceso de diseño. Esta es la razón por la cual el área de diseño mecánico se centra en el diseño de máquinas, instrumentos y aparatos, mediante la utilización de herramientas que permitan una reducción sustancial en los

tiempos de conceptualización, análisis y síntesis del proceso de diseño, buscando mejorar la calidad de los productos, y una reducción en el tiempo y costo de producción (@eafit, 2006).

Los principales criterios que permiten validar la necesidad de trabajar en el área de diseño son:

- El trabajo en el cual se involucran los ingenieros tiene que ver con "objetos", cuyas variables (formas, materiales, dimensiones, tolerancias, procesos de fabricación, etc.) implican una complejidad tal que es necesario un conocimiento muy profundo de las tendencias y las herramientas modernas de diseño.
- Existe la necesidad de abordar el diseño desde una óptica que sea el reflejo de una circunstancia actual: la obligatoriedad de conjugar apropiadamente el triángulo Costo vs. Calidad vs. Tiempo. Desde este punto de vista, las herramientas especializadas son un medio que permite el análisis de "objetos" de una mayor complejidad, con un incremento en la calidad esperada, en un plazo menor, y con una inversión económica menor.

5.1.1 ¿En que consiste el diseño de maquinas?

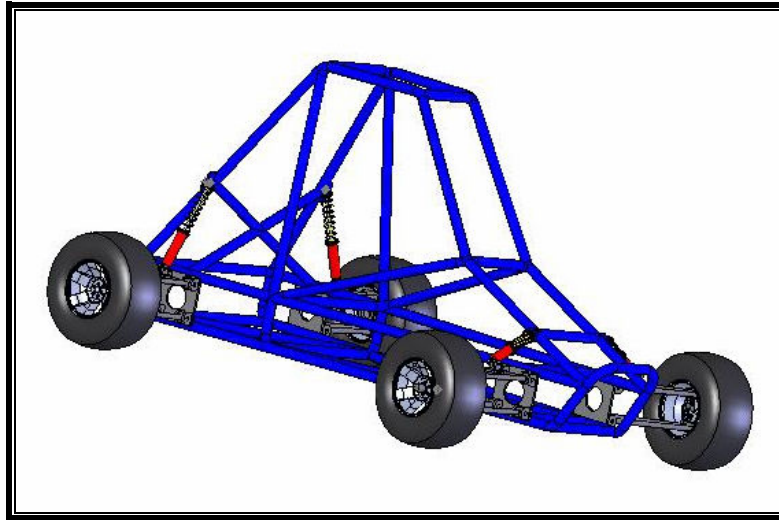
En él se diseñan maquinas dado que se da garantía a la transformación de un flujo de energía. Se calcula un objeto que conduzca, integre o divida, incremente o reduzca, modifique o almacene, un flujo principal de fuerzas o de energía derivadas de un flujo de fuerza. El trabajo se centra en la fase de conformación o corporificación de un sistema técnico y hace énfasis en los procesos de formalización y materialización. (@eafit, 2006)

Se inicia con un concepto ya establecido y en su desarrollo se definen: materiales, formas, procesos de conformación, propiedades y funciones. Si es el caso y si así se exige, se generarán múltiples alternativas a cerca de las variantes constructivas del objeto y sus partes; además, el proyecto debe garantizar la ejecución de la función por parte del artefacto y el desempeño de los elementos respecto a su resistencia y rigidez. (@eafit, 2006)

5.1.2 ¿Que incluye el diseño de maquinas?

Incluye el dimensionado de componentes, la cuantificación y manipulación de flujos con base en la función; así como, los efectos que ocasionan los flujos de fuerzas mientras circulan transformándose al interior de la maquina. El trabajo, comprende la parte de los diseños de detalle o dibujo de fabricación; así como, la elaboración del artefacto. Presta especial atención a la construcción fundada en la disciplina de la ingeniería mecánica, y por ello, el producto desarrollado deberá ser explicado mediante un informe final cuyos análisis deberán ser sustentados y documentados científica y técnicamente. La maquina, deberá ser dibujada en detalle para ser construida en los laboratorios de la Universidad con el fin de evaluar luego el diseño, con base en la ejecución por parte del artefacto, de la función prometida y proyectada. (@eafit, 2006)

Figura 1. Prototipo para la materia “Diseño de Máquinas I” en 2005-1



Rico, 2005

5.2 VEHICULOS TODOTERRENO

En el mercado internacional se puede encontrar diferentes vehículos de esta clase, aunque la gran mayoría están diseñados exclusivamente para el transporte y diversión de personas; además, ninguna empresa se dedica exclusivamente a la fabricación de este tipo de vehículos.

Un automóvil todoterreno está específicamente diseñado para superficies de tierra, de arena, de piedras y agua, en pendientes de subida y bajada pronunciadas. Disponen de mecanismos necesarios para este tipo de conducción, como la tracción a las cuatro ruedas y la reductora de marchas. La suspensión

está reforzada para soportar cargas pesadas, y la altura al piso es mayor para sortear obstáculos como piedras.

Un vehículo todoterreno es un tipo de automóvil diseñado para ser conducido en todoterreno. Estos automóviles surgieron como necesidad en las guerras de principios del siglo XX, y fueron adaptados para uso civil y aprovechados para realizar travesías, vigilar zonas protegidas y moverse en terrenos ásperos o resbaladizos. Casi todos los vehículos todoterrenos actuales incorporan tracción a las cuatro ruedas.

Los automóviles todoterrenos no son vehículos indestructibles. No se debe sobrestimar la capacidad de sortear obstáculos o tracción. Al circular por caminos en mal estado o terrenos resbaladizos, se debe operar con cuidado el acelerador, la dirección y los frenos al igual que en cualquier otro automóvil. El conductor debe concentrarse en conducir con seguridad. Un vehículo 4WD no está exclusivamente diseñado para circular a campo traviesa ni para pasar por el agua; se debe evitar estas situaciones de circulación siempre que sea posible. (@wikipedia2, 2007)

5.2.1 Chasis

Es como la columna vertebral del vehículo, debe aportar la resistencia a impactos, así como la seguridad a los pasajeros; las barras deben servir de protección y la estructura en general será el punto de unión de los otros elementos. La selección de su material debe ser cuidadosa ya que debe ser resistente pero no muy duro, para que este ayude a la absorción de impactos, dado el caso.

Figura 2. Chasis



@ Dalhousie University, 2005

5.2.2 Motor

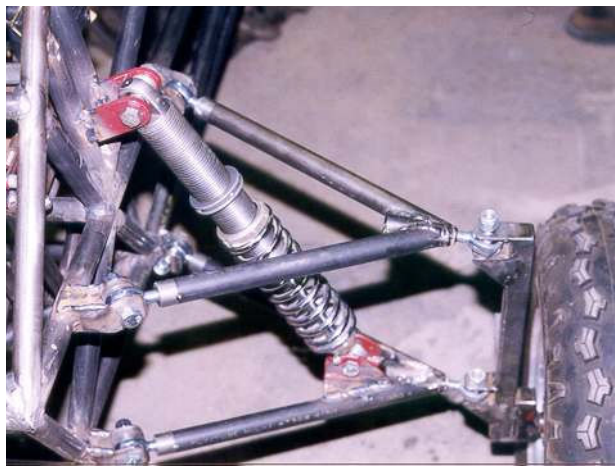
Partiendo del supuesto que se quiere un alto desempeño, se busca usar un motor de combustión interna; por medios propios, se tiene acceso a un motor estacionario de 9 HP; pero, por medio de los patrocinadores se busca un motor de automóvil que nos proporcione mayor rendimiento.

5.2.3 Suspensión

La suspensión ayuda en gran parte a la maniobrabilidad en terrenos agrestes y una alta comodidad en terrenos urbanos; de esta forma los impactos no los recibe directamente el conductor pues está “suspendido o amortiguado” por estas partes.

Para el presente proyecto se desea que la suspensión en las cuatro ruedas sea independiente, cosa que permitiría mejor control del vehículo a altas velocidades por terrenos escarpados. Desarrollar esto, implica una complejidad mayor en el diseño; pero, este esfuerzo se ve recompensado, ya que, proporciona mejor comodidad a los usuarios.

Figura 3. Suspensión



@ Virtual U, 2006

5.2.4 Frenos

Los frenos son una parte importante, si no la más, en la seguridad del vehículo; aportan a la maniobrabilidad y el alto a la marcha (igual de importante que el inicio de marcha). Hay opciones varias que permiten diferentes configuraciones, se busca una que de equilibrio entre complejidad y beneficio de cada sistema.

Se quiere tener el sistema de frenos tanto en la parte delantera como en la trasera. Se tiene la opción de una línea de frenado independiente por cada rueda o por sección delantera y trasera.

Figura 4. Diseño de un mini-baja



@ San José University, 2005

5.2.5 Materiales

La selección de materiales debe ser acorde a los requerimientos; es un aspecto que toca cada rincón del proyecto.

5.2.6 Llantas

Las llantas son el soporte último del vehículo, transportan las fuerzas de reacción que permiten que el carro se mueva (fuerza normal, componente de la fuerza de fricción). El tamaño implica la velocidad, la estabilidad y maniobrabilidad que tendrá el vehículo. En terrenos difíciles un correcto labrado en las llantas permite un excelente agarre, que se traduce en alta maniobrabilidad. Unas llantas anchas, sirven así mismo como suspensión y estabilidad; pero, a mayor área de contacto, mayor va a ser la fuerza de fricción a vencer, por ende la velocidad se puede ver ligeramente afectada.

Las llantas tienen su soporte, los rines, que deben ser tanto livianos como resistentes, para poder transmitir las fuerzas al chasis sin perjudicarse.

5.3 EL PORQUE DE LOS VEHICULOS 4x4 o 4WD

La tracción en las cuatro ruedas o tracción total, generalmente abreviada como 4x4 o 4WD, es un sistema de tracción en un automóvil en el que todas las ruedas pueden recibir simultáneamente la potencia del motor. La mayoría de los automóviles todoterreno y pickups tienen tracción a las cuatro ruedas, y también algunos turismos y deportivos.

5.3.1 Tipos de 4WD

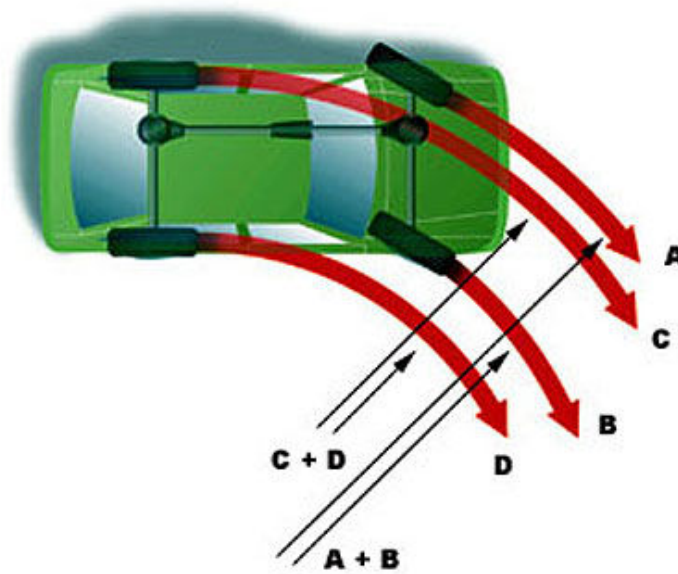
- 4WD parcial (Part Time 4WD): En este sistema se puede desconectar del motor un eje (por lo general, el delantero), según la voluntad del conductor o de acuerdo con las condiciones de la carretera. Los automóviles más potentes y grandes suelen mantener la tracción en las ruedas traseras, mientras que los más pequeños y menos potentes cambian a tracción delantera. (@wikipedia, 2007)

En un sistema 4WD parcial, la fuerza de tracción del motor se transmite a la caja de la transferencia a través de la transmisión. Cuando se selecciona 2WD, la fuerza de tracción se distribuye a dos ruedas y cuando se selecciona 4WD, la fuerza de tracción se distribuye a las cuatro ruedas. En algunos tipos de 4WD, el conductor puede seleccionar H4, que emite la fuerza de tracción normal o L4, que se emplea cuando el vehículo requiere una fuerza de tracción particularmente grande. (@wikipedia, 2007)

- 4WD constante (Full Time 4WD): En este sistema se distribuye siempre la fuerza de tracción a las cuatro ruedas. La fuerza de tracción del motor se transmite al diferencial central a través de la transmisión, y desde aquí a las cuatro ruedas. Además, el diferencial central absorbe las diferencias de rotación de las ruedas delanteras y de las traseras, controlando el fenómeno de frenado al tomar curvas cerradas. (@wikipedia, 2007)

La necesidad de diversas revoluciones por minuto (RPM) en el eje trasero y delantero no representa ningún problema para los sistemas a tiempo completo 4WD (también llamados 4WD permanente o 4WD constante). Las RPM combinadas de las ruedas delanteras (A+B) es más alta que las RPM combinadas de las ruedas posteriores (C+D). (Ver figura siguiente)

Figura 5. Vehículo con 4WD permanente



@4x4abc, 2007

En un vehículo con 4WD a tiempo completo la necesidad de diversas RPM delanteras y posteriores es satisfecha por un diferencial central incorporado dentro de la caja de la transferencia (caja de cambios). Este tercer diferencial, permite que los ejes de transmisión delanteros y posteriores roten a diversas velocidades cuando se necesite. El esfuerzo de torsión y las RPM se distribuyen exactamente según lo necesitado.

Los sistemas 4WD constantes permiten que los cuatro neumáticos empujen o tiren con una rotación máxima. Esto hace de los sistemas 4WD constantes superiores para el uso en calle y en caminos agrestes.

Sin embargo, todos los sistemas 4WD (medio tiempo o a tiempo completo) trabajan lo mejor posible en superficies llanas con la tracción igual en cada neumático. Una vez que el terreno sea desigual (las roderas o los agujeros desiguales, profundos) los sistemas a tiempo completo pierden toda su ventaja; un neumático que se encuentre patinando puede hacer que el vehículo entero quede inmóvil. En ese caso el diferencial de centro necesita ser trabada (inhabilitado), la fijación del diferencial de centro en efecto crea un sistema de medio tiempo 4WD donde ambos ejes de transmisión se fuerzan para rotar a iguales velocidades. (@4x4abc,2007)

5.3.2 Cualidades

- Tracción en terrenos resbaladizos: Cada neumático de un vehículo 4WD tiene fuerza de agarre sobrante; cuando el vehículo toma una curva en una carretera resbaladiza, no se produce derrape de las ruedas motrices y el vehículo muestra un excelente rendimiento al tomar curvas. Un vehículo con tracción delantera exclusivamente podría perder tracción en las ruedas delanteras, con lo que el vehículo entraría en subviraje; mientras que con tracción trasera únicamente podría sobrevirar al perder adherencia en las ruedas traseras.

- Caminos en mal estado: En caminos en mal estado en los que los vehículos 2WD no pueden pasar de forma satisfactoria, los vehículos 4WD demuestran un excelente rendimiento: si las ruedas delanteras encuentran algún obstáculo, las ruedas traseras empujan desde atrás o si las ruedas traseras han caído en un lugar embarrado, las ruedas delanteras tiran del vehículo. (@wikipedia, 2007)

5.3.3 Curiosidades

Mientras muchas personas piensan exclusivamente en un campero al hablar de un 4x4, hoy en día cualquier vehículo puede disponer de tracción en las cuatro ruedas, ya que esta tecnología proporciona mayor seguridad en superficies resbaladizas como hielo, nieve, zonas con barro o pendientes escarpadas. Su uso en rally se ha hecho muy popular desde que el Audi Quattro tuviera éxito a mediados de los años 1980. (@wikipedia, 2007)

6. METODOLOGIA DE DISEÑO

El proyecto se divide en cuatro fases principales que son: prediseño, consecución de patrocinio, diseño, construcción.

6.1 Primera fase: Prediseño

La fase de prediseño define las bases del producto ha materializar; incluye la búsqueda de información y soluciones existentes acerca del proyecto (estado del arte). En está, se definen los requisitos y deseos que se quieren obtener en el producto final.

Entre los requisitos y deseos, se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Función principal.
- Estructura funcional y variaciones concebidas.
- Portadores de función.
- Conceptos considerados y elegidos.
- Conformación y detalle de los elementos a utilizar en el artefacto.
- Materiales o piezas a conseguir en el mercado.

6.2 Segunda fase: Patrocinio

Después de tener definida una arquitectura del producto (prediseño), y teniendo unos posibles patrocinadores; se visitan las posibles empresas patrocinadoras y se les explica en que consiste el proyecto y que beneficios podrá traer para sus empresas y la investigación.

Esta fase se implementa en el transcurso de todo el proyecto.

6.3 Tercera fase: Diseño

Es de optimización y detalle del producto final; en esta se realizan mejoras, ajustes o correcciones al proyecto. Esta fase no finaliza hasta que el prototipo este terminado, se debe tener desarrollado en detalle la parte conceptual, documentados los cálculos y los análisis realizados, los planos de detalle y de ensamble del vehículo.

6.4 Cuarta fase: Construcción

Es la etapa definitiva del proyecto; ya que en esta, se lleva a cabo la materialización de todo lo antes realizado. Se debe construir, probar y evaluar el modelo funcional definido con anterioridad; teniendo en cuenta todos los detalles técnicos y de calidad requeridos para este tipo de proyectos.

A su vez, se terminaran las memorias de diseño; estas deberán ser un documento que de forma sencilla y coherente expliquen todo lo relacionado con el prediseño, análisis, diseño y otros aspectos referentes al proyecto.

7. FASE CONCEPTUAL

7.1 FUNCION PRINCIPAL

Como se observa en la figura 6, la función principal es transportar personas y carga (puede ser en el volco o remolcada) de un lugar a otro; para lograr esta función, es necesario realizar un flujo de energía y fuerzas que acompañan a dicha función.

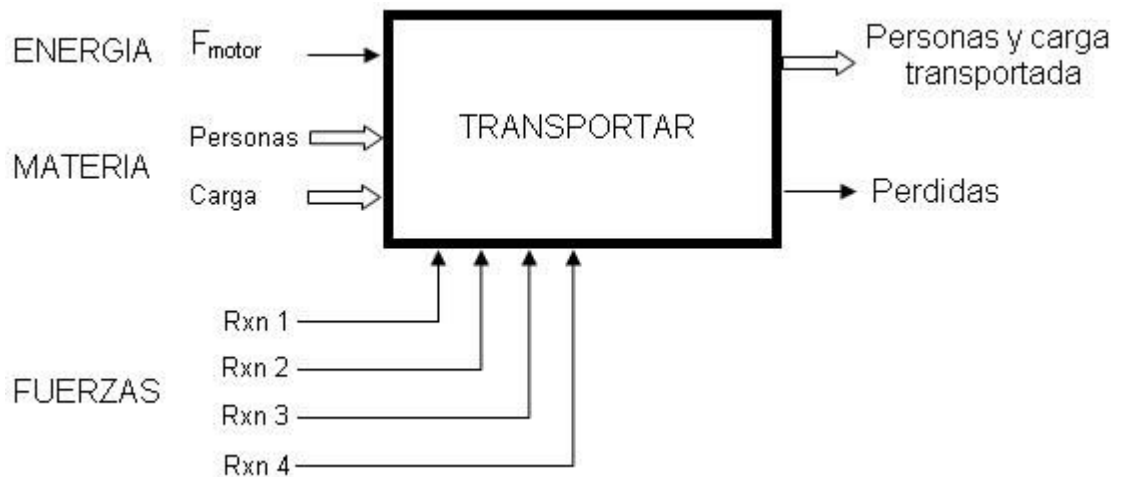
Figura 6. Función principal



La función principal se cumple transmitiendo la energía rotacional del motor por medio de flechas o cardanes, a los diferenciales delantero y trasero y de estos a las llantas por medio de sus ejes respectivos; de esta forma, se genera movimiento y fuerza de empuje al vehículo. Estos flujos relacionan al vehículo con el hombre y el ambiente, siendo el chasis del vehículo el principal objeto de

análisis por su relación directa con cada uno de los elementos del flujo, tanto internos como externos.

Figura 7. Flujo de fuerzas, materia y energía



7.2 ESTRUCTURA FUNCIONAL

Teniendo en cuenta los flujos encontrados para el sistema, el recorrido de cada uno de estos dentro del sistema y las funciones cumplidas por cada una de las partes, se llegó a la estructura funcional como se aprecia en la siguiente figura.

Para este diagrama de flujos, en la estructura funcional no es tomada en cuenta la fuerza de fricción (encargada de sostener el sistema) ya que aplicando la ley de acción y reacción, esta se ve vencida por la fuerza de empuje generada por el motor.

7.3 FLUJOS DE FUERZAS

El sistema presenta los siguientes flujos:

- Flujo de energía: Energía rotacional entregada por el motor.
- Flujo de materia: Personas y carga del vehículo.

El sistema presenta las siguientes entradas:

- Materia: Conductor y carga.
- Energía: Motor y sistema eléctrico.
- Información: Velocidad, dirección y peso de la carga.

A su vez, presenta las siguientes salidas:

- Materia: Conductor y carga transportada.
- Energía: Perdidas del sistema.

7.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Tomando en cuenta las funciones cumplidas en la estructura funcional, se pasa a la estructura organizacional en la cual son reemplazadas las funciones por los diferentes elementos constitutivos del vehículo.

7.5 REQUISITOS Y CARACTERÍSTICAS

Tabla 1. Tabla de requisitos y características esperadas.

ESPECIFICACIONES	CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCION	VALOR MAXIMO
GEOMÉTRICAS	CUANTITATIVAS	Largo	3.0 m
		Ancho	1,5 m
		Alto	1,5 m
CINEMÁTICAS	CUANTITATIVAS	Velocidad máxima del vehículo	45 Km./h
	CUALITATIVAS	Estable en los giros	
FUERZAS	CUANTITATIVAS	Peso total del vehículo	500 Kg
		Peso total del chasis	200 Kg
		La estructura debe ser capaz de soportar el peso del vehículo con los pasajeros y la carga	1500 Kg
	CUALITATIVAS	El vehículo debe soportar las fuerzas centrífugas, de arranque y de frenado.	
ENERGÍAS	CUANTITATIVAS	La relación de transmisión debe ser equilibrada entre el torque y la velocidad final para el tipo de motor utilizado	Relación de transmisión esperada, 9:1
SEGURIDAD	CUANTITATIVAS	El factor de seguridad del chasis debe ser adecuado para las cargas e imprevistos establecidos	Factor de seguridad mínimo: 2,5
	CUALITATIVAS	Cinturón de seguridad de tres puntos capaz de soportar a los usuario en caso de accidente	
		Barra antivuelco para brindarle protección y confianza a los pasajeros	
		Sistema de freno adecuado para detener el vehículo	
		Adecuado posicionamiento del motor y sus componentes para evitar accidentes en el usuario o en la estructura	
OPERACIÓN	CUALITATIVAS	Mecanismos de fácil operación	
		Ubicación de los componentes de la estructura apropiada para que no interfieran con el funcionamiento del vehículo	
COSTOS	CUANTITATIVAS	Presupuesto máximo	\$ 8'000.000
Análisis cualitativo: relativo a la calidad o naturaleza del objeto.			
Análisis cuantitativo: relativo a la cantidad.			

7.6 FORMA Y TAMAÑO

La definición de la forma, la proporción y el tamaño, se hizo partiendo de conocimientos e ideas propias, ya que el principio de funcionamiento de un carro de ésta clase es muy simple: transportar una persona en una dirección definida, moviéndose mediante la acción de una fuerza; para este caso en particular, es, transportar personas y carga en una dirección definida y moviéndose mediante la acción de una fuerza producida por un motor.

Se establece que la estructura más rígida para este tipo de vehículo es una cercha, ya que estas poseen cero grados de libertad.

En el vehículo se presentan ciertas variaciones en las cargas que pueden considerarse constantes, tomando como valor aquel que representa el máximo flujo con el factor de carga correspondiente. Este valor es el peso de los pasajeros y la carga que ingresa por la silla y el volco respectivamente; este peso es repartido de la siguiente manera:

40% del peso total en la parte delantera

60% del peso total en la parte trasera

7.7 RELACIÓN ARTEFACTO – HOMBRE – AMBIENTE

El cumplimiento de la función principal, transportar, se da debido a la unión de dos fuerzas básicas que son:

Fuerza direccional: Representa la relación Hombre – Artefacto, ya que el conductor mediante el uso de sus manos puede darle dirección al vehículo y dirigirlo hacia el sitio que desee.

Fuerza traslacional: Representa la relación Ambiente - Artefacto, ya que el motor realiza una fuerza que es transmitida a los cardanes y estos a su vez, transmiten esta fuerza a las diferenciales o transmisiones; mediante el sistema de transmisión de potencia se genera un torque en los ejes necesario para el movimiento del carro, que a su vez se trasmite a las ruedas traseras y gracias a la fuerza de fricción con la cual se puede obtener movimiento traslacional.

8. DATOS DE LAS PIEZAS MECANICAS UTILIZADAS

8.1 MOTOR Y CAJA

El motor y la caja utilizados es el de un chevrolet sprint (suzuki forza) con algunas modificaciones en cuanto al sistema de refrigeración, frenado y de transmisión de la potencia hacia las ruedas o llantas; esto a su vez, hace que la relación final de cambios aumente.

Tabla 2. Tipo de motor utilizado

	MOTOR
Tipo	G10A SOHC
Posición	Longitudinal
Desplazamiento	993 c.c.
Numero de cilindros	3 en línea
Diámetro por carrera	74*77 mm
Potencia neta	52.3 HP (39 Kw.) a 5.900 RPM
Torque neto	8.1 Kg-M (80N-M) / 3.000 RPM
Relación de compresión	9 : 1
Gasolina	Corriente

Tabla 3. Sistema de combustible

SISTEMA DE COMBUSTIBLE	
Bomba de gasolina	Eléctrica
Filtro de aire	Elemento de papel reemplazable
Filtro de combustible	Un (1) elemento de papel reemplazable

Tabla 4. Sistema de lubricación

SISTEMA DE LUBRICACION	
Tipo	Flujo total
Bomba de aceite	De engranajes
Filtro de aceite	Flujo completo reemplazable

Tabla 5. Sistema de refrigeración

SISTEMA DE REFRIGERACION	
Radiador	Circuito cerrado
Ventiladores	Eléctricos
Bomba de agua	Centrífuga

Tabla 6. Embrague

EMBRAGUE	
Tipo	Monodisco
Accionamiento	Guaya (mecánico)
Diámetro exterior	170 mm

Tabla 7. Caja de cambios

CAJA DE CAMBIOS		
Tipo	Manual 5 velocidades y reversa	
Palanca de cambios	Al piso	
Relación de eje	4.388 : 1	
Relaciones	1 ^a	3.416
	2 ^a	1.894
	3 ^a	1.280
	4 ^a	0.914
	5 ^a	0.757
	Reversa	2.916

Tabla 8. Sistema de frenos

SISTEMA DE FRENOS	
Tipo	Doble circuito hidráulico
Booster	Renault twingo
Delanteros	Discos mazda allegro
Traseros	Discos mazda 121
Freno de mano tipo	N.A.

Tabla 9. Sistema eléctrico

SISTEMA ELÉCTRICO	
Batería	12V/60AH
Alternador	12V-50 Amperios
Regulador	Circuito integrado incorporado al alternador
Bobina	Externa al distribuidor
Motor de arranque	12V-0.8Kw

Tabla 10. Equipamiento adicional

EQUIPAMIENTO ADICIONAL	
Cinturones de seguridad de tres puntos	Luces de parqueo
Medidor del nivel de gasolina	Medidor de temperatura
Medidor de carga de batería	Medidor de presión de aceite
Medidor de RPM	Pito

8.2 DIFERENCIALES DE VITARA

Para poder tener un vehículo 4x4 de tiempo completo se utilizo diferenciales de chevrolet vitara (suzuki sidekick).

Tabla 11. Relación de engranajes de los diferenciales

RELACION DE ENGRANAJES	
Relación final de engranajes	5.125

8.3 SUSPENSION

La suspensión es basada en posición a la de algunos vehículos de competencia, la cual va inclinada con un ángulo que oscila entre los 30 y 50 grados; para lograr este objetivo, se utiliza amortiguadores de motocicleta. En la suspensión delantera se utiliza amortiguadores de Honda XL185 y en la suspensión trasera se utiliza amortiguadores de Auteco CT100; a estos amortiguadores se les hizo prueba de resistencia en la maquina universal del laboratorio de materiales de la Universidad. (El informe completo se encuentra al final como documento anexo)

Tabla 12. Datos amortiguadores

Medición	N/mm	
	Resorte CT100	Resorte XL185
1	22,72	86,2
2	22,12	86,2
3	22,12	80,61
Promedio	22,32	84,35
Desviación estándar	0,346	3,21

8.4 RELACIÓN DE VELOCIDADES Y RPM

Debido al manejo de la doble diferencial (diferencial de la caja de cambios del motor y diferencial de cada sistema de ruedas, delantero y trasero) las relaciones finales de RPM y velocidades disminuyen como se muestra a continuación; aunque la velocidad disminuye notablemente, el torque final aumenta.

8.4.1 RPM

Tabla 13. Relación de RPM

	MARCHA	SECCION	VALOR REDUCCION	RPM MOTOR					
				1000	2000	3000	4000	5000	6000
RPM SECCION	1ra	Caja	3,416	293	585	878	1171	1464	1756
		Flecha	4,388	67	133	200	267	334	400
		Ejes	5,125	13	26	39	52	65	78
	2da	Caja	1,894	528	1056	1584	2112	2640	3168
		Flecha	4,388	120	241	361	481	602	722
		Ejes	5,125	23	47	70	94	117	141
	3ra	Caja	1,280	781	1563	2344	3125	3906	4688
		Flecha	4,388	178	356	534	712	890	1068
		Ejes	5,125	35	69	104	139	174	208
	4ta	Caja	0,914	1094	2188	3282	4376	5470	6565
		Flecha	4,388	249	499	748	997	1247	1496
		Ejes	5,125	49	97	146	195	243	292
	5ta	Caja	0,757	1321	2642	3963	5284	6605	7926
		Flecha	4,388	301	602	903	1204	1505	1806
		Ejes	5,125	59	117	176	235	294	352
Reversa	Caja	2,916	343	686	1029	1372	1715	2058	
	Flecha	4,388	78	156	234	313	391	469	
	Ejes	5,125	15	30	46	61	76	91	

Tabla 14. Relación final de RPM: Motor / Ejes

	MARCHA	REDUCCION FINAL	RPM MOTOR					
			1000	2000	3000	4000	5000	6000
RPM EJES	1ra	12,929	13	26	39	52	65	78
	2da	11,407	23	47	70	94	117	141
	3ra	10,793	35	69	104	139	174	208
	4ta	10,427	49	97	146	195	243	292
	5ta	10,270	59	117	176	235	294	352
	Reversa	12,429	15	30	46	61	76	91

8.4.2 Velocidades

Para tener un cálculo correcto de las velocidades, se debe conocer los siguientes datos:

- Tamaño del Rin: Se usa un Rin de 13”.
- Dimensiones de la llanta utilizada: la llanta a utilizar es una Yokohama 352, de la cual se obtiene el siguientes dato: 215/50R13.

De los datos que se obtienen en la llanta, se puede hallar el diámetro total de la misma:

Ecuación 1. Diámetro de la llanta

$$215/50 = \frac{215 \otimes 0,5 \otimes 2}{1000}$$

$$215/50 = 0,215m$$

$$R13 = 13 \otimes 0,0254$$

$$R13 = 0,330m$$

$$Diametro = 0,215m \oplus 0,330m$$

$$Diametro = 0,545m$$

Tabla 15. Relación de velocidades

MARCHA	DESCRIPCION	RPM MOTOR					
		1000	2000	3000	4000	5000	6000
1ra	RPM W Ejes	13	26	39	52	65	78
	Velocidad (Km./h)	1	3	4	5	7	8
2da	RPM W Ejes	23	47	70	94	117	141
	Velocidad (Km./h)	2	5	7	10	12	14
3ra	RPM W Ejes	35	69	104	139	174	208
	Velocidad (Km./h)	4	7	11	14	18	21
4ta	RPM W Ejes	49	97	146	195	243	292
	Velocidad (Km./h)	5	10	15	20	25	30
5ta	RPM W Ejes	59	117	176	235	294	352
	Velocidad (Km./h)	6	12	18	24	30	36
Reversa	RPM W Ejes	15	30	46	61	76	91
	Velocidad (Km./h)	2	3	5	6	8	9

La velocidad máxima que se obtiene es de 36 Km./h

9. CALCULOS DEL CHASIS

9.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Se desea calcular la rigidez estructural del vehículo que está siendo construido como parte del proyecto de grado.

9.2 METODOLOGÍA

9.2.1 Modelación Geométrica

Para la modelación del chasis, se utilizó SOLIDWORKS. Una posible solución al problema del cálculo estructural es crear un IGS partiendo de la modelación que se tiene y cargarlo sobre un paquete de elementos finitos; a continuación, realizar el análisis estructural.

Esta solución no fue evaluada debido a las implicaciones que trae realizar un análisis bajo este tipo de modelación. Algunas de esas implicaciones son:

- Alto costo computacional, debido a que se genera un cuerpo compuesto por miles de triángulos. Para la presente modelación, la cantidad de elementos es cercana a los 40,000.
- La dificultad presente a la hora de determinar las condiciones de frontera, ya que no se pudo determinar con exactitud que partes del sólido son las que están afectadas bajo determinada carga. Esto sucede porque se realiza un auto-mayado en el paquete de elementos finitos.

Para realizar una mejor condición estática, se determinó simplificar la estructura primaria del carro como una estructura, de la cual se conocen cuales son los nodos y la cantidad de elementos que esta posee.

El resultado final de la simplificación resultó en 50 nodos y 91 elementos. Dado el caso, si se llegara a realizar el cálculo estructural de este vehículo a mano, se tendría que resolver un problema exageradamente grande, con matrices demasiado grandes, además de trabajar con estas matrices más de media centena de veces.

Como consecuencia a lo laborioso y complicado de realizar el cálculo estructural a mano, se ha decidido por optar por un paquete comercial de elementos finitos.

Para el presente caso se seleccionó ANSYS, debido a las características que este software tiene, además de ser mucho más fácil de usar frente a otros paquetes de elementos finitos similares, tal como lo es Cosmos M.

Para la modelación geométrica en ANSYS se realizaron los siguientes pasos:

1. Tabular los datos en Microsoft Excel. Posteriormente se escribió un script, es decir el código que ANSYS genera internamente cuando se trabaja en él.

La realización del script, aunque es bastante compleja de realizar, simplifica mucho el trabajo, debido a que se mantiene siempre una copia de la geometría en el disco duro, sin tener que volver a remodelar el vehículo.

Para la realización de script, es necesario comenzar siempre con la instrucción:

/PREP7

Esta instrucción le dice al programa que se va realizar un análisis estructural, el cual es el necesario a realizar para calcular la rigidez del vehículo.

2. Definición de los nodos, los cuales deben tener este orden:

$N = \#, dx, dy, dz, \dots$

Donde,

- # representa el nodo actual
- dx representa la coordenada en x del nodo
- dy la coordenada en y del nodo y,
- dz la coordenada z del nodo.

Siguiendo este orden, se deben escribir en el script los 50 nodos que tiene el vehículo.

3. Ingresar los elementos, o nodos, al programa seleccionado (ANSYS). Para el ingreso de los elementos al programa se debe tener en cuenta el tipo de

tubería utilizada, así que se deben definir un grupo de elementos de acuerdo a cada tipo de tubería utilizado. Esto se realiza con la siguiente instrucción:

ET, grupo elementos, tipo elementos

E, nodo i, nodo j

Donde,

- Tipo elementos es 4, que es el tipo que se selecciono en ANSYS para realizar la simulación. El porque de esto se explicará más adelante.
- Nodo i significa el 1° nodo del elemento y,
- Nodo j significa el nodo de llegada.
- Acerca del grupo de elementos; estos están bajo los siguientes parámetros:

Tabla 16. Grupo de elementos

Grupo Elementos	Parámetros
1	Tubería de 1 ½ , de espesor 2.5mm
2	Tubería de 1 ¼ , de espesor 2mm

Los resultados de la modelación se pueden apreciar en las figura 10 y 11. En la figura 10, se aprecia los nodos y la numeración de estos; en la figura 7, se aprecia la numeración de los elementos.

9.2.2 Propiedades del Material

El material que se le asigna al chasis es tubería PTS (ASTM 500 grado C), cuyo Sy_p es 50000PSI (345Mpa). Para la simulación en ANSYS, el programa solicita solamente las siguientes propiedades:

Tabla 17. Propiedades de la tubería seleccionada.

Propiedad	Valor
Módulo de rigidez	200 Gpa
Módulo de poisson	0.30

@ferrasa, 2007

Figura 10. Nodos

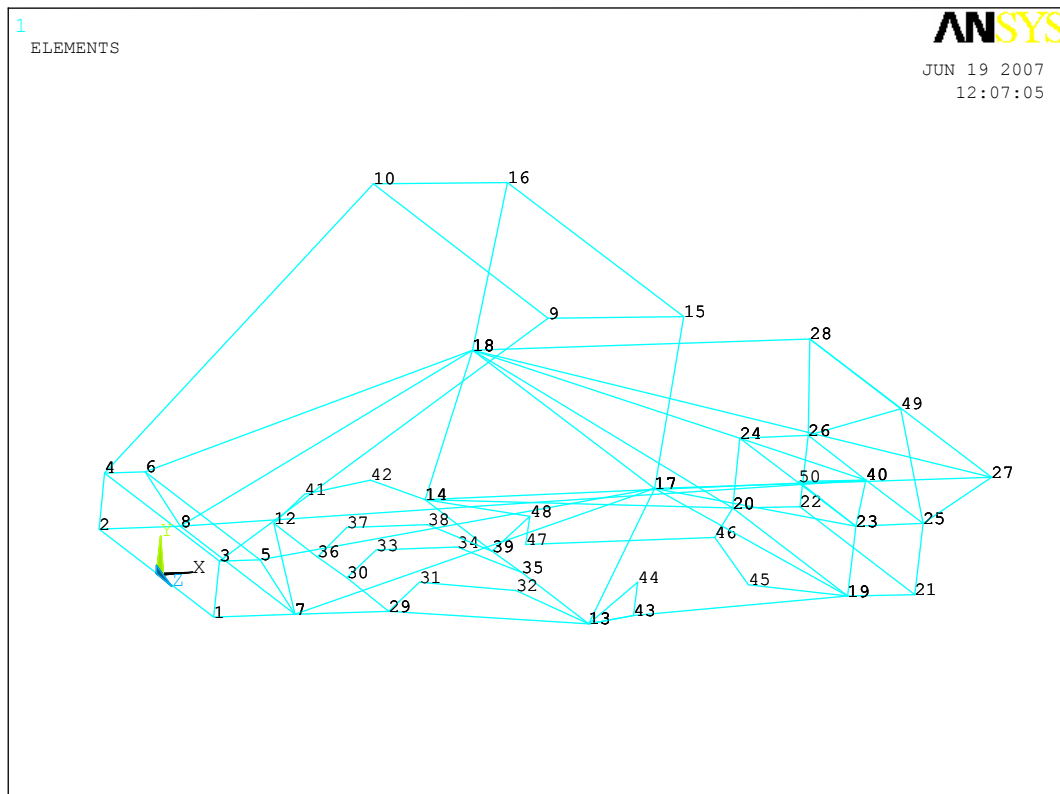
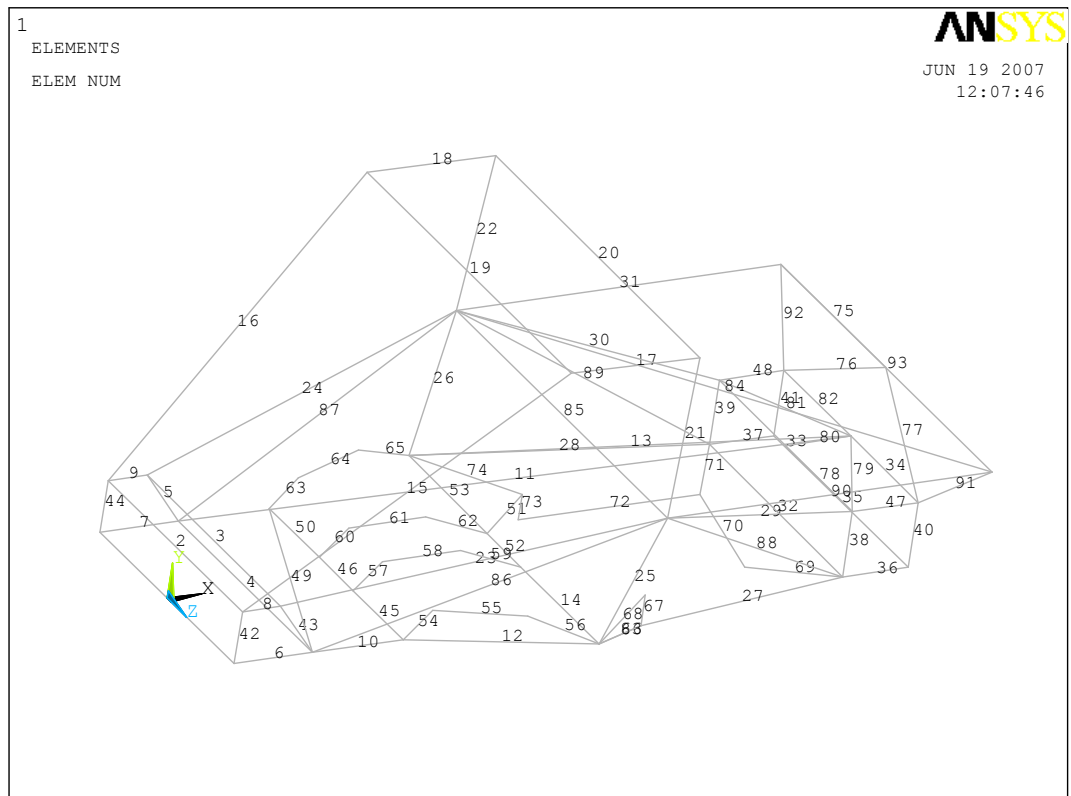


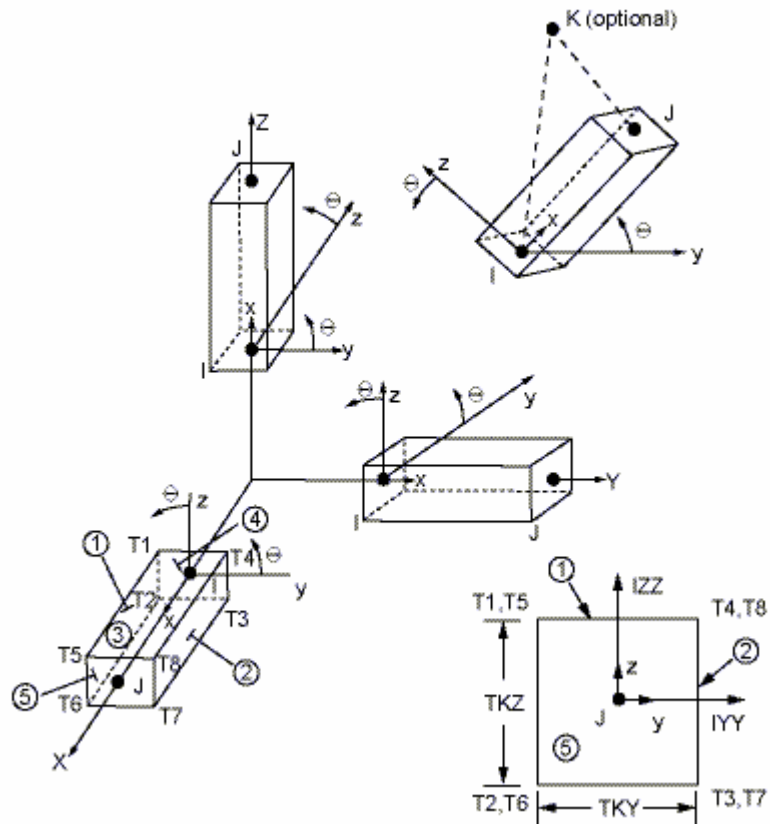
Figura 11. Elementos



9.2.3 Tipo de elemento seleccionado

El tipo de elemento que se utilizó fue el BEAM4, ya que proporciona muchas de las características necesarias para lograr generar un correcto pre-procesamiento para el modelo. A continuación se puede apreciar los grados de libertad y los distintos tipos de carga que soporta este tipo de elemento.

Figura 12. Características de los elementos BEAM4 de ANSYS



El BEAM4 es un elemento uní axial compuesto por 2 nodos que soporta 6 grados de libertad por nodo (3 traslaciones y 3 rotaciones). Estas características se aproximan bastante a la realidad, por lo cual proporcionan una buena aproximación al modelo geométrico que se necesita.

9.3 CÁLCULO ESTÁTICO

El primer análisis a realizar es el caso estático del vehículo, ya que este análisis es la base de todos los demás. Para este análisis se considera:

- Peso de los ocupantes; se asume que cada ocupante pesa 150kg, esto dándole cabida a situaciones donde se sienten más personas en el vehículo de las que inicialmente fue concebido.
- Carga en el volco de 400kg.
- Peso del motor.
- Carga ocasionada por el posible arrastre de otro vehículo en la parte posterior; esta carga es de 1500kg.

9.3.1 Definición de fuerzas

El peso de los ocupantes se divide entre los nodos #31, 32 33, 34, 37, 38, 41 y 42. El peso total de los ocupantes es de 300Kg, el cuál esta dirigido en el sentido negativo del eje y. Luego, la carga a cada nodo es:

Ecuación 2. Fuerza producida por el peso de los ocupantes en cada nodo

$$Fuerza = 300Kg$$

$$Fuerza = 300Kg * 9.81m / s^2 = 2943N$$

$$Fuerza _ nodo = \frac{Fuerza}{8} = 367.87N$$

El motor está apoyado por los nodos 44, 46 y 48. Asumiendo un peso del motor de 130Kg, la fuerza para cada nodo es:

Ecuación 3. Fuerza producida por el peso del motor en cada nodo

$$Fuerza = 130Kg$$

$$Fuerza = 130Kg * 9.81m / s^2 = 1275.3N$$

$$Fuerza _ nodo = \frac{Fuerza}{3} = 425.1N$$

El peso de la carga está repartido en 4 nodos. La fuerza de cada nodo es de:

Ecuación 4. Fuerza producida por el peso de la carga en cada nodo

$$Fuerza = 400Kg$$

$$Fuerza = 400Kg * 9.81m / s^2 = 3924N$$

$$Fuerza _ nodo = \frac{Fuerza}{4} = 981N$$

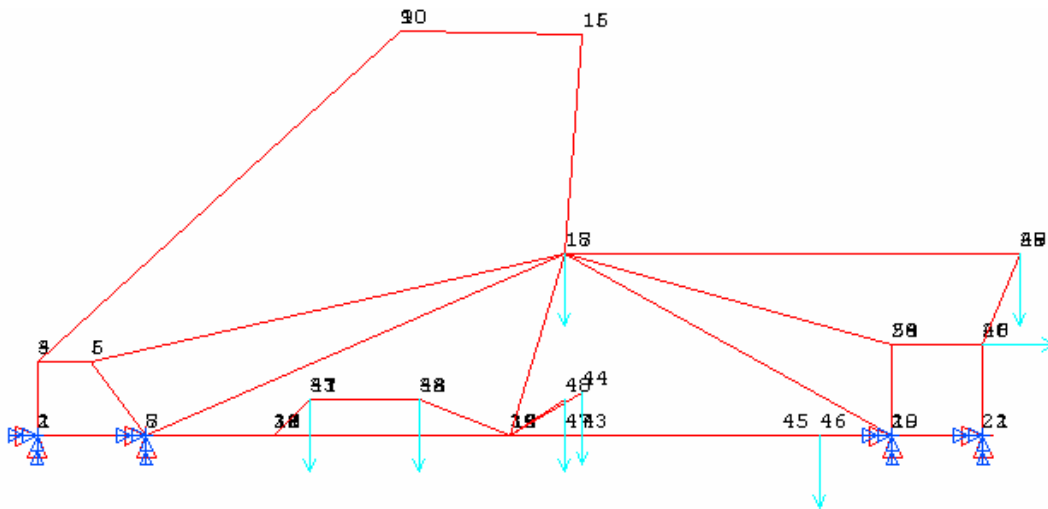
La carga que representa a otro vehículo que está siendo halado es de 1500Kg es decir 14,715N, en el sentido positivo del eje X.

9.3.2 Condiciones de Frontera

Los elementos restringidos en este análisis son los nodos 1, 2, 7, 8, 19, 20, 21, 22. A estos nodos se le restringe todos los grados de libertad; es decir, no tienen rotaciones ni translaciones en el eje x.

A continuación se puede apreciar la imagen de las cargas y las condiciones de frontera representadas en ANSYS:

Figura 13. Condiciones de frontera para el caso estático

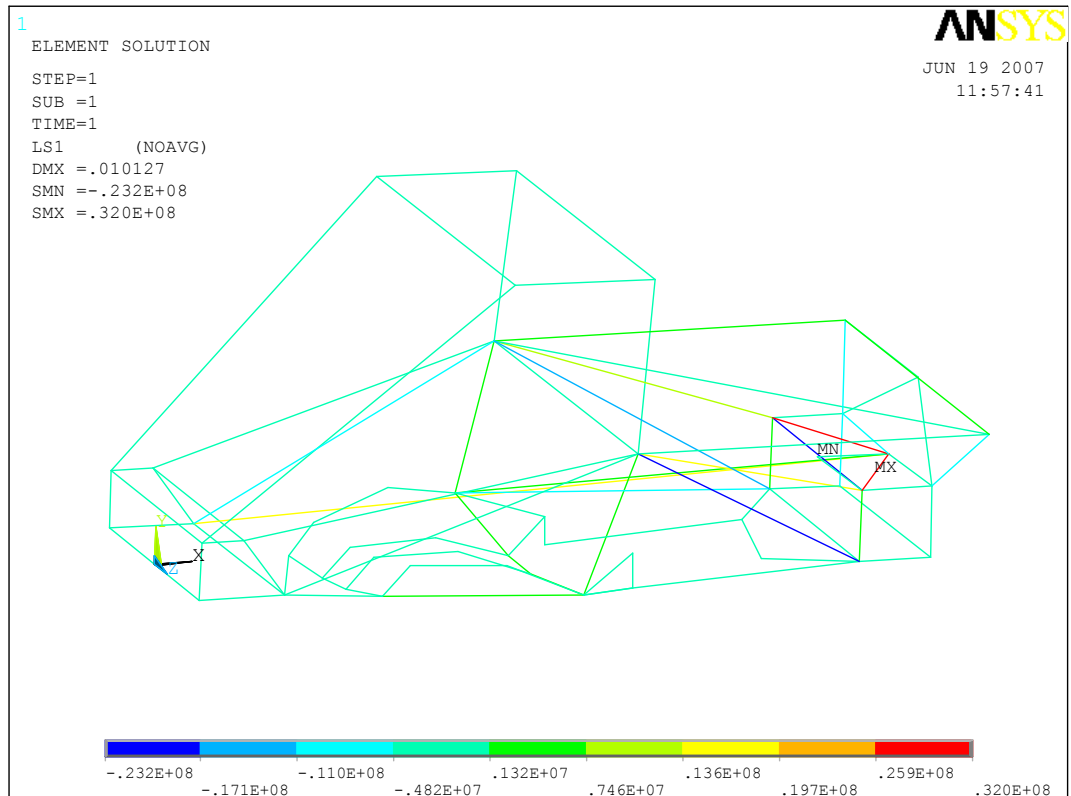


9.3.3 Resultados del caso estático

Para el caso de carga estática, los esfuerzos máximos que aparecen son de 32 MPa. En la figura 10 se aprecia la distribución de esfuerzos. En la leyenda, los

elementos con cargas negativas significa que está a compresión y con signos positivos significa que el elemento esta a tensión.

Figura 14. Cargas estáticas



Los elementos más cargados son los nodos 33 y 79. El elemento 86 está cargado con 23.4 MPa a compresión, mientras que los elementos 33 y 79 están cargados con 32.4 MPa a tensión.

El resultado obtenido es el esperado, ya que en un caso estático el chasis resiste demasiado. El chasis está diseñado para aguantar otro tipo de usos; este, es el

principal encargado de absorber toda la energía en un impacto y así mantener a salvo a los ocupantes.

Cuando se realiza este tipo de análisis se puede percibir que los factores de seguridad bajan considerablemente. Por el momento se tiene que el factor de seguridad es de:

Ecuación 5. Factor de seguridad en el caso estático

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{Syp}{n} \\ n &= \frac{Syp}{\sigma} \\ n &= \frac{345Mpa}{32.4Mpa} = 10.64\end{aligned}$$

9.4 CÁLCULO DINÁMICO

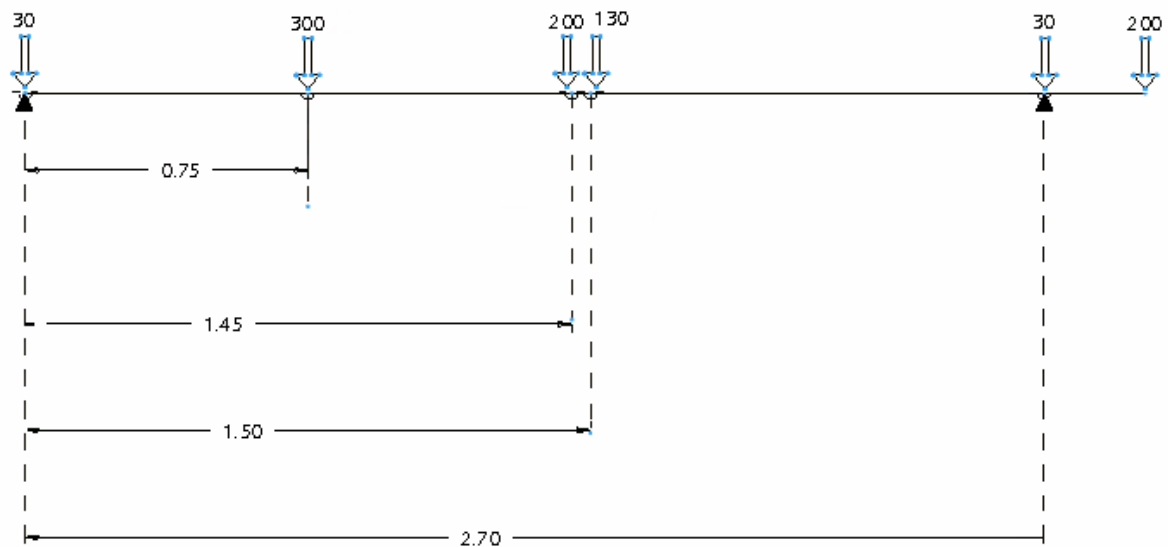
En el análisis dinámico se debe tener bajo consideraciones las mismas cargas que se presentan en el análisis estático; pero, adicionalmente se debe incluir en el sistema las cargas que ingresan en el momento de frenar.

9.4.1 Definición de fuerzas y condiciones de frontera

Las fuerzas debido al peso de los ocupantes, el peso del motor y el peso de la carga del volco son las mismas producidas en el calculo estático (Ecuación 1, 2 y 3).

A continuación se analiza cual es la distribución de cargas en el vehículo. Este cálculo será necesario para poder analizar cuanta masa está afectando a cada freno del vehículo y con esto poder calcular la fuerza de frenado que se dá en cada llanta.

Figura 15. Distribución de cargas del vehículo



De este diagrama, se tiene que la masa externa que influye sobre el vehículo es de 890kg, peso que viene de:

- Diferenciales (30Kg cada una).
- Peso de personas (300Kg).
- Peso del motor (130Kg).

- Peso de la carga en el volco (400Kg).

Al realizar la distribución de pesos se tiene que sobre las llantas delanteras actúa el 37% del peso y sobre las llantas traseras actúa un 63% del peso. Como se conoce la distribución de masas en el vehículo, ahora se puede calcular la fuerza de frenado.

La desaceleración máxima que el vehículo puede resistir es de 0.85g, es decir 8.333m/s. Este dato se saca de las dimensiones de la llanta. Con base en este dato, se calcula el tiempo de frenado y la distancia mínima de frenado del vehículo, sabiendo que la velocidad máxima será de 36km/h en 5° a 6000rpm, la distancia y tiempo de frenado son:

Ecuación 6. Distancia y tiempo de frenado

1)

$$a = \frac{v}{t}$$

$$t = \frac{v}{a}$$

2)

$$x = x_o + v_o t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$x = v_o \left(\frac{v_o}{a} \right) + \frac{a}{2} \left(\frac{v_o}{a} \right)^2$$

$$x = \frac{v^2}{a} + \frac{a}{2} \left(\frac{v^2}{a^2} \right)$$

$$x = \frac{v^2}{a} + \frac{v^2}{2a}$$

$$x = \frac{(10 \text{ m / s})^2}{8.333 \text{ m / s}^2} + \frac{(10 \text{ m / s})^2}{16.666 \text{ m / s}^2}$$

$$x = 18 \text{ m}$$

1) :

$$t = 1.2 \text{ seg}$$

Conociendo la distancia y el tiempo de frenado, se puede realizar el cálculo para hallar las fuerzas de frenado. Para esto se sabe que la masa total del vehículo es:

Ecuación 7. Masa total del vehículo

$$\begin{aligned} masa_{total} &= 60 + 300 + 400 + 130 + 200 \\ masa_{total} &= 1090Kg \end{aligned}$$

Para hallar la fuerza de frenado se usa una aceleración de 0.85g:

Ecuación 8. Fuerza de frenado

$$\begin{aligned} F &= masa * aceleracion \\ F &= 1090Kg * 8.333m / s^2 \\ F &= 9088.965N \end{aligned}$$

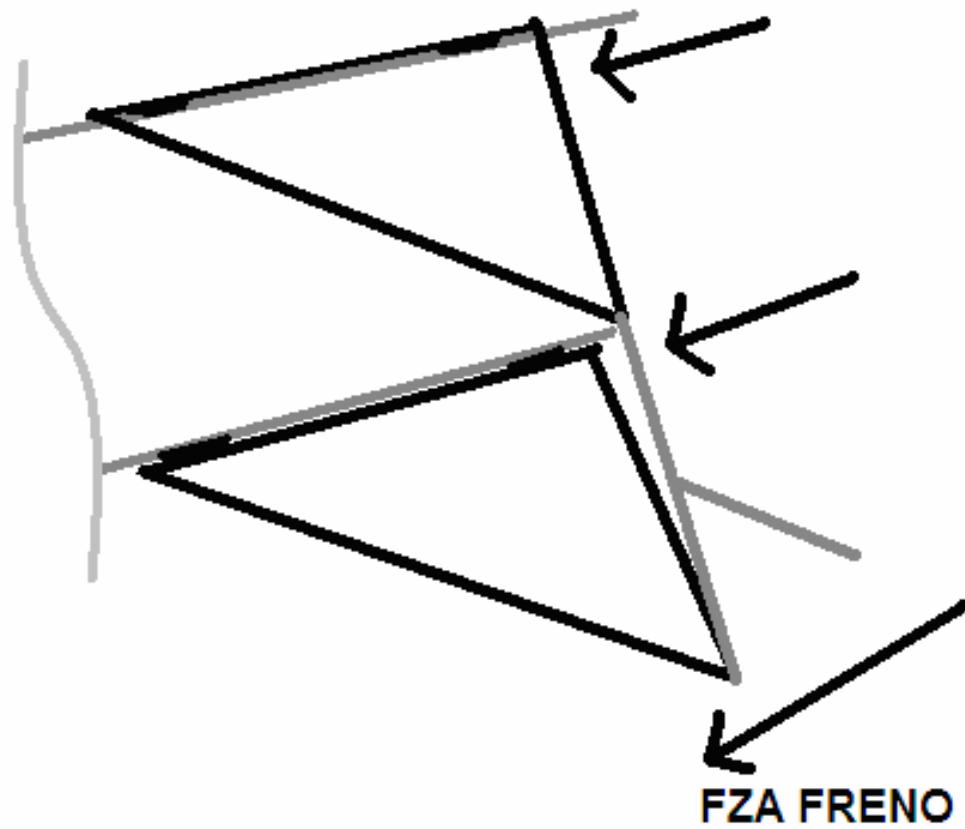
Para la parte delantera la fuerza de frenado es:

Ecuación 9. Fuerza de frenado delantera

$$\begin{aligned} F_{delantera} &= 9088.965 * 0.37 \\ F_{delantera} &= 3362N \end{aligned}$$

Cada tijera delantera tiene 4 nodos; esta fuerza actuará sobre 2 de estos nodos, mientras que los otros nodos estarán restringidos, tal como se puede apreciar en la figura siguiente. Esta configuración simula como fluyen las cargas hacia el chasis.

Figura 16. Tijeras delanteras



Para el caso de la tijera delantera, los nodos que estarán restringidos son los nodos 1, 2, 3, 4; luego, los nodos que están cargados son 5, 6, 7, 8. La carga a la que estará sometido cada uno de estos nodos es:

Ecuación 10. Fuerza en cada nodo de la tijera delantera producida al frenar

$$F = \frac{F_{delantera}}{4}$$
$$F = 840.7 N$$

En la parte trasera, los nodos que están restringidos son los 19, 20, 23, 24 y los cargados son 21, 22, 25, 26; la fuerza a la cual están sometidos es:

Ecuación 11. Fuerza en cada nodo de la tijera trasera producida al frenar

$$F_{trasera} = 9088.965 * 0.64$$

$$F_{trasera} = 5726N$$

$$F = \frac{F_{trasera}}{4}$$

$$F = 1431.5N$$

Finalmente, la carga que es arrastrada tiene una connotación especial; ya que, está en el momento de frenado sufre la misma aceleración, pero a la hora de actuar en el vehículo, esta fuerza es mayor a la del caso estático ya que la fuerza se calcula como la sumatoria de las aceleraciones que lleva esta carga. Para una carga de 1500Kg, la fuerza será:

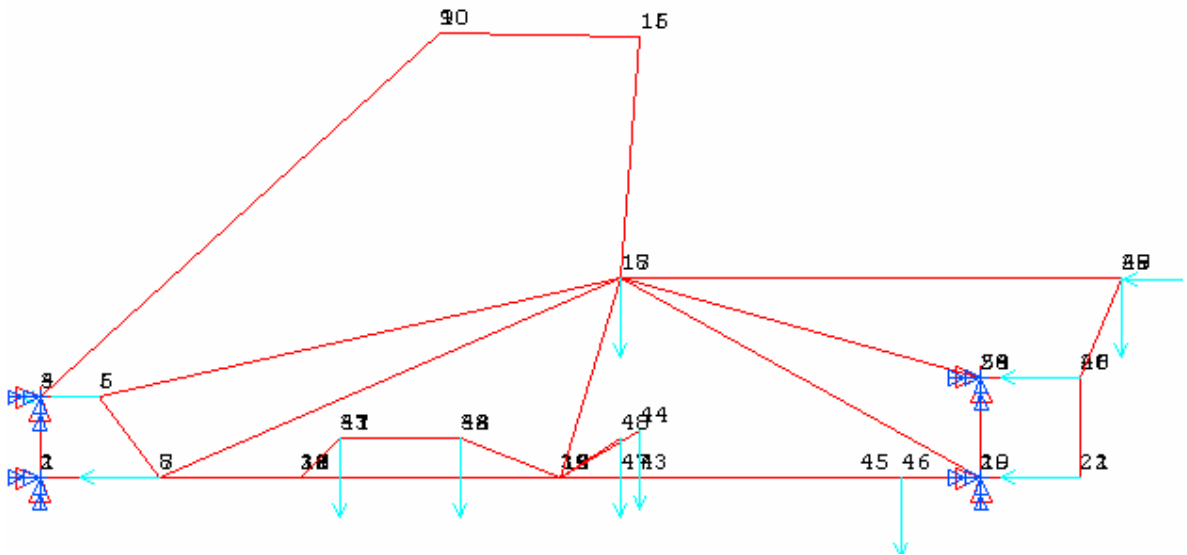
Ecuación 12. Fuerza producida por el peso del remolque

$$F = 1500Kg * (9.81 + 8.333)m / s^2$$

$$F = 27,222.8N$$

En la figura siguiente, se puede apreciar las condiciones de frontera para el caso dinámico.

Figura 17. Condiciones de frontera para el caso dinámico



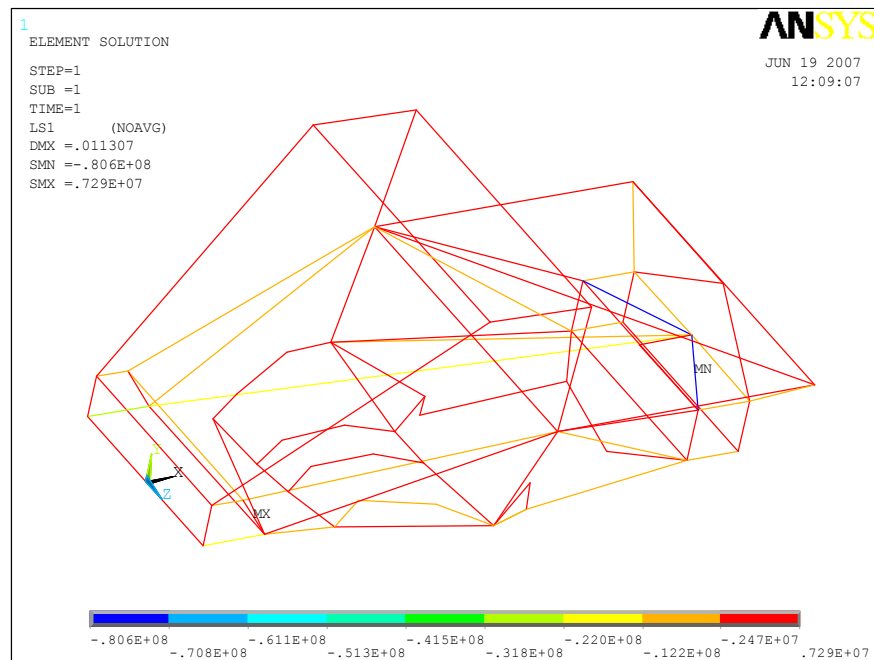
9.4.2 Resultados del caso dinámico

Para el caso dinámico, los resultados se pueden apreciar en la figura 18. En esta se puede apreciar que los elementos más cargados son el 78 y 79, los cuales tienen soportan un esfuerzo de 80MPa a compresión.

Este resultado es de esperarse, ya que son estos nodos los que soportan directamente la carga del elemento que está siendo arrastrado e ingresa al sistema en el momento del frenado.

En la siguiente figura se puede apreciar la distribución de esfuerzos que se dan en el vehículo.

Figura 18. Cargas dinámicas



En el caso de un frenado, el factor de seguridad que se tiene en el vehículo es de:

Ecuación 13. Factor de seguridad en el caso dinámico

$$\sigma = \frac{Syp}{n}$$

$$n = \frac{Syp}{\sigma}$$

$$n = \frac{345Mpa}{80.5Mpa} = 4.28$$

9.5 MÁXIMA CARGA A HALAR

El análisis de máxima carga a arrastrar es un cálculo necesario para saber cuales son los límites de operación del vehículo.

Cuando se realiza este tipo de análisis, existen dos vías de realizar este tipo de cálculos. Estas vías son:

- Análisis estructural, es mirar hasta donde es capaz de resistir el chasis antes de que un elemento falle.
- Análisis de la planta motriz, consiste en saber hasta donde resiste la planta motriz antes de que el motor se recaliente, rompa o el disco de embrague falle.

En este análisis se utilizará la primera vía, ya que se asume que la resistencia de la planta motriz es alta debido a las transmisiones empleadas.

Para este análisis se tiene bajo consideración las cargas del caso estático y se varía con la carga de arrastre. El presente cálculo se realizará aumentando la fuerza que se encuentra en la parte de atrás del vehículo y así hasta llegar a una esfuerzo que pueda representar un daño estructural.

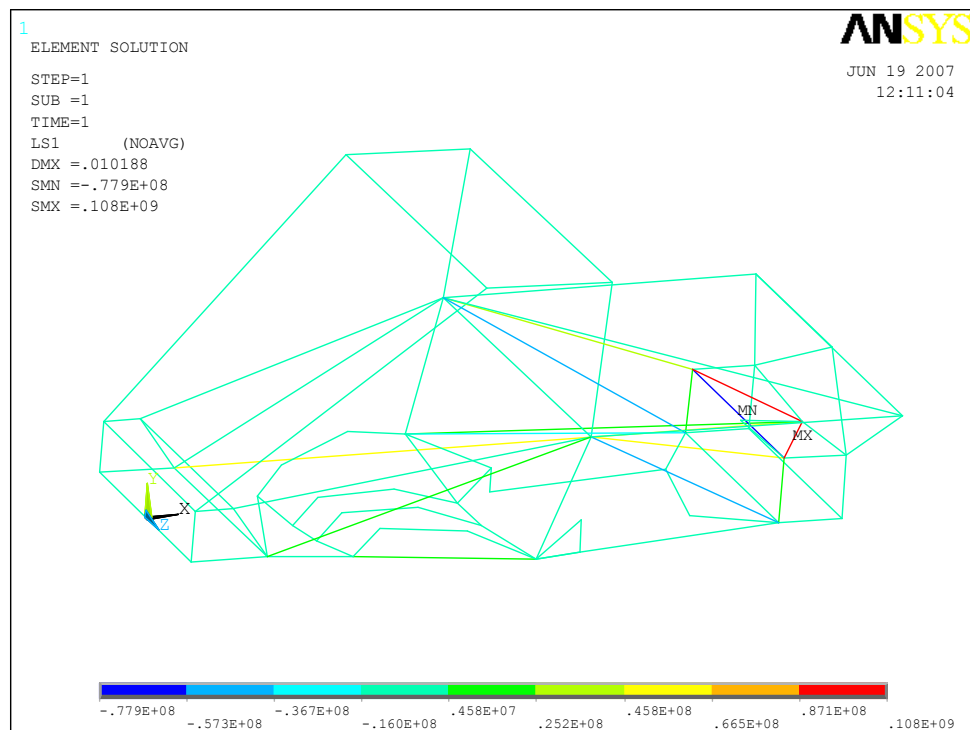
Este análisis se realiza de esta manera ya que como se utiliza un software de elementos finitos no se tiene una ecuación que se pueda remplazar para hallar este valor crítico.

9.5.1 Resultados

Se realiza análisis con cargas de 5000Kg, 10,000Kg, 11,000Kg y 14,000Kg.

Con la carga de 5000Kg, la distribución de esfuerzos que se tuvo se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura 19. Distribución de esfuerzos con una carga de 5.000Kg



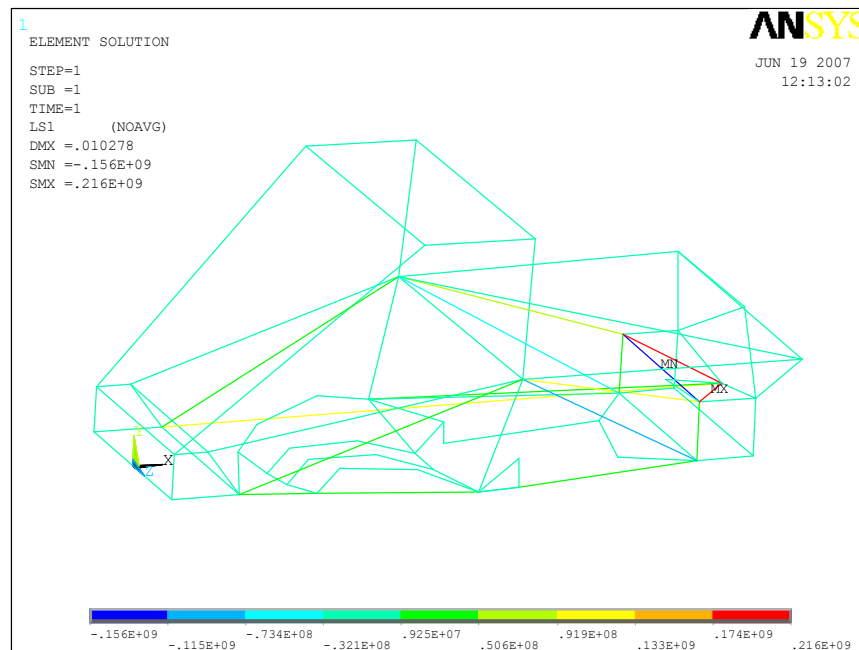
En este caso el esfuerzo máximo es de 107.7MPa que se presenta en los elementos 78 y 79. Luego el factor de seguridad para este caso será de:

Ecuación 14. Factor de seguridad para una carga de 5.000Kg

$$\sigma = \frac{Syp}{n}$$
$$n = \frac{Syp}{\sigma}$$
$$n = \frac{345Mpa}{107.7Mpa} = 3.20$$

Para el caso de una fuerza de 10,000Kg, la distribución de esfuerzos que se tiene se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura 20. Distribución de esfuerzos con una carga de 10.000Kg



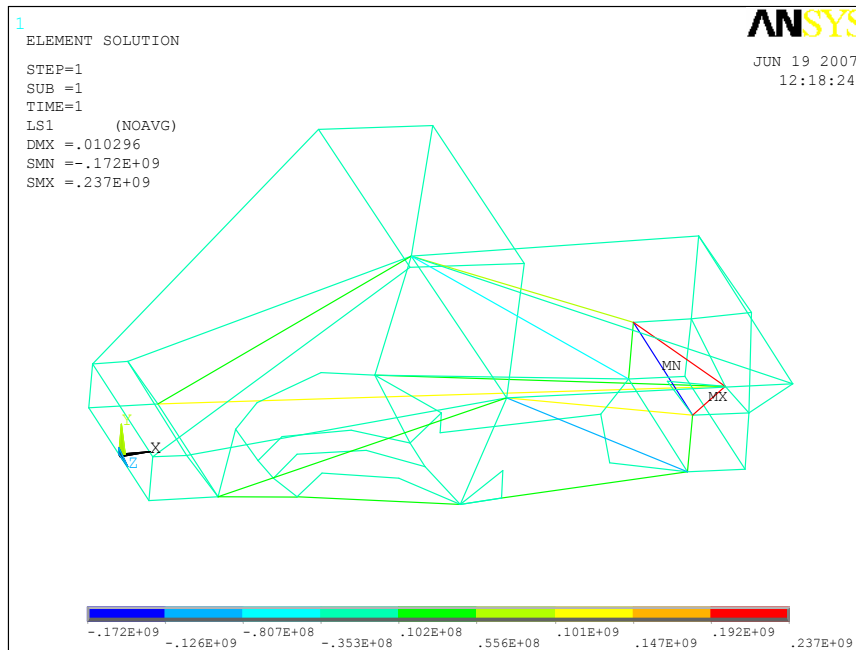
En este caso el esfuerzo máximo es de 215MPa que se presenta en los elementos 78 y 79. Luego el factor de seguridad para este caso será de:

Ecuación 15. Factor de seguridad para una carga de 10.000Kg

$$\sigma = \frac{Syp}{n}$$
$$n = \frac{Syp}{\sigma}$$
$$n = \frac{345Mpa}{215Mpa} = 1.60$$

Para el caso de una fuerza de 11,000Kg, la distribución de esfuerzos que se tiene se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura 21. Distribución de esfuerzos con una carga de 11.000Kg



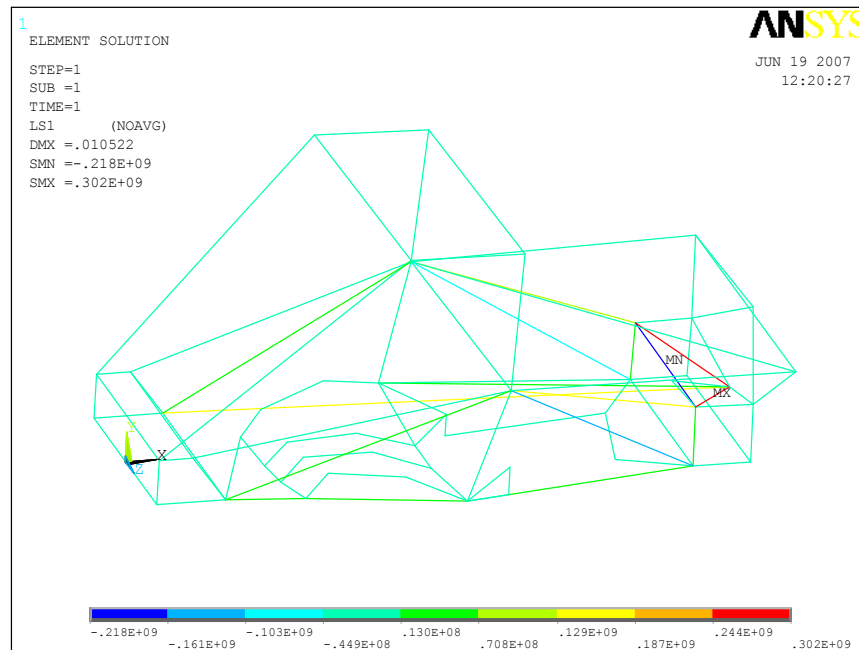
En este caso el esfuerzo máximo es de 237.4MPa que se presenta en los elementos 78 y 79. Luego el factor de seguridad para este caso será de:

Ecuación 16. Factor de seguridad para una carga de 11.000Kg

$$\sigma = \frac{Syp}{n}$$
$$n = \frac{Syp}{\sigma}$$
$$n = \frac{345Mpa}{237.4Mpa} = 1.45$$

Para el caso de una fuerza de 14,000Kg, la distribución de esfuerzos que se tiene se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura 22. Distribución de esfuerzos con una carga de 14.000Kg



En este caso el esfuerzo máximo es de 266MPa que se presenta en los elementos 78 y 79. Luego el factor de seguridad para este caso será de:

Ecuación 17. Factor de seguridad para una carga de 14.000Kg

$$\sigma = \frac{Syp}{n}$$
$$n = \frac{Syp}{\sigma}$$
$$n = \frac{345Mpa}{302Mpa} = 1.14$$

Después de realizar el anterior análisis se puede concluir que la mayor carga que puede soportar la estructura para ser halada es de 14.000Kg

10. CÁLCULO DE LA FUERZA DE ARRASTRE MAXIMA

La restricción que presenta el vehículo, en cuanto a fuerza máxima de arrastre, esta en la bola del tiro que es:

$$F_b = 2000Lbf$$

En las especificaciones del fabricante del motor, se tiene el siguiente dato del torque entregado por el cigüeñal del mismo:

$$\tau_m = 80Nm @ 3000rpm$$

10.1 TORQUE EN EL EJE DE LA RUEDA

Partiendo del torque del motor, se utiliza la siguiente formula para calcular el torque a la salida de una caja reductora o diferencial en este caso:

Ecuación 18. Torque de salida de una caja reductora

$$\tau_s = \tau_e \times E \times R$$

Donde:

τ_s = Torque de salida.

τ_e = Torque de entrada.

E = Eficiencia.

R = Relación de la caja.

El τ_s se calcula estando la caja de cambios en primera marcha; ya que, es en esta donde se obtiene mayor fuerza. Se trabaja con una eficiencia del 90%
 Para encontrar el torque en los ejes de las ruedas producido por el motor, se realiza por partes de la siguiente forma:

τ_1 = Torque producido por el motor a la caja de cambios estando en primera marcha.

τ_2 = Torque producido por la caja de cambios a los diferenciales, delantero y trasero.

τ_s = Torque producido por el diferencial al eje de la rueda.

Ecuación 19. Torque producido en el eje de la rueda por el motor.

$$\begin{aligned}\tau_1 &= \tau_m \times E \times R \\ \tau_1 &= (80Nm) \times (0.9) \times (3.416) \\ \tau_1 &= 245.952Nm\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_2 &= \tau_1 \times E \times R \\ \tau_2 &= (245.952Nm) \times (0.9) \times (4.388) \\ \tau_2 &= 971.314Nm\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_s &= \tau_2 \times E \times R \\ \tau_s &= (971.314Nm) \times (0.9) \times (5.125) \\ \tau_s &= 4480.184Nm\end{aligned}$$

10.2 FUERZA MÁXIMA PERMISIBLE

El torque producido en el eje de la rueda genera una fuerza máxima de arrastre; siempre y cuando, las llantas tengan el agarre suficiente y no patinen. Esta fuerza se halla así:

Ecuación 20. Fuerza máxima permisible

$$F_m = \frac{\tau_s}{d} \quad \wedge \quad F_p = \frac{F_m}{F.S.}$$

Donde:

τ_s = Torque producido en el eje de la rueda

F_m = Fuerza máxima de arrastre

d = Radio de la llanta

F_p = Fuerza máxima permisible

$F.S.$ = Factor de seguridad

Para no comprometer el motor, se utiliza un factor de seguridad de 1.5; despejando las ecuaciones anteriores, se obtiene:

Ecuación 21. Fuerza máxima de arrastre

$$F_m = \frac{4480.184Nm}{0.273m}$$
$$F_m = 16435.012Newton$$

ó

$$F_m = 3694.591Lbf$$

Ecuación 22. Fuerza máxima permisible por el vehículo

$$F_p = \frac{16435.0.12N}{1.5}$$
$$F_p = 10956.67\text{Newton}$$

ó

$$F_p = 2463.06\text{Lbf}$$

Como $F_p > F_b$, el vehículo no presenta inconvenientes en cuanto a la fuerza máxima a halar, la restricción la da la bola de arrastre la cual a su vez actuaría como fusible en caso de exceder arrastres superiores a 2000lbf.

11. CALCULO PLATINA PARA BOLA DEL REMOLQUE

Para evitar una posible fractura de la platina donde se agarra la bola para el remolque, esta se analiza por cortante y aplastamiento. Dicha platina es de acero ASTM 4140, el cual presenta las siguientes propiedades:

$$S_{ut} = 655 MPa$$

$$S_{yp} = 417 MPa$$

11.1 CALCULO DE LA PLATINA POR CORTANTE

Ecuación 23. Calculo platina remolque por cortante

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$\tau = \frac{2000 \text{ Lbf}}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \times (19.05 \text{ mm})^2}$$

$$\tau = \frac{2000 \text{ Lbf} \times \left(\frac{0.4535 \text{ Kgf}}{1 \text{ Lbf}}\right) \times \left(\frac{9.8066 \text{ N}}{1 \text{ Kgf}}\right)}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \times \left(19.05 \text{ mm} \times \left(\frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}\right)\right)^2}$$

$$\tau = 312.130 \text{ MPa}$$

Con el anterior resultado obtenemos un factor de seguridad de 2.09 con Sut.

11.2 CALCULO DE LA PLATINA POR APLASTAMIENTO

Ecuación 24. Calculo platina remolque por aplastamiento

$$\sigma_b = \frac{P}{A}$$

$$\sigma_b = \frac{2000Lbf}{(12.7mm) \times (19.05mm)}$$

$$\sigma_b = \frac{2000Lbf \times \left(\frac{0.4535Kgf}{1Lbf}\right) \times \left(\frac{9.8066N}{1Kgf}\right)}{\left(12.7mm \times \left(\frac{1m}{1000mm}\right)\right) \times \left(19.05mm \times \left(\frac{1m}{1000mm}\right)\right)}$$

$$\sigma_b = 35.923MPa$$

Por aplastamiento el factor de seguridad es 18.23 con Sut.

El mayor esfuerzo generado por la platina es por cortante; pero, no sobrepasa en ningún momento las propiedades del material.

12. PRESUPUESTO

Inicialmente se determinó un presupuesto total de \$8.000.000 máximo; gracias a los patrocinadores conseguidos se logro reducir los costos debido a la cantidad de piezas y servicios brindados por estos; se espera, de igual forma, cumplir a cabalidad lo convenido con dichas empresas. Con la intención de llevar un registro honesto de nuestros gastos se ira archivando y contabilizando cada egreso, para respetar al máximo el presupuesto.

Tabla 18. Costos

DETALLE	ESPECIFICACIONES	COSTO
Repuestos Autosura	Autosura	\$ 6.000.000
Construcción chasis	Andrés Lemos	\$ 1.800.000
Mano de obra reparación motor	Autolarte	\$ 500.000
Repuestos motor	Imp. Celeste	\$ 1.512.648
Otros		\$ 500.000
Montaje sistema eléctrico	Néstor Ramírez	\$ 480.000
Pintura	ATEMPHO	\$ 335.000
Tubería	Varios	\$ 321.864
Accesorios varios	El Trapiche	\$ 321.000
Insumos sistema eléctrico	Súper Repuestos	\$ 270.224
Carpa	Carpar	\$ 250.000
Arreglo Carburador	Districarburadores	\$ 175.000
Rotulas cambios	Varios	\$ 164.800
Esferas Allegro	Metro Mazda	\$ 112.000
Bujes Tijeras	Cauchos Malaca	\$ 107.750
Alimentación varias	Cafeterías Eafit	\$ 100.000
Calcomanías		\$ 100.000
Tornillos	Varios	\$ 99.661
Arreglo Distribuidor	Luis Restrepo	\$ 95.000
Madera volco	HomeCenter	\$ 86.000

DETALLE	ESPECIFICACIONES	COSTO
Bomba Gasolina	Peláez Hermanos	\$ 85.260
Guaya Clutch	Multi guayas	\$ 66.000
Accesorios frenos	Pieza Metálicas	\$ 60.000
Ejes	Antioquena de ejes	\$ 50.000
Base distribuidor	Chevro Daewoo	\$ 50.000
Empaques Culata	Varios	\$ 39.500
Soportes motor	Andrés Lemos	\$ 22.000
Tapa distribuidor y cables	Electro bujías	\$ 22.000
Filtro aire y thiner	Almacén lubri la 52	\$ 17.000
Rodamientos cambios	Balín y rodillos	\$ 16.500
Bujías y Filtro	Cerca Marquesa	\$ 16.000
Manguera y acoples gasolina	Mangueras Industriales	\$ 15.000
Switch Reversa	Redube	\$ 15.000
Insumos Miscelánea	Miscelánea glorieta	\$ 13.000
Mangueras radiador	Miscelánea amarilla	\$ 12.000
Tapa Radiador	Muelles balladera 52	\$ 11.000
Polea B Agua	Servitaxi	\$ 10.000
Correa Alternador	Bolívar x redube	\$ 8.000
Guarda polvos faltantes	Cauchos Malaca	\$ 5.500
Chuspa acelerador	Excelmotos	\$ 3.000
Filtro Gasolina	Frente Mangueras	\$ 1.500
Total		\$ 13.869.207

Aunque se estimo un costo total de \$8.000.000, este se incremento en un 73% debido a los siguientes conceptos:

- Sobrecosto construcción chasis: Paso de \$800.000 a \$1.800.000, se incremento un 125%
- Sobrecosto sistema eléctrico: Paso de \$700.000 a \$1.181.224, se incremento un 68.74%
- Sobrecosto reparación motor: Paso de \$1.500.000 a \$2.284.408, se incremento un 52.29%

13. CRONOGRAMA

Para poder cumplir el objetivo principal y los objetivos específicos en los que está dividido este proyecto; éste, se dividió en dos fases a saber:

13.1 FASE UNO

Esta incluye los objetivos 1, 2 y 4; tiene una duración de ocho semanas comprendidas entre el 02 de octubre al 10 de noviembre de 2006 y el 29 de enero al 09 de febrero de 2007.

13.2 FASE DOS

Es la fase más importante del proyecto e incluye los objetivos 3, 5 y 6; tiene una duración de doce semanas comprendidas entre el 12 de febrero y el 04 de mayo del 2007.

En esta segunda fase, se tuvo muchos inconvenientes de tipo mecánico, principalmente con el motor y la suspensión; por este motivo, esta fase pasó de 12 a 22 semanas como se puede observar en la tabla 20.

Tabla 19. Cronograma presupuestado

FASE 1	Mes 1					Mes 2					PLANEACION
	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 5	sem. 6	sem. 7	sem. 8			
	06-Oct	13-Oct	20-Oct	27-Oct	03-Nov	10-Nov	17-Nov	24-Nov			
Objetivo 1											Programado
Objetivo 2											Realizado
Objetivo 3											

FASE 2	Mes 3					Mes 4					Mes 5						
	sem. 9	sem. 10	sem. 11	sem. 12	sem. 13	sem. 14	sem. 15	sem. 16	sem. 17	sem. 18	sem. 19	sem. 20					
	02-Feb	09-Feb	16-Feb	23-Feb	02-Mar	09-Mar	16-Mar	23-Mar	30-Mar	06-Abr	13-Abr	20-Abr					
Objetivo 4																	
Objetivo 5																	
Objetivo 6																	

Tabla 20. Cronograma real

	Mes 1				Mes 2				PLANEACION	
	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 5	sem. 6	sem. 7	sem. 8		
FASE 1	06-Oct	13-Oct	20-Oct	27-Oct	03-Nov	10-Nov	02-Feb	09-Feb		Programado
Objetivo 1										
Objetivo 2										
Objetivo 4										Realizado

	Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8																
	sem. 9	sem. 10	sem. 11	sem. 12	sem. 13	sem. 14	sem. 15	sem. 16	sem. 17	sem. 18	sem. 19	sem. 20	sem. 21	sem. 22	sem. 23	sem. 24	sem. 25	sem. 26	sem. 27	sem. 28	sem. 29	sem. 30	sem. 31	sem. 32	sem. 33	sem. 34	sem. 35	sem. 36	sem. 37	sem. 38	sem. 39	sem. 40					
FASE 2	16-Feb	23-Feb	02-Mar	09-Mar	16-Mar	23-Mar	30-Mar	06-Apr	13-Apr	20-Apr	27-Apr	04-May																									
Objetivo 5																																					
Objetivo 3																																					
Objetivo 6																																					
FASE 2	11-May	18-May	25-May	01-Jun	08-Jun	15-Jun	22-Jun	29-Jun	06-Jul	13-Jul	20-Jul	27-Jul																									
Objetivo 5																																					
Objetivo 3																																					
Objetivo 6																																					

Tabla 21. Porcentaje de cumplimiento de objetivos

PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS								
Objetivo	FECHA INFORME							
	05-Oct	03-Nov	23-Feb	30-Mar	27-Abr	25-May	29-Jun	19-Jul
Obj. 1	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Obj. 2	40%	60%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Obj. 3	0%	0%	0%	0%	80%	100%	100%	100%
Obj. 4	40%	60%	80%	100%	100%	100%	100%	100%
Obj. 5	0%	0%	10%	40%	70%	85%	95%	100%
Obj. 6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	70%	100%

14. INCONVENIENTES PRESENTADOS DURANTE EL PROYECTO

Entre los inconvenientes presentados, podemos mencionar:

- Disponibilidad de tiempo y espacio de trabajo: Debido principalmente a los proyectos de Ingeniería de diseño, a los cuales se les dio una mayor prioridad.
- Problemas con el motor: Aunque se contó con un patrocinador para la puesta a punto del motor; éste, presentó demasiados inconvenientes de tipo mecánico y de repuestos, ya que se encontraba en muy mal estado.
- Problemas de suspensión: Debido al diseño por el que se optó, hubo que realizar cambios ya que el diseño es más complejo que una suspensión normal.
- Costos: Aunque se contó con muy buenos patrocinadores; los costos extra, debido a inconvenientes que se presentaron en el transcurso del proyecto y a mejoras en el modelo, aumentaron los costos en un 50%.
- Por ser un vehículo 4WD de tiempo completo, si una de las ruedas no posee tracción, el vehículo queda completamente inmóvil, necesitando bloqueo de diferenciales que para nuestro caso no se poseen.
- Problemas con el chasis: Al igual que con la suspensión, en repetidas ocasiones tuvo que realizar cambios en la estructura.

15. CONCLUSIONES

El diseño como parte fundamental de la ingeniería mecánica permite, en su estado más puro, lograr llevar de la imaginación al papel y consecuentemente a la vida real un objeto deseado como en este caso, un vehículo multipropósito.

Luego, el diseño es capaz de realizar casi cualquier tipo de actividad, sea para desarrollar una solución a la industria o por el contrario, simplemente solucionar una necesidad, para este proyecto, un hobby.

El diseño, también, es capaz de prever los fallos de las piezas según determinadas condiciones de uso, lo que permite controlar la geometría de los objetos para que obtengan el resultado que el diseñador esta esperando. Esto le da al diseño el poder de controlar la mayoría de las situaciones, dejando solo al azar los accidentes.

Finalmente, con el presente proyecto, se logro cumplir el objetivo principal propuesto y se constato que los objetos funcionaran adecuadamente siempre y cuando el proceso de diseño y de construcción sea realizado a conciencia e investigando el porque de las cosas, tal cual como se realizo.

Para garantizar el óptimo funcionamiento del vehículo, esté, se probó en el marco de la feria de las flores de Medellín en la edición 12 del Desfile de Autos Clásicos y antiguos.

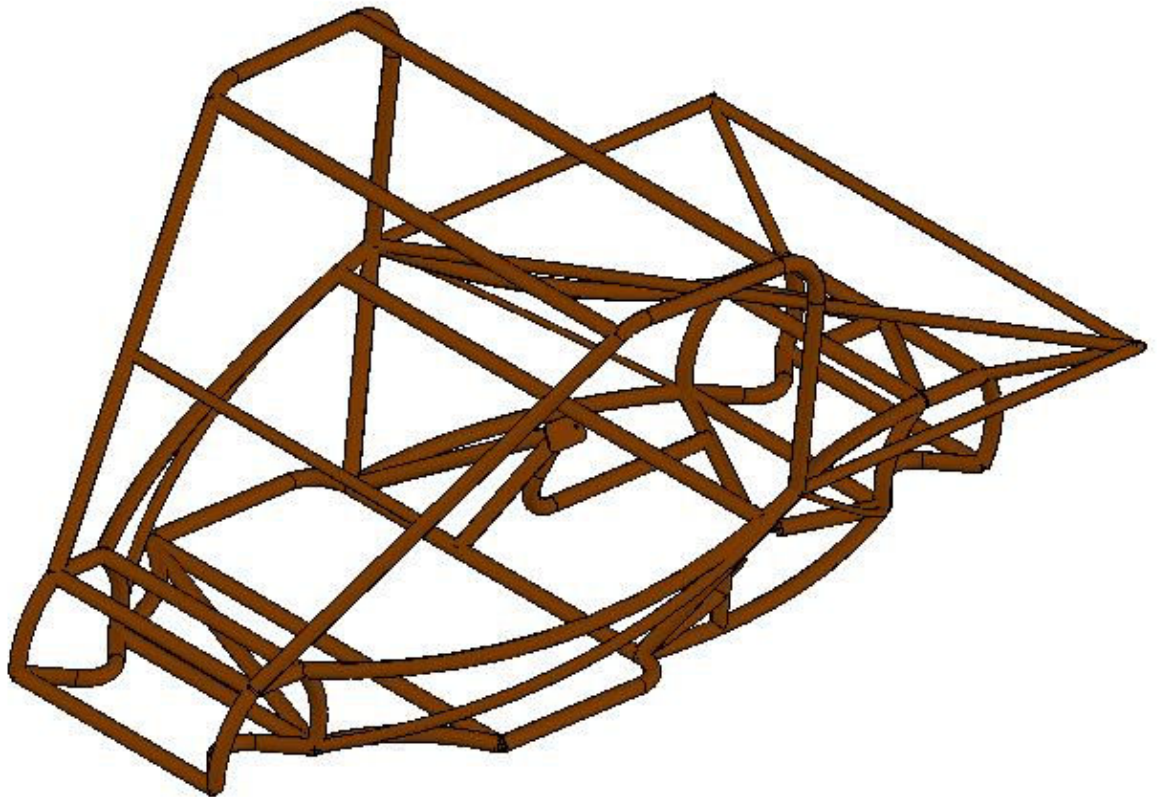
16. RECOMENDACIONES

- Para diseñar y construir un objeto con partes existentes o de segunda, es necesario conocer de antemano la forma, estado y funcionabilidad de las mismas para no tener inconvenientes que ameriten realizar cambios imprevistos y retracen principalmente la construcción de dicho objeto.
- Realizar un cronograma holgado en tiempos para no estar modificándolo constantemente.

17. ANEXOS

Los planos generales del prototipo se encuentran en formato digital

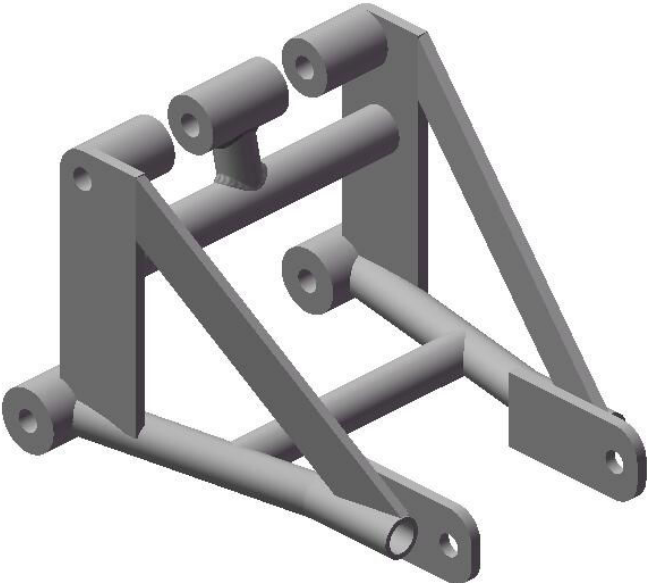
Anexo 1. Imagen Chasis



Anexo 2. Imagen Volco



Anexo 3. Imagen tijera superior trasera



Anexo 4. Imagen tijera superior delantera



Anexo 5. Vehículo terminado





BIBLIOGRAFIA

ICONTEC. Normas Colombianas para la presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Quinta actualización. Santa fe de Bogotá D.C.: ICONTEC, 2002. NTC 1486. I.C.S.: 01.140.40

RODRIGUEZ, Alberto. Artefactos: Diseño Conceptual. Primera Edición. Fondo Editorial Universidad EAFIT. Medellín, Colombia. 2003. ISBN: 970-17-0163-1.

RICO, Juan Pablo y otros. Diseño de un vehículo monoplaza: “El rudo”
Materia Diseño de Maquinas I, EAFIT. Medellín, Colombia. 2005

SHIGLEY, Joseph Y MISCHKE Charles R. Diseño en Ingeniería Mecánica.
McGraw Hill. Sexta Edición. México, D.F. 2002. ISBN: 970-10-3646-8.

@ Dalhousie University, 2005

Chasis. [En línea][Citado el 22 de Marzo de 2005] Disponible en:
http://www.me.dal.ca/~dp_03_14/design2.html

@Eafit, 2006

Diseño mecánico. [En línea][Citado el 15 de septiembre de 2006] Disponible en:
<http://www.eafit.edu.co/EafitCn/Ingenieria/Posgrados/DisenoMecanico/index.htm>

@ferrasa, 2007

Tabla tubería circular. [En línea][Citado el 15 de enero de 2007] Disponible:
<http://www.ferrasa.com/content.aspx?cid=150>

@ San José University, 2005

Diseño de un mini-baja. [En línea][Citado el 22 de Marzo de 2005] Disponible en:
http://www.engr.sjsu.edu/sae/Mini_Baja/Mini_Baja_2003/specs.htm

@Virtual U, 2006

Suspensión. [En línea][Citado el 15 de septiembre de 2006] Disponible en:
<http://www.vu.union.edu/~jennet/Baja2.jpg>

@wikipedia2, 2007

Vehículos 4x4. [En línea][Citado el 17 de junio de 2007] Disponible en:
http://es.wikipedia.org/wiki/Autom%C3%B3vil_todoterreno

@wikipedia, 2007

Vehículos 4x4. [En línea][Citado el 25 de mayo de 2007] Disponible en:
http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_de_tracci%C3%B3n_a_las_cuatro_ruedas

@4x4abc, 2007

Sistemas 4x4. [En línea][Citado el 25 de mayo de 2007] Disponible en:
http://www.4x4abc.com/4WD101/def_turn.html