

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA UN SISTEMA DE
TRANSPORTE DE VEHÍCULOS COLISIONADOS AL INTERIOR DE UN
TALLER DE MANTENIMIENTO DE AUTOMÓVILES.**

JHONATAN CÁCERES MEJÍA

DANIEL PEÑA ORTIZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2017

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA UN SISTEMA DE
TRANSPORTE DE VEHÍCULOS COLISIONADOS AL INTERIOR DE UN
TALLER DE MANTENIMIENTO DE AUTOMÓVILES.**

JHONATAN CACERES MEJÍA

DANIEL PEÑA ORTIZ

Trabajo de grado para optar título de ingeniero mecánico

DIRECTOR:

ISNARDO GONZALEZ JAIMES

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS**

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BUCARAMANGA

2017

DEDICATORIA

A mis padres Jaime y Claudia por su amor y apoyo incondicional, que me han brindado siempre para seguir adelante.

A mis hermanos Leidy y Maicol por su amor y compañía que me ofrecen cada día.

A mi familia y amigos por cada uno de sus buenos consejos.

Jhonatan Cáceres Mejía

A Dios, por darme las fuerzas para continuar adelante con este proyecto a pesar de las dificultades en el camino.

A mis padres, Eurípides y Ernestina por su amor y por siempre creer en mí, durante la realización del proyecto.

A mis familiares en general por sus permanentes oraciones y mensajes de apoyo durante todo este proceso.

A mis amigos y compañeros, por el apoyo y las asesorías brindadas durante la realización de todo el proyecto.

Daniel Peña Ortiz

AGRADECIMIENTOS

A ISNARDO GONZALES JAIMES, Director del proyecto, profesor de la Escuela de ingeniería mecánica, por todo el tiempo dedicado aportando valiosas ideas y su incondicional apoyo durante todo el proyecto.

A JAIME FREDY RICARDO, Codirector del proyecto, profesor de la Escuela de Ingeniería mecánica, por su constante disponibilidad y sus valiosos aportes a la electrónica del proyecto.

A RAFAEL ANGARITA, Gerente de CAMPESA, por brindarnos la oportunidad de diseñar una máquina de acuerdo a una necesidad presente en dicha empresa.

A todos los operarios del taller FELMAQ.S.A, por todos sus aportes en manufactura y por sus valiosos esfuerzos en la construcción del prototipo del presente proyecto.

A nuestras familias, amigos, compañeros y a todas las personas que de una forma u otra aportaron para la realización de este proyecto de grado.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	20
1. PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE DE LOS AUTOS COLISIONADOS...22	22
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR DEL PROBLEMA.....	26
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	28
1.3.1 Objetivo general.....	28
1.3.2 Objetivos específicos.....	28
2. MARCO TEORICO.....	29
2.1 TÉCNICAS PARA LA ELEVACIÓN Y TRANSPORTE DE VEHÍCULOS.....	29
2.1.1 Carga máxima a ser elevada.....	30
2.1.2 Información acerca del vehículo a elevar.....	31
2.2 SISTEMAS DE CONTROL DIRECCIONAL.....	33
2.2.1 Tipos de dirección.....	35
2.2.2 Sistemas de frenos.....	37
2.2.3 Sistemas de mando.....	39
2.3 MOTORES ELÉCTRICOS.....	40
2.3.1 Control de motores de corriente directa.....	41
3. DISEÑO CONCEPTUAL DEL EQUIPO.....	44
3.1 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD (QFD).....	45
3.1.1 Requerimientos del usuario.....	45
3.1.2 Criterio de diseño.....	45
3.2 MATRIZ DE CALIDAD PARA EL DISPOSITIVO.....	46

3.2.1 Resultados de la matriz.....	46
3.3 MATRIZ DE CALIDAD PARA CADA SUBSISTEMA	47
3.3.1 Subsistema de elevación.	47
3.3.2 Subsistema de control.	48
3.3.2 Subsistema de potencia.....	49
3.3.2 Subsistema de soporte mecánico.	50
3.4 ALTERNATIVAS PROPUESTAS.....	51
3.4.1 Alternativas para el subsistema de elevación.	51
3.4.2 Subsistema de control	53
3.4.3 Subsistema de potencia.....	56
3.4.4 Subsistema de soporte mecánico.	58
3.5 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS EN CADA SUBSISTEMA.	60
3.6 DESCRIPCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.....	61
3.7 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DEL DISEÑO PRELIMINAR.....	63
3.7.1 Elevación del vehículo.	63
3.7.2 Posicionamiento de la plataforma.	64
3.7.3 Transporte del vehículo.....	65
3.7.4 Descarga del automóvil.....	65
4. DISEÑO DETALLADO DE LA MÁQUINA	67
4.1 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS.	67
4.2 ANÁLISIS CINEMÁTICO	67
4.2.1 Características de los vehículos a transportar:	67
4.3 DISEÑO DE CHASIS.....	70
4.3.1 Requerimientos primarios para el chasis:	70

4.3.2 Puntos críticos:	71
4.3.3 Perfilera comercial:	73
4.3.4 Chasis detallado:	74
4.4 SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA ALGUNOS SUB SISTEMAS.....	76
4.4.1 Cálculo y selección de ruedas:	76
4.4.2 Motor principal:	78
4.4.3 Selección del sistema de transmisión:	80
4.4.4 Cálculo y selección de rodamiento principal:	81
4.4.5 Cálculo y selección de freno:	82
4.4.6 Cálculo y selección para el sistema electrónico de control:	83
4.4.7 Selección del gato elevación:.....	84
4.4.8 Cálculo y selección de la batería:	85
4.4.9 Selección del cargador para las baterías:	86
4.5 DISEÑO DE ELEMENTOS PARA ALGUNOS SUB SISTEMAS.	87
4.5.1 Accesorios de chasis:	87
4.5.2 Sistema de dirección:.....	89
4.5.3 Elemento de acople para llantas delanteras	91
4.5.4 Diseño de brazos extensibles:	92
4.5.5 Diseño para el componente de soporte y anclaje:	94
4.5.6 Código informático de control:	95
4.5.7 Diseño del eje de la rueda trasera:	96
4.5.8 Ensamble del diseño a escala real:	98
4.6 PRESUPUESTO DEL DISPOSITIVO.	99
5. DISEÑO DETALLADO DEL DISPOSITIVO A ESCALA.....	101

5.1 DISEÑO DE CHASIS.....	101
5.2 SELECCIÓN DE PIEZAS DISPONIBLES COMERCIALMENTE.....	102
5.2.1 Selección de motor principal.....	102
5.2.2 Selección para el sistema de frenado:	103
5.2.3 Selección de ruedas:	104
5.2.4 Selección del sistema de transmisión:	105
5.2.5 Selección de baterías para prototipo:	105
5.3.6 Cargador de batería:	105
5.3 DISEÑO DE PIEZAS A CONSTRUIR PARA EL MODELO.	106
5.3.1 Diseño de sistema de dirección:	106
5.3.2 Soporte para baterías:	106
5.3.3 Mecanismo de anclaje:	107
5.3.4 Diseño del eje de la rueda motriz:.....	108
5.3.5 Diseño de los brazos extensibles:.....	110
5.3.6 Sistema de control y hardware:.....	111
6. DISEÑO DE MANUFACTURA Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO.....	112
6.1 OPERACIONES PARA EL PROCESO DE CONSTRUCCION.....	112
6.1.1 Corte mecánico:.....	112
6.1.2 Oxicorte:.....	112
6.1.3 Soldadura:.....	113
6.1.4 Cilindrado:.....	113
6.1.5 Roscado:.....	113
6.1.6 Chaflán:.....	113
6.1.7 Taladrado:.....	113

6.1.8 Fresado:.....	114
6.2 HOJAS DE RUTA.	114
6.2.1 Diseño de manufactura para el chasis:	114
6.2.2 Diseño de manufactura para el eje de la rueda motriz:.....	120
6.3 ENSAMBLE GENERAL.	123
6.4 PRUEBAS DEL PROTOTIPO.....	124
6.4.1 Pruebas de funcionamiento	124
6.4.2 Pruebas utilizando PWM.....	126
6.4.3 Comprobación de cálculos teóricos	128
7. CONCLUSIONES	130
BIBLIOGRAFÍA.....	132

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Parque automotor en Colombia año 2015.	22
Figura 2. Grúa de recuperación y transporte.	24
Figura 3. Personal requerido para mover un auto.....	26
Figura 4. Técnico inspeccionado un auto de forma manual.....	27
Figura 5. Carga máxima de un elevador dada por el fabricante (1 TON).	30
Figura 6. Tipos de chasis más comunes.....	31
Figura 7. Etiquetas de puntos de elevación.	32
Figura 8. Dimensiones externas de un Chevrolet Spark 2013.....	33
Figura 9. Sistema piñón cremallera.	36
Figura 10. Sistema tornillo sinfín.....	37
Figura 11. Freno de partículas magnéticas.....	38
Figura 12. Sistema de regulación para motor DC usando PWM.....	42
Figura 13. Primera alternativa para el sub-sistema de elevación.....	51
Figura 14. Segunda alternativa para el subsistema de elevación.....	52
Figura 15. Tercera alternativa para el subsistema de elevación.....	53
Figura 16. Primera alternativa para el subsistema de control.	54
Figura 17. Segunda alternativa para el subsistema de control.	55
Figura 18. Tercera alternativa para el subsistema de control.	55
Figura 19. Primera alternativa para el subsistema de potencia.	56
Figura 20. Segunda alternativa para el subsistema de potencia.	57
Figura 21. Tercera alternativa para el subsistema de potencia.	58
Figura 22. Primera alternativa para el subsistema de soporte mecánico.....	59
Figura 23. Segunda alternativa para el subsistema de soporte mecánico.....	59
Figura 24. Tercera alternativa para el subsistema de soporte mecánico.....	60
Figura 25. Sistema con alternativas ganadoras.....	63
Figura 26. Diseño preliminar.....	66
Figura 27. Espacio disponible para el dispositivo.	68

Figura 28. Puntos críticos en el diseño preliminar del chasis.	72
Figura 29. Chasis detallado.	74
Figura 30. Estudio a chasis detallado.	75
Figura 31. Mejoras de la nueva estructura.....	75
Figura 32. Cargas externas.....	76
Figura 33. Ruedas para la plataforma.....	77
Figura 34. Conjunto motor-reductor.	79
Figura 35. Freno magnético.	83
Figura 36. Circuito en configuración “Puente H”.	83
Figura 37. Gato Black bull EJ212.....	85
Figura 38. Accesorio porta MRB.	88
Figura 39. Accesorio porta MRB simulation.	88
Figura 40. Accesorio porta gatos.	89
Figura 41. Accesorios ensamblados en chasis.	89
Figura 42. Sistema de dirección.....	90
Figura 43. Acoplamiento para llantas delanteras.	91
Figura 44. Análisis a sistema de acoplamiento para llantas delanteras.	92
Figura 45. Brazos extensibles.....	93
Figura 46. Componente de soporte y anclaje.	94
Figura 47. Rotación relativa entro elementos.	95
Figura 48. Análisis por MEF a brazos extensibles y mecanismo de enganche.	95
Figura 49. Código para control.....	96
Figura 50. Eje para rueda.	98
Figura 51. Análisis para eje para rueda.	98
Figura 52. Ensamble total para diseño a escala real.	99
Figura 53. Chasis para prototipo.....	101
Figura 54. Análisis para chasis de prototipo.	102
Figura 55. Motor principal para el prototipo.	103
Figura 56. Sistema de frenos.	104
Figura 57. Ruedas para prototipo.	104

Figura 58. Sistema de dirección.....	106
Figura 59. Soporte para baterías del prototipo.	107
Figura 60. Análisis por MEF para soporte de baterías.....	107
Figura 61. Análisis de simulation para el sistema de anclaje del prototipo.	108
Figura 62. Eje rueda motriz.....	108
Figura 63. Análisis MEF del eje.	109
Figura 64. Brazos extensibles.....	110
Figura 65. Análisis MEF de los brazos del prototipo.	110
Figura 66. Elementos del chasis seleccionado para manufactura.	114
Figura 67. Ensamble general del prototipo.	123
Figura 68. Diseño y construcción.....	123
Figura 69. Pruebas del prototipo en Campesa S.A.....	124
Figura 70. Prueba de radio de giro.	124
Figura 71. Prueba de giro vista superior.	125
Figura 72. Prueba de capacidad en pendiente de 15%.	126
Figura 73. Carga del prototipo desde vista superior.	128

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Voltajes nominales para motores CD.....	43
Tabla 2. Cálculo de las dimensiones disponibles.....	69
Tabla 3. Dimensiones en vehículos comunes.....	69
Tabla 4. Peso de los vehículos.	70
Tabla 5. Requerimientos para el sistema de soporte mecánico.....	71
Tabla 6. Materiales para el diseño del chasis.	73
Tabla 7. Balance de fuerzas externas a la plataforma.	77
Tabla 8. Potencia del motor principal.....	78
Tabla 9. Especificaciones del motor.	79
Tabla 10. Especificaciones del reductor.	80
Tabla 11. Parámetros del sistema de transmisión.	80
Tabla 12. Especificaciones del sistema de transmisión.	81
Tabla 13. Cálculo de torque de frenado.....	82
Tabla 14. Elementos que componen los sistemas.....	84
Tabla 15. Especificaciones para el gato eléctrico	84
Tabla 16. Calculo del sistema de baterías.	85
Tabla 17. Especificaciones generales de la batería.....	86
<i>Tabla 18. Materiales para el diseño de brazos.</i>	<i>93</i>
Tabla 19. Calculo para el eje trasero de la plataforma.....	97
Tabla 20. Presupuesto de la plataforma.	100
Tabla 21. Características del motor principal para el prototipo.	103
Tabla 22. Características del sistema de freno.	104
Tabla 23. Características del sistema de transmisión.....	105
Tabla 24. Características para batería de prototipo.	105
Tabla 25. Cálculo de eje.	109
Tabla 26. Plano de para el elemento CH_01.	115
Tabla 27. Lista de operaciones para el elemento CH_01.	116

Tabla 28. Parámetros de operaciones para el elemento CH_01.	116
Tabla 29. Plano de para el elemento CH_09.	117
Tabla 30. Lista de operaciones para el elemento CH_09.	117
Tabla 31. Parámetros de operaciones para el elemento CH_09.	118
Tabla 32. Plano de eje.	120
Tabla 33. Lista de operaciones de manufactura para el eje.	121
Tabla 34. Parámetros de las operaciones de manufactura del eje.	121
Tabla 35. Pruebas de funcionamiento.	125
Tabla 36. Prueba usando PWM.	127
Tabla 37. Comprobación de potencia teórica.	128

LISTA DE ANEXOS

(Ver anexos adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en la Base de Datos de la Biblioteca UIS)

Anexo A. Análisis MEF para el chasis

Anexo B. Selección de elementos comerciales

Anexo C. Diseño de elementos a manufacturar

Anexo D. Diseño y selección de componentes del prototipo

Anexo E. Electrónica para el sistema de control

Anexo F Planos del dispositivo a escala real

Anexo G Planos del prototipo

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE VEHÍCULOS COLISIONADOS AL INTERIOR DE UN TALLER DE MANTENIMIENTO DE AUTOMÓVILES*.

AUTOR: JHONATAN CÁCERES MEJÍA
DANIEL PEÑA ORTIZ **

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento automotriz, prototipo.

DESCRIPCIÓN:

En este proyecto se diseñó un sistema de transporte versátil que permita transportar vehículos colisionados de forma eficiente y segura dentro de las instalaciones de un taller de mantenimiento automotriz, garantizando la integridad de los operarios y de los vehículos del taller. Este dispositivo tendrá la capacidad de adaptarse de tal manera que pueda utilizarse para realizar el transporte de diferentes tipos de automóviles; se asegura un diseño que brinde autonomía energética y permita operarlo de manera ergonómica para el operario. Con este dispositivo se optimizará las maniobras dentro del taller y se mejorará considerablemente los procesos y actividades propias en el mantenimiento automotriz

El proceso de diseño se inicia conociendo las capacidades generales que debe tener el equipo, se plantea un diseño conceptual evaluando las características más importantes a tener en cuenta durante la etapa del diseño como lo son: la capacidad de carga, la velocidad de transporte y la maniobrabilidad del sistema. Posteriormente se inicia el diseño mecánico siguiendo métodos ingenieriles convencionales y corroborando los resultados mediante análisis CAE de los elementos de la máquina.

Finalmente, se hizo el diseño de la manufactura y se construyó un modelo a escala que permitió analizar el comportamiento cinemático y estructural del dispositivo, al mismo tiempo que se evaluaron todos los procesos, componentes y mecanismos diseñados.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Ing. Isnardo Gonzales Jaimes. Codirector: Ing. Jaime Freddy Ricardo.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND CONSTRUCTION OF A PROTOTYPE FOR A TRANSPORT SYSTEM FOR VEHICLES COLLECTED INSIDE AN AUTOMOBILE MAINTENANCE WORKSHOP*.

AUTHOR: JHONATAN CÁCERES MEJÍA
DANIEL PEÑA ORTIZ**

KEYWORDS: Automotive maintenance, prototype.

DESCRIPTION:

In this project, a versatile transport system was designed to carry collided vehicles in an efficient and safe way within the facilities of an automotive maintenance workshop, guaranteeing the integrity of the workers and the vehicles of the workshop. This device will have the capacity to adapt in such a way that it can be used to carry different types of vehicles, it ensures a design that provides energy autonomy and allows to operate ergonomically for the operator. With this device will optimize the maneuvers inside the workshop and will greatly improve the processes and activities of the automotive maintenance.

The design process began by regarding the general capabilities that the equipment must have. Then, a conceptual design was proposed after evaluating the most important characteristics to be taken into account during the design stage, such as: the load capacity, the speed of transport and the maneuverability of the system. Subsequently the mechanical design is initiated following conventional engineering methods and corroborating the results by CAE analysis of the machine elements.

Finally, the manufacturing design was made and a scale model was constructed. It allowed analyzing the kinematic and structural behavior of the device, while evaluating all the processes, components and designed mechanisms.

* Degree Project

** Physical-mechanical Engineering faculty. Mechanical Engineering School. Director: Eng. Isnardo González Jaimes. Codirector: Eng. Jaime Freddy Ricardo.

INTRODUCCIÓN

Debido a la necesidad de la industria en cuanto a operaciones de transporte de autos colisionados en espacios reducidos, las cuales actualmente se realizan de forma insegura e ineficiente se hace necesario la implementación de nuevas tecnologías que permitan mantener la integridad física de los trabajadores y mejorar la productividad de las empresas. En el presente proyecto se diseña un sistema para mover autos colisionados, autónomo y compacto que tecnificará los procesos de transporte de vehículos utilizando tecnología de vanguardia y de esta forma mejorar la productividad de la industria local. Durante el proceso de diseño se seguirán los pasos comunes de cualquier diseño mecánico utilizando principios físicos para calcular variables indispensables a la hora de seleccionar elementos del sistema y utilizando software tipo CAD y CAE con el fin de comprobar la resistencia y comportamiento de todas las estructuras de la maquina a diseñar.

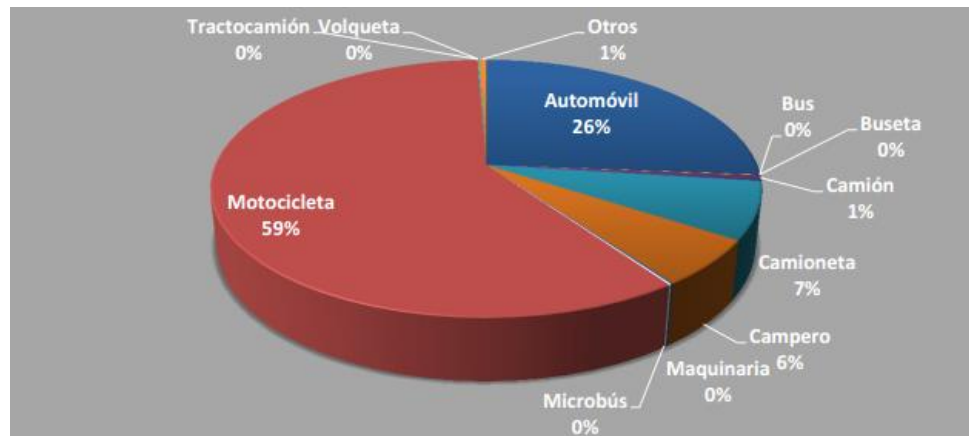
Para corroborar todos los modelos de cálculo hechos del dispositivo se realizará el diseño y la construcción de un prototipo, esto con el ánimo de verificar algunas variables durante la operación en campo de la máquina y adicionalmente corroborar que el dispositivo real si cumplirá con todos los requerimientos de diseño. Por último, en este proyecto se analizarán los resultados de dichas pruebas en el prototipo y se determinará si los modelos de cálculo aplicados durante los diseños (A escala real y prototipo) fueron verídicos, se presentarán condiciones de operación óptimas para la maquina a escala real según los resultados obtenidos durante la evaluación y puesta en funcionamiento del prototipo.

1. PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE DE LOS AUTOS COLISIONADOS

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El transporte terrestre es el medio que moviliza más pasajeros en el país, para el año 2015 este sistema fue usado por más de 180 millones de pasajeros según el ministerio de transporte, esto equivale al 84% del total de usuarios nacionales. El automóvil forma parte esencial del parque automotor y es el segundo más numeroso por detrás de la motocicleta¹.

Figura 1. Parque automotor en Colombia año 2015.



Fuente: Disponible en internet: <https://www.mintransporte.gov.co/Documentos/documentos_del_ministerio/Estadisticas>

El número de vehículos junto con violaciones al código nacional de tránsito por parte de los conductores ha generado altos índices de accidentalidad en el país, las principales causas de estos son: el exceso de velocidad, no mantener una distancia

¹ MINISTERIO COLOMBIANO DE TRANSPORTE. Estudio estadístico. Movimiento de pasajeros por modo de transporte. En: Transporte en cifras estadísticas 2015. Bogotá DC. 2016. P. 63.

prudente con los demás vehículos, la inexperiencia de los conductores y el mal estado de las vías.

Lamentablemente estos sucesos pueden afectar primordialmente la integridad de las personas, además de sus recursos materiales como lo son en sí, los automóviles, generando afectaciones económicas al tener que realizar actividades de reparación especializadas de ser necesario. Los accidentes en muchas ocasiones afectan los componentes estructurales del vehículo, los impactos frontales o volcamientos pueden llegar a deformar o desalinear los sistemas suspensión y dirección del mismo, lo cual evita que el auto puede trasladarse de forma normal sobre sus elementos rodantes.

Después de ocurrido un accidente de tránsito y las autoridades correspondientes estén en lugar de los hechos, son estos quienes determinarán si el auto se debe llevar a los parqueaderos competentes; para realizar este procediendo las autoridades de tránsito locales o policía de carreteras dependiendo de dónde ocurra el accidente, cuentan con grúas (ver figura 2) capaces de rescatar y trasportar los vehículos.

Figura 2. Grúa de recuperación y transporte.



Fuente: disponible en internet <<http://www.eltiempo.com/bogota/accidente-en-la-avenida-circunvalar/15345655>>

Posterior a que se hayan finalizado los trámites en la dirección de tránsito, al igual que los procesos ante fiscalía para la entrega provisional del auto, los usuarios tienen autorización para sacar sus vehículos de los parqueaderos donde fueron transportados luego del accidente. Ahora, el propietario debe buscar los mecanismos para trasladar su vehículo a un lugar donde pueda ser reparado. Por otro lado, si el usuario está cubierto por pólizas todo riesgo la aseguradora se encargará del auto una vez le den salida²; sin importar la condición del auto, el primer paso para la aseguradora es llevarlo desde los patios hasta el taller donde será inspeccionado para determinar que tanto daño sufrió el automóvil durante el trágico suceso y decidir si se repara o se declara en pérdida total.

² BOTERO. Juan. Protección patrimonial. En: Estas son las ventajas de un seguro todo riesgo. [En línea]. Disponible en: <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/son-ventajas-seguro-riesgo-184638>

Para los Autos fabricados por CHEVROLET el proceso de inspección, diagnóstico y posible reparación se realiza por personal de CAMPESA S.A posventa, que tiene sede en varias ciudades del territorio nacional entre ellas Bucaramanga.

Una vez que el vehículo llega al taller y es descargado por la grúa, es necesario que el personal lo traslade hasta el interior del taller donde el auto será inspeccionado por los técnicos. Para mover un auto gravemente dañado dentro un taller de CAMPESA S.A los operarios deben ejercer grandes esfuerzos puesto que estos vehículos poseen una baja o nula capacidad de maniobrabilidad además de los reducidos espacios de los que dispone el taller puesto que por lo general esta colmado de autos en procesos de mantenimiento post-venta.

Para realizar este tipo de operaciones la empresa debe disponer de mínimo 4 operarios que permitan trasladar el auto al lugar previamente designado lo que disminuye la productividad de todo el taller; el primer paso para los técnicos es subir por medio de elevadores hidráulicos el auto a una plataforma móvil que carece de control direccional y sistemas de frenos, al final los técnicos deben elevar nuevamente el auto para retirar la plataforma y poder descargarlo, todo esto sumado a las inclinadas pendientes del taller hace que la operación sea insegura para los autos aledaños y principalmente para la integridad física de los operarios.

Ante esta situación se hace evidente la necesidad de un dispositivo para el movimiento del vehículo sin autopropulsión, que sea seguro, proporcionando control direccional y capacidad de frenado dentro del taller de mantenimiento de automóviles. Es decir, una plataforma autónoma que pueda transportar dentro del taller al carro que va a recibir mantenimiento post-venta.

Figura 3. Personal requerido para mover un auto.



1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR DEL PROBLEMA

Debido a la cantidad de industrias que compiten en el mercado del mantenimiento automotor y con ánimos de disminuir el tiempo de espera para los clientes, las empresas luchan día a día por optimizar sus procesos. La correcta distribución de las zonas de trabajo y la velocidad con la que se mueven los autos en el taller, son vitales para tener operaciones rápidas, lo que al final se ve reflejado en una entrega oportuna al propietario del vehículo.

Cuando se quiere transportar de forma práctica y segura un automóvil que ha sufrido un grave accidente de tránsito, lo ideal es usar un sistema autónomo que permita tener impulso, control direccional, capacidad de frenado y sobre el cual se pueda colocar el auto averiado para que las operaciones de traslado dentro del taller se acerquen a las de mover un auto en perfectas condiciones. La forma como en el taller de mantenimiento de CAMPESA S.A se mueven vehículos colisionados es

lenta y muy insegura para los técnicos que a menudo hacen este tipo de operaciones.

Figura 4. Técnico inspeccionando un auto de forma manual.



Fuente: Disponible en internet <https://imganuncios.mitula.net/venta_d_vehiculos_chocados_comprados_personales_x_seguros_en_bogota_no_110793_1690127417065176852.jpg>

La implementación de dicho sistema incrementará la velocidad de transporte, reducirá el riesgo de accidentes con autos estacionados dentro taller, pero sobre todo protegerá la integridad de los trabajadores de la empresa; adicionalmente, reducirá el número de técnicos y por ende las horas hombre necesario para llevar a cabo esta operación.

La empresa CAMPESA S.A está muy interesada en adquirir dicho sistema de transporte de vehículos que permitan mejorar las condiciones actuales con que se hacen estas operaciones al interior del taller; de esta manera aumentar la productividad y garantizar la integridad de sus técnicos.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 Objetivo general. Contribuir al desarrollo de la industria regional por medio del diseño y construcción de un modelo a escala, para un sistema autónomo y seguro que transporta en el interior de un taller de mantenimiento, autos colisionados sin capacidad de trasladarse por sí mismos y de esta manera cumplir con el propósito misional de la Universidad Industrial de Santander en cuanto al desarrollo de nuevas tecnologías.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diseñar un dispositivo que transporte vehículos accidentados que cumpla con las características mencionadas a continuación:
 - Elevar el tren delantero de un vehículo basándose en un peso máximo de 1.9 toneladas.
 - Capacidad de remolcar de forma segura dicho automóvil al interior de un taller de CAMPESA S.A con pendientes de hasta un 15%.
 - Funcionamiento energéticamente autónomo que permita evitar accidentes con líneas de alimentación eléctrica durante la operación.
- Diseñar un prototipo que transporte de forma controlada una carga de 100 kilogramos, utilizando la metodología aplicada para el primer objetivo.
- Construir dicho prototipo de transporte con el fin de comprobar lo desarrollado en el proceso de diseño y generar recomendaciones de funcionamiento para una correcta operación del dispositivo final.

2. MARCO TEORICO

2.1 TÉCNICAS PARA LA ELEVACIÓN Y TRANSPORTE DE VEHÍCULOS³.

Para entrar en materia acerca de las diferentes situaciones a las cuales se expondrá el dispositivo una vez sea haya construido, es importante conocer algunos de estos procedimientos antes de la etapa de diseño. A continuación, se presentará algunos pasos recomendados para llevar a cabo la elevación y el transporte de un auto.

- Un elevador de autos no es un sistema común puesto que este está diseñado específicamente para elevar de forma segura un vehículo.
- Todos los elevadores de vehículos deben ser capacitados para llevar a cabo este tipo de operaciones. Por muy sencilla que se vea a simple el levantamiento total o parcial de un vehículo, acciones como elegir erróneamente el punto de elevación podría genera graves daños al vehículo y a las personas cercanas a la operación.
- Por ningún motivo los parámetros de operación o mecanismos del dispositivo de elevación deben ser modificados. La variación de dichos parámetros por personal no calificado podría llegar a causar un accidente.
- Previo a iniciar la operación el tenido debe revisar el buen estado del dispositivo de elevación. Al mismo tiempo debe cerciorarse que la zona dispuesta para la elevación esté libre de:
 - Aceites u otro tipo de lubricantes.
 - Herramientas.
 - Cadenas, mangueras u otras piezas del auto a elevar.
 - Suciedad o cualquier tipo de basura.

³ GARCÍA, Luis y PLATA, Javier. Consideraciones técnicas y de seguridad relacionadas con la elevación de vehículos. En: Elevación de autos Diseño de elevador móvil para vehículos livianos y construcción de un modelo a escala. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander. 2004. P. 20.

- Ni propietarios del automóvil a elevar ni ninguna persona ajena al personal capacitado debe estar cerca del lugar de elevación. Esto debido a que no están familiarizados con las medidas de seguridad referentes a la operación.

2.1.1 Carga máxima a ser elevada. Para que la operación de transportar auto colisionado no se haga insegura se debe tener claro el peso máximo que tenga el objeto a levantar. A continuación, se expondrá información básica acerca de este tema.

- Jamás se debe exceder la capacidad máxima del sistema de elevación, una carga por encima de la carga de diseño podría crear daños irreparables en el motor o en el sistema de baterías. En caso de que el técnico desconozca la carga máxima del sistema debe consultar el manual de usuario del dispositivo.

Figura 5. Carga máxima de un elevador dada por el fabricante (1 TON).



Disponible en internet: < <http://www.mikelsmexico.mx/fichas/GET-12.pdf>>

- En el sistema de elevación debe estar en su tamaño mínimo (carga totalmente descendida) a la hora de levantar el auto.

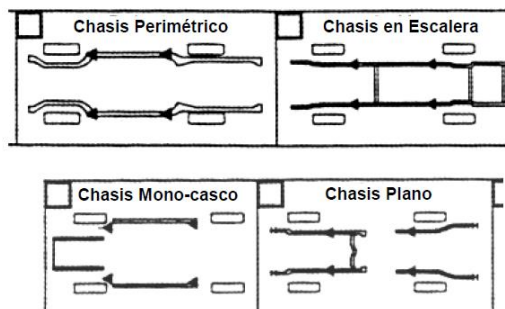
2.1.2 Información acerca del vehículo a elevar. La información más relevante en cuanto a vehículo que desea ser elevado es su tipo de chasis puesto que es este, quien dirá los puntos adecuados en donde ubicar el sistema de elevación antes de iniciar la operación.

Previo a levantar el auto es importante conocer su tipo de chasis, En la figura 6 se pueden ver los puntos de elevación recomendados por el fabricante.

A partir de 1994 los fabricantes de automóviles en los Estados Unidos iniciaron la ubicación de etiquetas que permitan identificar los puntos de elevación recomendados. Todas estas etiquetas fueron estandarizadas por la norma SAE J2184, usando un triángulo como símbolo de identificación de los puntos de elevación.

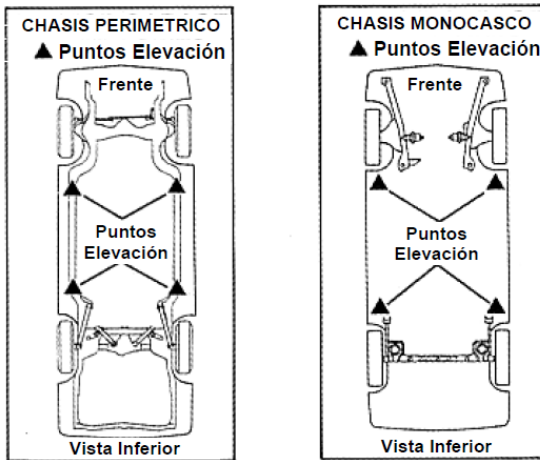
En la figura 7 se muestra un ejemplo de las etiquetas de identificación para dichos puntos.

Figura 6. Tipos de chasis más comunes.



Fuente: GARCÍA, Luis y PLATA, Javier. Consideraciones técnicas y de seguridad relacionadas con la elevación de vehículos. En: Elevación de autos Diseño de elevador móvil para vehículos livianos y construcción de un modelo a escala.

Figura 7. Etiquetas de puntos de elevación.



Fuente: GARCÍA, Luis y PLATA, Javier. Consideraciones técnicas y de seguridad relacionadas con la elevación de vehículos. En: Elevación de autos Diseño de elevador móvil para vehículos livianos y construcción de un modelo a escala.

Con ánimos de diseñar la plataforma móvil será de mucha importancia dar conocer las medidas externas de los vehículos a transportar sobre ellas, dichos datos están disponibles en la web (Ver figura 8).

Las longitudes más importantes que se buscan son las que componen el espacio para acceder a la parte inferior del motor desde la parte frontal de vehículo. Adicionalmente, algunas otras dimensiones se pueden conocer mediante el tamaño de las llantas las cuales da el fabricante de cada automotor.

Figura 8. Dimensiones externas de un Chevrolet Spark 2013.



Chevrolet Spark 2013
Capacidad del maletero: 170 litros.
En venta como modelo nuevo hasta 2015.

Fuente: Disponible en internet < <http://www.medidasdecoches.com/anteriores/chevrolet>>.

2.2 SISTEMAS DE CONTROL DIRECCIONAL⁴.

Los sistemas de control direccional, son parte primordial de los vehículos y demás maquinas móviles. Permiten que la maquina realice maniobras de forma controlada y sin exceder las capacidades físicas del operario.

Para cumplir con un funcionamiento óptimo, los sistemas de dirección deben tener ciertas características que ofrezcan una conducción estable, suave y sencilla. Las cuales se logran por medio de diseños de desmultiplicación de fuerzas y sistemas de irreversibilidad; estas últimas evitan que los efectos de la irregularidad del suelo sean transmitidos al conductor.

⁴ MAYZ, Edgar. Características de los sistemas de dirección de vehículos. En: Sistemas de dirección. [EN LINEA] Disponible en: <https://sites.google.com/site/sistemadedireccion/home>.

Al ser la dirección y los frenos los sistemas más importantes en el control del movimiento de un vehículo y de los cuales dependen la mayor parte de la integridad de este y de la carga que transporta, se hace necesario dotar a estos sistemas de cualidades como las siguientes:

- **Seguridad:** Es la principal característica que debe cumplir este sistema, sobre todo por el hecho de que se puede poner en riesgo la integridad de las personas. La seguridad depende de la fiabilidad del mecanismo, de la calidad de los materiales empleados.

- **Suavidad:** Los mecanismos de dirección deben evitar que el operario tenga que realizar fuerzas excesivas sobre el actuador (volante). Por tal razón el sistema debe tener un montaje preciso que evite interferencias entre los elementos mecánicos, para aprovechar al máximo la energía mecánica dada por el operario. Además, las direcciones con desmultiplicaciones adecuadas hacen que la operación sea ergonómica y confiable. Se debe tener en cuenta que la suavidad, al igual que las demás características del sistema, también depende de otros elementos del vehículo (ruedas, suspensión y hasta el estado del chasis).

- **Precisión:** La correcta relación de los elementos del sistema hace que el movimiento del volante sea transmitido de manera correcta a las ruedas, esto garantiza que la dirección responda de manera rápida cuando sea accionada por el operario. Algunas de las causas que afectan una trayectoria precisa de un automóvil pueden ser:

1. Por excesivo juego en los órganos de dirección (Desalineamientos, desengranes).

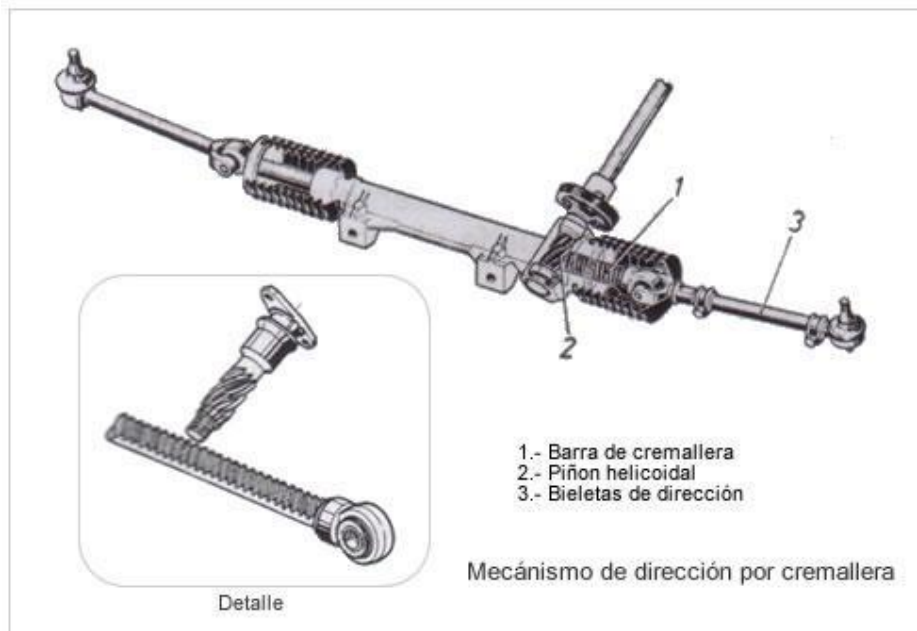
2. Por alabeo de las ruedas, que implica una modificación periódica en las cotas de reglaje y que no debe de exceder de 2 a 3 mm.
3. Por un desgaste desigual en los neumáticos (falso redondeo), que hace ascender a la mangueta en cada vuelta, modificando por tanto las cotas de reglaje.
4. El desequilibrio de las ruedas, que es el principal causante del shimmy, consiste en una serie de movimientos oscilatorios de las ruedas alrededor de su eje, que se transmite a la dirección, produciendo reacciones de vibración en el volante.
5. Por la presión inadecuada en los neumáticos, que modifica las cotas de reglaje y que, si no es igual en las dos ruedas, hace que el vehículo se desvíe a un lado.

• **Irreversibilidad:** Los diferentes obstáculos que se presentan en la trayectoria de las ruedas, generan fuerzas y movimientos que son indeseables y que pueden ser transmitidos por los elementos hacia el volante. Estos efectos deben ser controlados con el fin de que el proceso de dirección sea lo más suave posible para el operario.

2.2.1 Tipos de dirección. El diseño de los sistemas de dirección automotriz está compuesto esencialmente por una caja de engranajes, que dependiendo de los elementos que lo compongan se pueden clasificar como: tipo “piñón y cremallera” y “tipo integral” (también conocido como tornillo sin fin).

El sistema piñón cremallera es utilizado en los vehículos pequeños, ya que al ser de tamaño compacto se puede ubicar fácilmente en la estructura automotriz, optimizando espacio. Además, las características de precisión y bajo peso de este mecanismo lo hacen óptimo para este tipo de vehículos.

Figura 9. Sistema piñón cremallera.

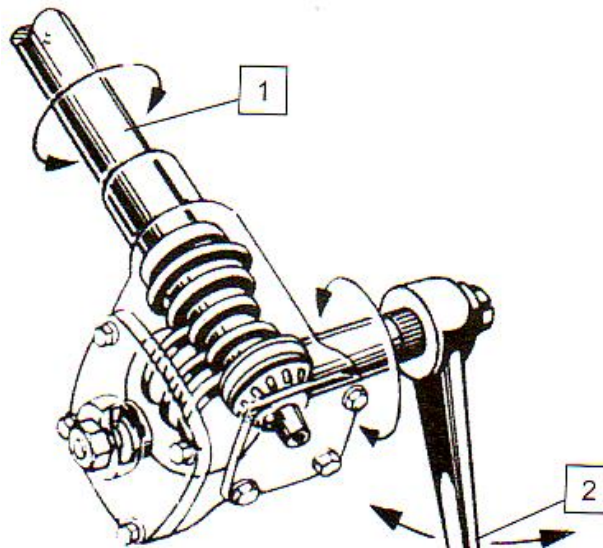


Fuente: Disponible en internet < <https://sites.google.com/site/sistemadedireccion/> home >.

El sistema de dirección tipo tornillo sinfín, está compuesta por un tornillo sin fin que toma el movimiento de la columna de dirección, engrandado con un rodillo, el cual transmite el movimiento al brazo de mando y posteriormente se genere el movimiento que controla las ruedas. Este sistema es recomendado para vehículos pesados como camiones que son de construcción robusta.

Las mejoras que se le han realizado a estos sistemas, tiene como función reducir los esfuerzos que deben realizar los operarios al momento de dar dirección al vehículo, garantizando que maniobras como vueltas en “u”, sean seguras y cómodas. Estos nuevos diseños de sistemas de dirección implementan un sistema hidráulico para asistir a los sistemas mecánicos anteriormente nombrados.

Figura 10. Sistema tornillo sinfín.



Fuente: Disponible en internet < [https://es.scribd.com/document/328622293/ imagenes-macanica-docx](https://es.scribd.com/document/328622293/imagenes-macanica-docx)>.

2.2.2 Sistemas de frenos⁵.

El freno EMP (Electro Magnetic Particles), es un dispositivo de características óptimas para las aplicaciones en las cuales se necesite un control que sea compacto, de fácil utilización y en el cual no se pueda utilizar elementos mecánicos para el accionamiento.

Este sistema de frenos está compuesto por un elemento inducido que posee una bobina anular que se alimenta con corriente continua para la activación. Este elemento posee unas ranuras, en las cuales se deposita el polvo magnético. Al

⁵ MEROBEL. Frenos y embragues de polvo magnético. [En línea]. Disponible en: <http://www.herrekor.es/MEROBEL-frenos-embragues-electromagneticos-de-polvo-sistemas-de-regulacion/>.

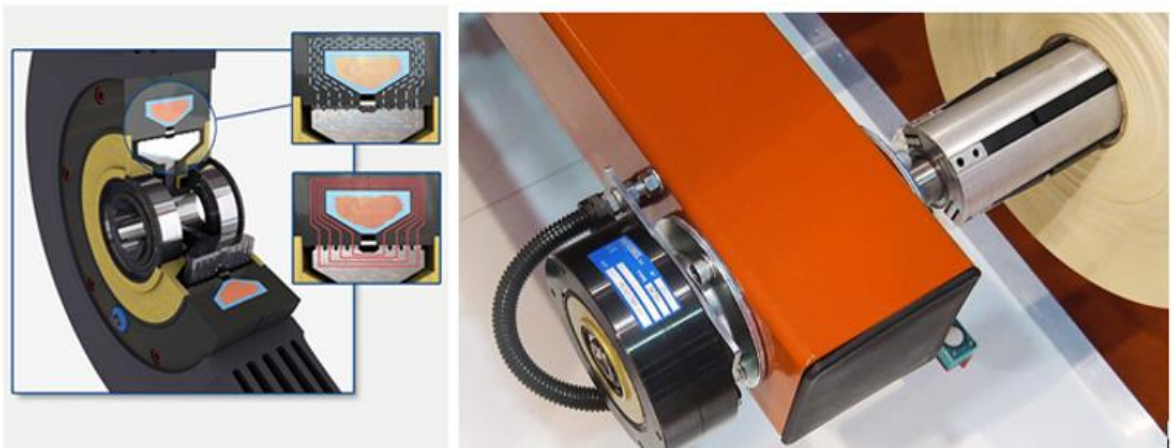
alimentar la bobina con corriente, el polvo magnético se compacta y genera una resistencia al movimiento de los elementos. Esta resistencia genera un torque de frenado proporcional a la intensidad de la corriente a que se somete.

Cuando el rotor exterior está fijo al cuerpo del equipo, el mecanismo funciona como un freno. Sin embrago, cuando el rotor exterior rota libremente, el mecanismo funciona como un embrague.

La tecnología EMP ofrece la mejor calidad en el control del Par gracias a que:

- La variación del par es lineal y proporcional a la corriente eléctrica.
- Activación silenciosa.
- El par es independiente de la velocidad de rotación.
- El par es fiable y reproducible o repetible.

Figura 11. Freno de partículas magnéticas.



Fuente. Disponible en internet: <http://www.herrekor.es/MEROBEL-frenos-embragues-electromagneticos-de-polvo-sistemas-de-regulacion/>.

2.2.3 Sistemas de mando.

Inicialmente todas las maquinas eran controladas únicamente de forma mecánica, este tipo de control no era muy eficiente y dificultaba las labores de producción a nivel industrial. De la necesidad de mejorar estos procesos nació la implementación del control eléctrico, electrónico o electromecánico.

2.2.3.1 Tipos de controles eléctricos⁶.

- **Manual:** Este tipo de control se ejecuta por la acción directa de un operario y generalmente está ubicado en el sitio donde se encuentra la máquina. Es muy utilizado en el arranque de motores y maquinas pequeñas. Es un sistema de bajo costo comparado con otros equivalentes.
- **Semiautomático:** Este tipo de control utiliza un dispositivo electromagnético y unos pilotos manuales, que pueden ser pulsadores o interruptores. El funcionamiento de este tipo de control se ejecuta por medio de dispositivos manuales accionados por el operario. Estos dispositivos envían una señal eléctrica a los dispositivos electromagnéticos que controlan directamente a la máquina.
- **Automáticos:** Son dispositivos diseñados para reaccionar a ciertas magnitudes de variables físicas como: corriente, voltaje, frecuencia, tiempo, etcétera.

⁶ GASCA ORDOÑEZ, Andrés, et al. Controles eléctricos. En: Automatización y neumática. [EN LINEA]. Disponible en: <http://procesos2automatizacionyneumatica.blogspot.com.co/2012/09/controles-electricos.html>

2.2.3.2 Elementos utilizados en el control eléctrico.

Dispositivo	Características
Interruptores	Son aparatos con cierto poder de corte para abrir y/o cerrar circuitos bajo carga normal y circunstancialmente en condiciones de sobrecarga.
Pulsadores	Son dispositivos utilizados para cerrar o abrir un circuito mientras están bajo el efecto de una fuerza.
-Rasantes	Impiden movimientos involuntarios.
-Salientes	Accionamiento más cómodo.
-De llave	Accionamiento de gran responsabilidad.
-De seta (hongo)	Para accionamiento de emergencia.
-Luminosos	Señalización incorporada.
Selectores o interruptores giratorios	Son dispositivos que permiten controlar o seleccionar un determinada configuración circuito o máquina.
-Simples y de maneta	Poseen asa de agarre
-De llave	Accionamiento autorizado.
-De llave	Accionamiento de gran responsabilidad.
-De dos o tres posiciones	Varias selecciones del aparato.
Manipuladores	Son elementos de mando bastante especializados que se usan muy a menudo en los controles de puente grúas

2.3 MOTORES ELÉCTRICOS⁷.

Los motores de corriente directa son comunes en algunas aplicaciones principalmente por tener la capacidad de cambiar su velocidad de rotación en función del voltaje en su rotor. Cuentan con devanados eléctricos en el rotor, y cada

⁷ Mott, Robert L. Motores de corriente directa. En: Diseño de elementos de máquinas. 4ed. México. Pearson Educación, 2006. P. 821.

uno de estos tiene dos conexiones con el conmutador sobre el eje. El conmutador básicamente es una serie de segmentos de cobre a través de los cuales se transfiere energía eléctrica al rotor. El flujo de energía, desde el estator del motor hasta el conmutador, se da a través de un par de escobillas usualmente fabricadas de carbón, se presionan contra el conmutador mediante resortes helicoidales o muelles de presión suave. El mantenimiento de las escobillas es considerado una de las desventajas de los motores de CD.

- La velocidad es variable usando un reóstato, que ajusta la diferencia de potencia aplicada al motor.
- La dirección de la corriente es reversible por medio del reóstato, lo cual cambia la polaridad del voltaje aplicado al motor.
- No es difícil proporcionar un control automático de la velocidad, para igualar las velocidades de varios motores, o para programar el cambio de la velocidad en función del tiempo.
- Se pueden variar la aceleración y desaceleración, con el fin de obtener el tiempo deseado de respuesta, o para disminuir los tirones.
- Se puede cambiar el par torsional al variar la corriente aplicada al motor. Esto se quiere en aplicaciones con control de tensión, como el bobinado de una tira, o película sobre un carrete o rollo.
- Se puede desarrollar frenado dinámico al cambiar la polaridad de la corriente mientras el motor está girando. El par torsional efectivo invertido desacelera el motor, Necesitando tan solo un freno mecánico para detener totalmente el rotor.

2.3.1 Control de motores de corriente directa. El arranque de los motores de CD presenta en esencia los mismos problemas similares a los de los motores de CA, en cuanto a limitar la corriente de arranque, el suministro de dispositivos de conmutación y relevadores de sujeción con capacidad suficiente para manejarlas cargas en operación. Sin embargo, la situación es más compleja por la presencia

de los conmutadores en el circuito del rotor, los cuales son más sensibles a las sobrecargas.

Figura 12. Sistema de regulación para motor DC usando PWM.



Fuente: Disponible en internet < <http://g02.a.alicdn.com/kf/HTB1L3ZgJXXXXXXcXVXXq6xXFXXN/1000W-Pulse-Width-Control-PWM-DC-6V-90V-15A-font-b-Motor-b-font-Speed-Regulator.jpg>>

El control de velocidad se obtiene al variar la resistencia en los conductores conectados con la armadura o con el campo del motor. Los detalles dependen específicamente del tipo de motor a controlar: si es de serie, paralelo o compuesto. El dispositivo de resistencia variable, puede suministrar variación de resistencias, ya sea por incrementos repentinos o por variación continua.

A continuación, se muestra una tabla con algunos voltajes nominales en motores DC, es importante tener en cuenta que las baterías no cuentan con dicha potencia por lo que es necesario usar un transformador de voltaje.

Tabla 1. Voltajes nominales para motores CD.

Voltajes nominales	
Voltaje nominal de CD para el motor	Codigo Nema
90 V CD	K
180 V CD	K
240 V CD	C o D
500 V CD	o C o D
550 V CD	
240 V CD	E

Fuente: Mott, Robert L. Motores de corriente directa. En: Diseño de elementos de máquinas. 4ed. México: Pearson Educación, 2006. P. 830.

3. DISEÑO CONCEPTUAL DEL EQUIPO

El mercado actual no brinda suficientes dispositivos versátiles que permitan transportar y maniobrar vehículos colisionados en espacios reducidos; estos dispositivos son costosos por motivos de la importación al país y muchas veces no están disponibles en el mercado local. Para realizar estas actividades las empresas de mantenimiento automotriz fabrican elementos mecánicos que facilitan este tipo operaciones; sin embargo, estos elementos son poco prácticos e inseguros. Por tales razones y con el propósito de mejorar las condiciones de operación de transporte de los autos, se requiere el diseño y fabricación de este dispositivo.

Este proyecto busca el diseño de un sistema que permita trasladar un vehículo sin capacidad moverse por sí mismo. No obstante, todo diseño está expuesto a mejoras continuas durante el desarrollo de cualquier dispositivo, en búsqueda de que estas dichas mejoras estén presentes en el producto final, es importante desarrollar un prototipo con el cual se puedan hacer pruebas y determinar el comportamiento del diseño fuera del papel. Con esto, se conseguirá una herramienta práctica y segura que permita el transporte de autos colisionados aumentado así la eficiencia en este tipo de procedimientos.

Esta herramienta deberá tener la capacidad de elevar y transportar un vehículo averiado de manera autónoma y práctica, con características que la hagan fácil tanto de operar como de mantener durante su vida útil.

Una vez se ha mencionado todas las necesidades que justifican la realización del este proyecto, se realiza un despliegue de la función Calidad (QFD) con ánimos de

estudiar una serie de alternativas que darán un rumbo al proceso de diseño. Dicho análisis se muestra a continuación:

3.1 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD (QFD).

3.1.1 Requerimientos del usuario. A continuación, se muestran los requerimientos dados por la empresa interesada en adquirir el dispositivo.

- Seguridad de operación
- Bajo precio
- Funcionalidad
- Fácil manejo
- Sistema compacto
- Bajo consumo energético
- De fácil manteniendo

3.1.2 Criterio de diseño. Con el fin de facilitar el proceso de diseño, se agrupan los componentes del dispositivo en subsistemas; esto permite analizar de forma práctica las características de la maquina a diseñar.

- **Subsistema de potencia:** Generador de energía mecánica (motor eléctrico o motor hidráulico).
- **Subsistema de transmisión:** Cadenas, engranajes o mangueras hidráulicas.
- **Subsistema de elevación:** Mecanismo operado por tornillo de potencia o actuador hidráulico.

- **Subsistema transporte o remolque:** Ejes y ruedas.
- **Subsistema de control:** Frenos y direccionamiento del dispositivo por medio de control alámbrico.
- **Subsistema de soporte mecánico:** Chasis principal.

3.2 MATRIZ DE CALIDAD PARA EL DISPOSITIVO

	Prioridad	Subsistema de potencia		Subsistema de transmisión		Subsistema de elevación		Subsistema de transporte o remolque		Subsistema de control		Subsistema de soporte mecánico	
Seguridad de operación	7	9	63	3	21	9	63	9	63	9	63	9	63
Bajo precio	6	3	18	3	18	3	18	1	6	3	18	3	18
Funcionalidad	5	9	45	9	45	9	45	3	15	9	45	9	45
Fácil manejo	4	3	12	3	12	3	12	9	36	9	36	3	12
Sistema compacto	3	1	3	3	9	9	27	1	3	3	9	3	9
Bajo consumo energético	2	9	18	1	2	3	6	0	0	0	0	0	0
De fácil mantenimiento	1	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	3	1
TOTAL			162		110		174		123		171		148

3.2.1 Resultados de la matriz.

Puntaje	Subsistema	Porcentaje
174	Elevación	27%
171	Control	26%
162	Potencia	25%
148	Soporte	23%

Por medio de estos valores es posible conocer los subsistemas más relevantes a tener en cuenta durante el proceso de diseño. Ahora, con el objetivo de conocer algunos criterios para evaluar dichos subsistemas, se realiza a continuación una matriz de calidad para cada uno de ellos.

3.3 MATRIZ DE CALIDAD PARA CADA SUBSISTEMA

3.3.1 Subsistema de elevación.

	Prioridad	Operación confiable		Funcionalidad		Bajo costo		Cantidad de elementos		Eficiencia de elevación	
Seguridad de operación	7	9	63	9	63	3	21	3	21	1	7
Bajo precio	6	3	18	3	18	9	54	3	18	3	18
Funcionalidad	5	3	15	9	45	3	15	3	15	3	15
Fácil manejo	4	9	36	3	12	3	12	0	0	1	4
Sistema compacto	3	3	9	3	9	3	9	9	27	0	0
Bajo consumo energético	2	1	2	1	2	9	18	0	0	9	18
De fácil mantenimiento	1	0	0	3	3	1	1	3	3	3	3
TOTAL			143		152		130		84		65

3.3.1.1 Resultados de la matriz de elevación.

Puntaje	Carácterística	Porcentaje
152	Funcionalidad	36%
143	Operación confiable	34%
130	Bajo costo	30%

Resultados a tomar en cuenta en el proceso de diseño para el sistema de elevación.

3.3.2 Subsistema de control.

	Prioridad	Operación segura		Maniobrabilidad		Fácil manejo por el usuario		Costo	
Seguridad de operación	7	9	63	9	63	9	63	3	21
Bajo precio	6	3	18	3	18	1	6	9	54
Funcionalidad	5	9	45	9	45	3	15	3	15
Fácil manejo	4	3	12	3	12	9	36	3	12
Sistema compacto	3	1	3	1	3	3	9	1	3
Bajo consumo energético	2	1	2	1	2	0	0	1	2
De fácil mantenimiento	1	1	1	0	0	0	0	1	1
TOTAL			144		143		129		108

3.3.1.1 Resultados de la matriz de control.

Puntaje	Carácterística	Porcentaje
144	Operación segura	35%
143	Maniobrabilidad	34%
129	Fácil manejo por el usuario	31%

Resultados a tomar en cuenta en el proceso de diseño para el sistema de control.

3.3.2 Subsistema de potencia.

	Prioridad	Capacidad		Economía		Tamaño		Bajo consumo	
Seguridad de operación	7	9	63	3	21	3	21	0	0
Bajo precio	6	9	54	9	54	3	18	9	54
Funcionalidad	5	9	45	3	15	3	15	1	5
Fácil manejo	4	3	12	1	4	3	12	0	0
Sistema compacto	3	3	9	3	9	9	27	1	3
Bajo consumo energético	2	1	2	9	18	3	6	9	18
De fácil mantenimiento	1	0	0	0	0	3	3	0	0
TOTAL			185		121		102		80

3.3.1.1 Resultados de la matriz de potencia.

Puntaje	Carácterística	Porcentaje
185	Capacidad	45%
121	Economía	30%
102	Tamaño	25%

Resultados a tomar en cuenta en el proceso de diseño para el sistema de potencia.

3.3.2 Subsistema de soporte mecánico.

	Prioridad	Capacidad de carga		Seguridad		Estética		Costo		Bajo peso	
Seguridad de operación	7	9	63	9	63	3	21	3	21	3	21
Bajo precio	6	3	18	3	18	9	54	9	54	9	54
Funcionalidad	5	9	45	9	45	3	15	3	15	1	5
Fácil manejo	4	3	12	3	12	1	4	3	12	1	4
Sistema compacto	3	3	9	1	3	9	27	3	9	9	27
Bajo consumo energético	2	3	6	0	0	0	0	1	2	3	6
De fácil mantenimiento	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
TOTAL			153		141		121		114		118

3.3.1.1 Resultados de la matriz de soporte mecánico.

Puntaje	Carácterística	Porcentaje
153	Capacidad de carga	37%
141	Seguridad	34%
121	Estética	29%

Resultados a tomar en cuenta en el proceso de diseño para el sistema de soporte mecánico.

3.4 ALTERNATIVAS PROPUESTAS

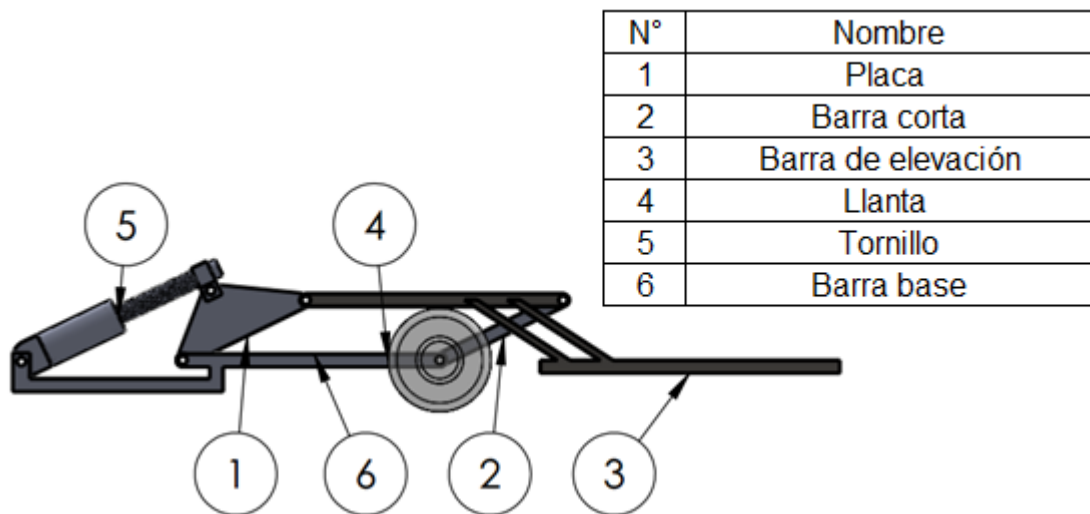
En base a los resultados obtenidos en cada matriz de calidad y en la ponderación de prioridades, se plantean alternativas para cada uno de los subsistemas críticos.

3.4.1 Alternativas para el subsistema de elevación.

3.4.1.1 Alternativa 1. Mecanismo de cuatro barras operado por tornillo de potencia.

Esta opción propone un sistema que eleva el auto desde la parte delantera por medio de un mecanismo paralelogramo y dos extensiones. Un tornillo de potencia alimentado por el motor principal de la herramienta da movimiento a uno de los elementos del mecanismo cuatro barras haciendo que este eleve dos extensiones sobre las cuales reposa el vehículo colisionado. El problema con esta alternativa es la alta posibilidad de que el dispositivo vuelque mientras está elevando el vehículo.

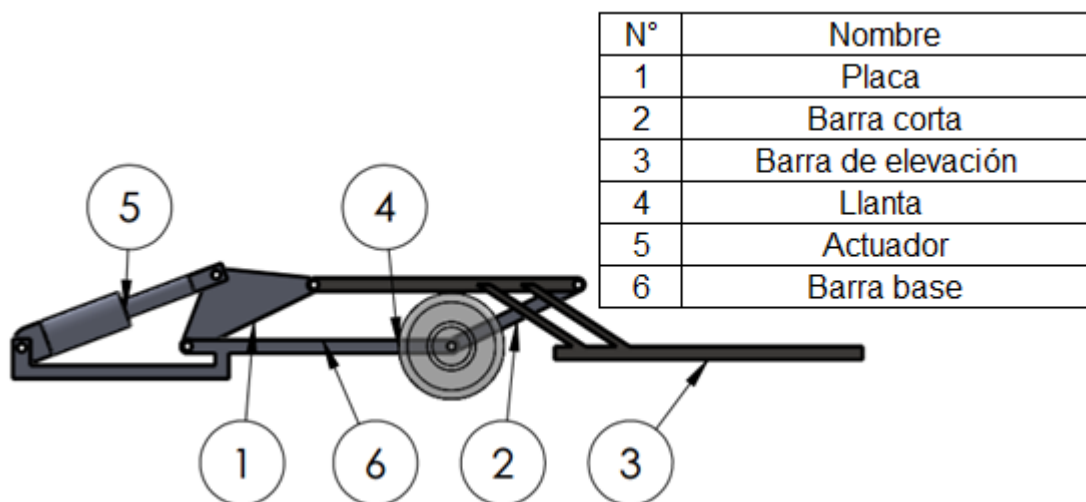
Figura 13. Primera alternativa para el sub-sistema de elevación.



3.4.1.2 Alternativa 2. Mecanismo de cuatro barras operado por actuador hidráulico.

Esta alternativa de diseño está compuesta por un mecanismo de cuatro barras el cual permite ingresar a la parte inferior del chasis del vehículo para posteriormente elevarlo y posicionarlo sobre el sistema de transporte, el mecanismo es accionado por un actuador hidráulico. Uno de las deficiencias de esta alternativa es el difícil acceso a los vehículos con su parte frontal muy baja debido a la colisión.

Figura 14. Segunda alternativa para el subsistema de elevación.



3.4.1.3 Alternativa 3. Mecanismo auxiliar operado por tornillo de potencia.

Este diseño contempla dos sistemas de tijeras auxiliares los cuales tiene la función de elevar el auto hasta una altura a la que la plataforma de transporte pueda ingresar a la parte inferior del vehículo. Estos mecanismos son actuados mediante mediante motores eléctricos alimentados por la fuente energética del dispositivo. La ventaja de este diseño está en la óptima elevación del vehículo, esto gracias a que el

mecanismo permite levantar el auto desde un punto más apropiado, lo que elimina el posible volcamiento del dispositivo durante la operación.

Figura 15. Tercera alternativa para el subsistema de elevación.



Fuente: Disponible en internet <http://www.pickupspecialties.com/Pilot/Q-HY-1500L_2.jpg>

3.4.2 Subsistema de control

3.4.2.1 Alternativa 1. Frenos y dirección operados de forma manual.

Se plantea un sistema que utilice frenos y dirección completamente mecánicos, los cuales son operados por medio de una barra extensible conectada al dispositivo, dicha barra puede girar sobre un pivote y dar dirección a todo el sistema. Los frenos se controlan por medio de una guaya y una palanca de accionamiento al final de barra. El problema de este sistema yace en el alto riesgo al que se expone el usuario al estar tan cerca y en la trayectoria del auto colisionado de aproximadamente 1.8 toneladas.

Figura 16. Primera alternativa para el subsistema de control.



Fuente: Disponible en internet: < http://www.maquiter.es/Productos/finkbeiner_furgon_3000sl_standar.htm >

3.4.2.2 Alternativa 2. Frenos mecánicos y dirección controlada de forma electromecánica.

En esta alternativa se propone un sistema que usa un mecanismo de frenos de disco operados directamente por el usuario y dirección electromecánica. La dirección funciona a través de un sistema de barras accionadas por una cremallera y un piñón. Por otro lado, la deficiencia del sistema está en la elevada fuerza que debe ejercer el usuario para operar los frenos del dispositivo, es posible esta falencia de diseño distraiga al operador y disminuya su capacidad para un buen control direccional.

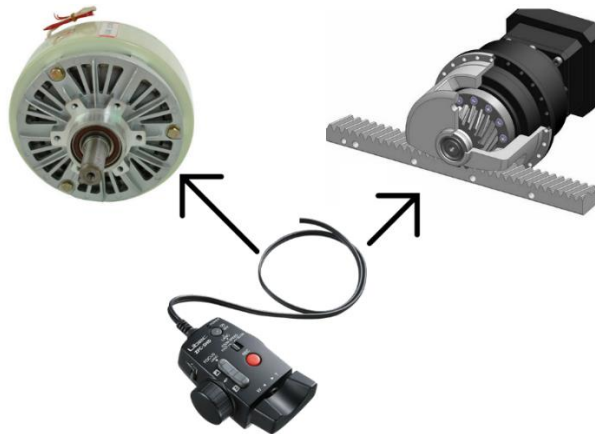
Figura 17. Segunda alternativa para el subsistema de control.



3.4.2.3 Alternativa 3. Freno magnético y dirección electromecánica.

Este diseño se basa en un freno de partículas magnéticas el cual es alimentado directamente por las baterías del dispositivo. La dirección utiliza un sistema piñón cremallera accionado por un servomotor. Este sistema hace más compacto el dispositivo y fácil operar, lo que se verá reflejado en una operación más rápida y segura.

Figura 18. Tercera alternativa para el subsistema de control.



3.4.3 Subsistema de potencia.

3.4.3.1 Alternativa 1. Motor eléctrico de corriente continua.

Este sistema de potencia es alimentado por una fuente de energía eléctrica, para este caso un conjunto de baterías recargables. Las ventajas de este diseño radican en ser un sistema compacto, de bajo consumo y de fácil adquisición en el mercado.

Figura 19. Primera alternativa para el subsistema de potencia.

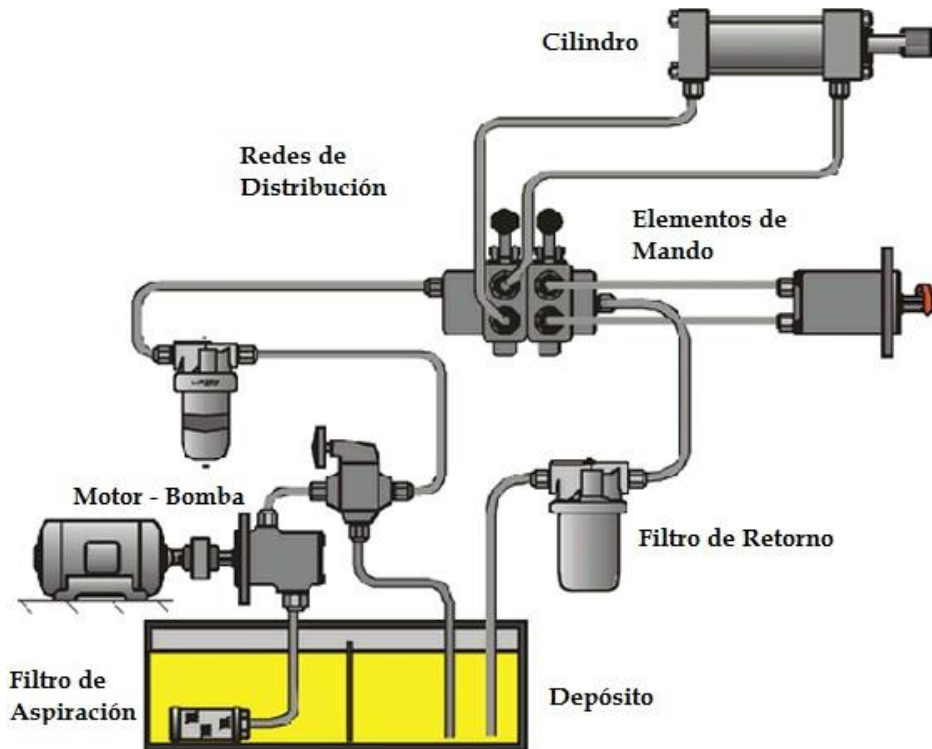


Fuente: Disponible en internet: < <http://elcrost.com/12volt-dc-motor/motion-dynamics-ac-dc-products-12-volt-motor-speed-control-img/>>

3.4.3.2 Alternativa 2. Sistema oleo hidráulico.

Este sistema está compuesto por un motor eléctrico, una bomba y un motor hidráulico, este último proporciona la rotación a la rueda conductora del dispositivo. El sistema oleo hidráulico facilita el accionamiento de los actuadores de los mecanismos de elevación y de dirección. Sin embargo, el tamaño y el costo de los elementos es elevado comparado con otras alternativas.

Figura 20. Segunda alternativa para el subsistema de potencia.



Fuente: Disponible en internet: < <http://industrial-automatica.blogspot.com/2011/05/elementos-de-un-circuito-hidraulico.html>>

3.4.3.3 Alternativa 3. Motor de combustión interna.

El motor a gasolina ofrece ventajas por ser de fácil adquisición, además la fuente de energía es relativamente económica y fácil de adquirir; todo esto permite tener una buena portabilidad del sistema. El tamaño del motor puede influenciar el diseño compacto del equipo. Adicionalmente, al ser un motor combustión genera altos niveles de ruido he incrementa los costos de mantenimiento del dispositivo.

Figura 21. Tercera alternativa para el subsistema de potencia.



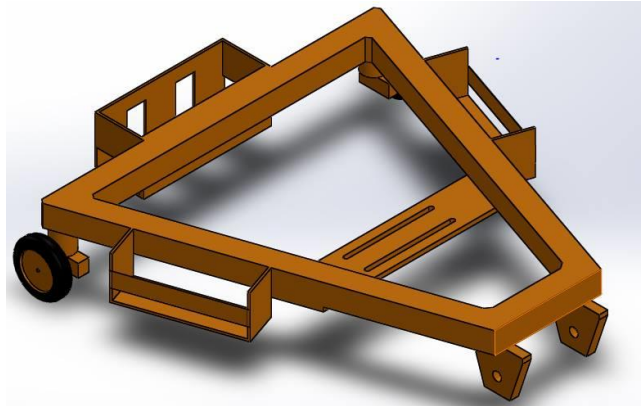
Fuente: Disponible en internet: < <http://sitios.claro.com.co/tecnicomotor-jp-sas/venta-de-guadanas/cundinamarca/bogota/localidad-suba-zona-norte/prado-veraniego/motores-briggs-stratton/>>

3.4.4 Subsistema de soporte mecánico.

3.4.4.1 Alternativa 1. Bastidor triangular.

Esta propuesta cuenta con chasis de acero en forma triangular, el cual tiene ruedas en cada extremo. El acero es de bajo y tiene un buen comportamiento ante esfuerzos dentro de su zona elástica. Adicionalmente la forma triangular del bastidor le da rigidez al sistema, garantizando de esta manera que todas las partes móviles del dispositivo ancladas al chasis operen de forma correcta sin desalineamientos bajo altas cargas.

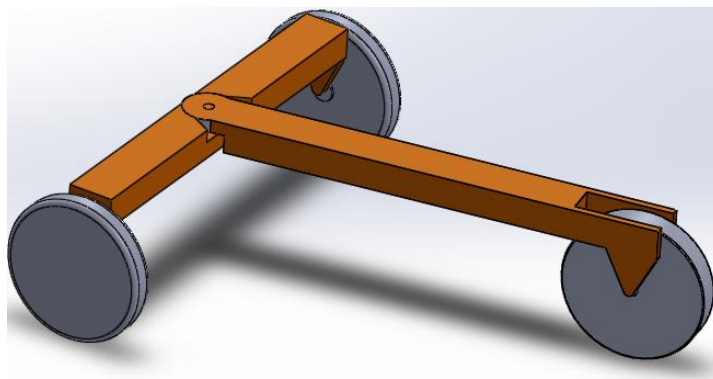
Figura 22. Primera alternativa para el subsistema de soporte mecánico.



3.4.4.2 Alternativa 2. Chasis en forma de “T”.

En este diseño se propone un chasis de fibra de carbono en forma de “T”, dicha geometría le permite a la estructura girar las llantas junto con parte del chasis haciendo más sencilla la operación de control direccional. Debido a esta forma, la estructura es incapaz de resistir altas cargas, por lo que debe ser construida de un material que soporte grandes esfuerzos mecánicos sin fallar; lamentablemente, la fibra de carbono es costosa y con muy baja maleabilidad lo cual haría el bastidor difícil de manufacturar.

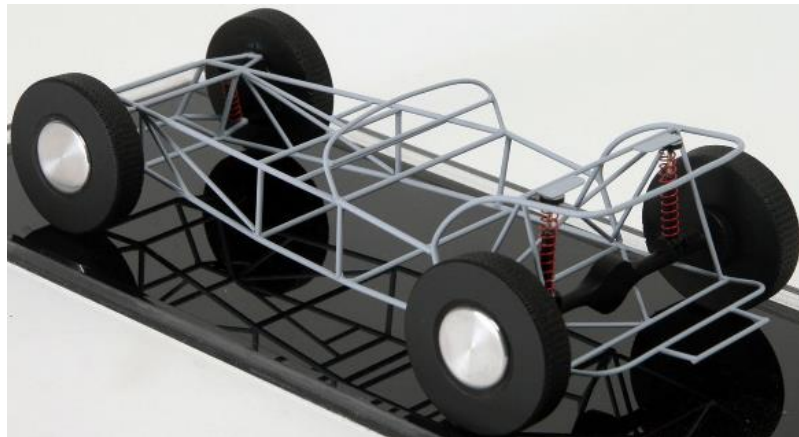
Figura 23. Segunda alternativa para el subsistema de soporte mecánico.



3.4.4.3 Alternativa 3. Chasis de forma rectangular.

En esta propuesta se pretende diseñar un chasis de acero en forma rectangular. Dicha forma es la más común en la que hoy en día se construyen los bastidores para los sistemas de transporte por su alta estabilidad. Sin embargo, esta geometría exige la utilización de 4 ruedas, obligando de esta manera a utilizar un sistema diferencial para equilibrar la rotación de las ruedas conductoras del dispositivo.

Figura 24. Tercera alternativa para el subsistema de soporte mecánico.



Fuente: Disponible en internet: <[https://www.google.com.co/search?q= bastidor +de+cuatro+ruedas&biw=1366&bih=662&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiK2ob88L3QAhVJCYKHytDocQ_AUIBigB#tbm=isch&q=chasis+de+cuatro+llantas](https://www.google.com.co/search?q=bastidor+de+cuatro+ruedas&biw=1366&bih=662&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiK2ob88L3QAhVJCYKHytDocQ_AUIBigB#tbm=isch&q=chasis+de+cuatro+llantas)>

3.5 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS EN CADA SUBSISTEMA.

Subsistema de elevación							
Criterio de evaluación		Alternativas					
Parámetro	Porcentaje	1		2		3	
Funcionalidad	36%	2	0.72	5	1.8	5	1.8
Operación confiable	34%	3	1.02	4	1.36	4	1.36
Bajo costo	30%	4	1.2	1	0.3	4	1.2
Resultados		2.94		3.46		4.36	

Subsistema de control							
Criterio de evaluación		Alternativas					
Parámetro	Porcentaje	1		2		3	
Operación segura	35%	2	0.7	4	1.4	4	1.4
Maniobrabilidad	34%	4	1.36	4	1.36	4	1.36
Fácil manejo por el usuario	31%	3	0.93	2	0.62	5	1.55
Resultados		2.99		3.38		4.31	

Subsistema de potencia							
Criterio de evaluación		Alternativas					
Parámetro	Porcentaje	1		2		3	
Capacidad	45%	4	1.8	4	1.8	5	2.25
Economía	30%	4	1.2	2	0.6	4	1.2
Tamaño	25%	5	1.25	3	0.75	2	0.5
Resultados		4.25		3.15		3.95	

Subsistema de soporte							
Criterio de evaluación		Alternativas					
Parámetro	Porcentaje	1		2		3	
Capacidad de carga	37%	5	1.85	4	1.48	5	1.85
Seguridad	34%	5	1.7	4	1.36	5	1.7
Estética	29%	5	1.45	5	1.45	3	0.87
Resultados		5		4.29		4.42	

3.6 DESCRIPCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.

Ahora se puede decir, que el dispositivo que cumple de mejor manera los requerimientos del usuario es aquel que se compone de los subsistemas seleccionados en base las matrices de calidad anteriormente analizadas.

El sub-sistema de elevación que mejor se desempeña en el dispositivo es el que se expone en la alternativa tres. Se compone de dos elevadores tipo tijera que levantan el vehículo desde su centro de gravedad, dichos mecanismos son actuados por

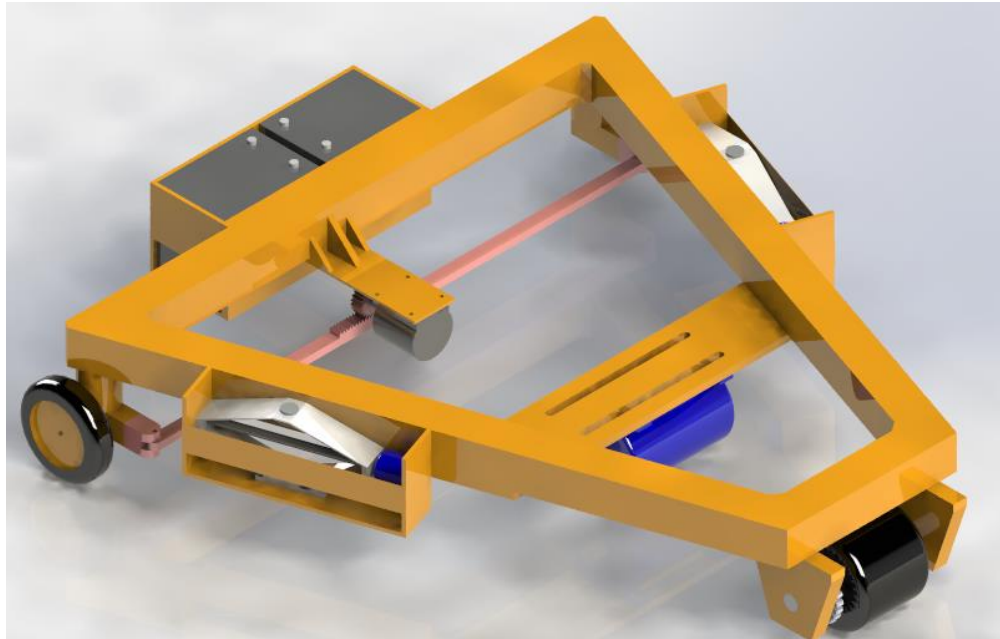
motores eléctricos y estos a su vez son alimentados por las baterías ubicadas en la plataforma móvil.

El sistema de control seleccionado es el descrito en la tercera alternativa, el cual está compuesto por un mecanismo de dirección de piñón cremallera actuado por un servomotor. Este es un sistema compacto y que facilita el control a través del mando alámbrico a distancia. Por otro lado, se seleccionará un sistema comercial de frenos magnéticos, la ventaja de estos frenos está en que se alimentarán de la fuente principal del dispositivo y tendrá un fácil accionamiento.

La mejor alternativa plateada para el sistema de soporte mecánico es la numero uno. En este diseño se propone un chasis en forma de triángulo fabricado con perfiles de acero, dicha geometría permite que el bastidor sea compacto y rígido lo que otorga un mejor funcionamiento a todo el dispositivo en general.

Para el sub-sistema de potencia, la mejor alternativa propuesta fue el número uno. Consiste en un motor eléctrico DC alimentado directamente por un conjunto de baterías ubicadas en el dispositivo, Esto da al sistema una mejor eficiencia, mayor capacidad de control y disminuye los costos de fabricación del dispositivo.

Figura 25. Sistema con alternativas ganadoras.



El anterior es el diseño simplificado del sistema que se desea diseñar. Este carece de algunos elementos que por motivos de diseño de detalle no pueden estar presentes en esta etapa preliminar.

3.7 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DEL DISEÑO PRELIMINAR.

El dispositivo tiene como función transportar un vehículo colisionado. Esta operación se logra mediante la utilización diferentes sistemas, los cuales al ser accionados en un orden determinado permiten al operario mover el auto de una forma sencilla y segura. Dicho proceso se presenta a continuación:

3.7.1 Elevación del vehículo. En el momento en que el auto colisionado está en la parte exterior del taller y está listo para entrar a las instalaciones de mantenimiento,

todo se encuentra a punto para que la operación comience. Lo inicial es acercar la plataforma en reversa hacia la parte frontal del vehículo colisionado, se ubican los gatos eléctricos en los puntos apropiados para la elevación y se levanta el auto hasta la altura deseada. Para elevar los autos dichos gatos toman energía del sistema de baterías de la plataforma, tener estas baterías en el dispositivo garantiza que todas las operaciones se puedan ejecutar en cualquier lugar del taller, incluso por fuera de él sin depender de una fuente de energía eléctrica fija.

Ubicar la plataforma en posición y elevar el vehículo, son operaciones que se efectúan de forma remota por medio de un mando alámbrico. Dicho mando, permitirá que el operario tenga el mínimo contacto con la plataforma y con el auto a transportar. Esto hará la operación más segura y confiable.

3.7.2 Posicionamiento de la plataforma. Cuando se haya creado el espacio suficiente entre el suelo y chasis del vehículo, se controla la plataforma para que ingrese debajo del auto y se ubique en la posición más segura desde donde se pueda dirigir al auto colisionado. Una vez en posición el operario debe ingresar y configurar la altura de la plataforma, esto se debe hacer puesto que no todos los vehículos que visitan el taller tienen la misma altura desde el chasis hasta el suelo.

Inmediatamente el operario da la orden a los gatos para que estos liberen el auto y este quede apoyado en la plataforma móvil. El técnico deberá asegurar el auto a la plataforma por medio de algunos elementos, lo cual eliminará las posibilidades de tener accidentes en la operación causados por desacoples entre el auto colisionado y el dispositivo que lo transporta. Ahora, solo queda ubicar los gatos en la parte frontal de la plataforma y el auto está listo para ser transportado.

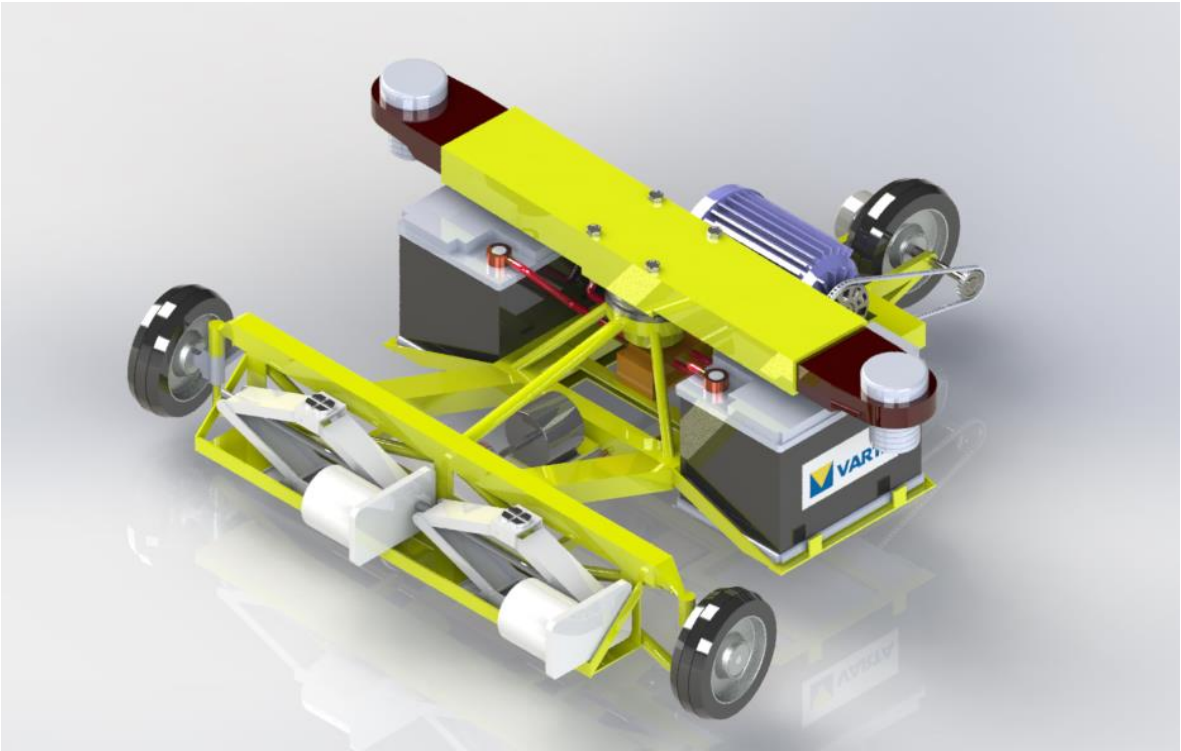
3.7.3 Transporte del vehículo. Una vez se tenga el auto en la posición indicada, se inicia el proceso de transporte. Por medio del mando alámbrico se pone en marcha la plataforma, el movimiento es a baja velocidad con el fin de realizar transporte seguro. Los sistemas de dirección y freno controlados a través del mando a distancia y alimentados energéticamente desde el banco de baterías; Proporcionan buenas características de manejo, permitiendo maniobrar el auto de manera fácil y segura aún en espacios reducidos.

3.7.4 Descarga del automóvil. Al llegar al lugar de destino, se asegura el sistema plataforma-auto para evitar que rueden y se inicia el proceso de descarga. Se colocan nuevamente los gatos en los apoyos indicados y se eleva el auto para poder retirar la plataforma, una vez quede libre se inicia el proceso de descenso.

Todo anterior es importante llevarlo a cabo muy rigurosamente puesto que no seguir de forma adecuada los procedimientos podría terminar en daños irreparables para el dispositivo o amentar los costos de reparación del auto a trasladar.

En la siguiente figura se observa el diseño preliminar del sistema de elevación y transporte de vehículos.

Figura 26. Diseño preliminar.



4. DISEÑO DETALLADO DE LA MÁQUINA

4.1 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS.

Para identificar las especificaciones o capacidades que debe tener la plataforma de transporte se debe realizar un análisis completo de los vehículos a transportar. Este estudio se realiza teniendo en cuenta dos análisis el cinemático y el dinámico.

El análisis cinemático permite caracterizar los diferentes desplazamientos y las dimensiones del equipo, para obtener y garantizar cada uno de los requerimientos en la tarea de transporte de vehículos.

El análisis dinámico comprende todo lo relacionado con el efecto de las fuerzas, velocidades o desplazamiento en un cuerpo. Un diagrama de cuerpo libre (DCL) del sistema permitirá determinar las fuerzas que interactúan en cada parte del mismo. Además, teniendo la velocidad a la que se va a remolcar el auto, se podrá calcular la potencia necesaria que el dispositivo requiere para trasladar eficientemente al vehículo.

4.2 ANÁLISIS CINEMÁTICO

4.2.1 Características de los vehículos a transportar: Para que el diseño se desempeñe de la mejor manera posible, es de gran importancia tener en cuenta algunas de las características de los automóviles que se desean transportar. Una de las virtudes del sistema de transporte es que sea compacto para garantizar el movimiento en espacios relativamente pequeños. Para esto debe diseñar un

dispositivo basado en las dimensiones y espacio disponible bajo el tren delantero del vehículo.

A continuación, se realiza una compilación de estas características para los vehículos más comunes a los cuales se les realiza el mantenimiento en el taller automotriz.

Figura 27. Espacio disponible para el dispositivo.



Fuente: [http://4.bp.blogspot.com/-ECQDHsFzMgA/UDQ9A1Zc1fI/AAAAAAAAAEYk/kFAb59A-4Ho/s1600/ChevroletCruzeSedan2013-07062012-02.jpg_1969931845 .jpg](http://4.bp.blogspot.com/-ECQDHsFzMgA/UDQ9A1Zc1fI/AAAAAAAAAEYk/kFAb59A-4Ho/s1600/ChevroletCruzeSedan2013-07062012-02.jpg_1969931845.jpg)

Tanto la altura libre como la distancia entre ruedas son funciones de las dimensiones externas del vehículo y de las especificaciones de sus ruedas. A continuación, se muestra la forma como se calculan estos parámetros.

Tabla 2. Cálculo de las dimensiones disponibles.

DIMENSIONES DISPONIBLES				
$X1 = A1 - (2 \cdot A2)$ [1]				
$X2 = \frac{D + (2 \cdot X3)}{2}$ [2] $X3 = \%F \cdot A2$ [3]				
DATOS				
A1	1946	mm	[1]	Ancho total del auto
A2	265	mm	[1,3]	Ancho de rueda
D	457	mm	[2]	Diametro de la rueda
%F	0,6	mm	[3]	Fración de altura de rueda (perfil)
RESULTADOS				
X1	1416	mm	[1]	Distancia entre ruedas
X2	308,1	mm	[2]	Altura media libre de auto
X3	159	mm	[2,3]	Altura de flanco de rueda

Tabla 3. Dimensiones en vehículos comunes.

DIMENSIONES DISPONIBLES DE LOS VEHÍCULOS		
Vehículo	Distancia entre ruedas [Cm]	Altura libre de vehículo [Cm]
Avalanche	141,6	30,81
Aveo	133	233,3
Captiva	140	28,9
Dmaxwork	137	28,9
Sail sedan	132	23,3
Spart gt	110,7	23,2
Spart life	116,5	21,9
Tracker	139,3	27,5
Traiblazer	137,2	30,8
Traverse	148,1	32,41

4.3 DISEÑO DE CHASIS.

La estructura que soportará parte del peso total del vehículo a transportar más el de los accesorios del dispositivo en sí, juega un papel muy importante para que la operación pueda ser llevada a cabo de forma segura. Por tal motivo, es importante conocer el peso de los vehículos a trasladar ya que estos son los que determinarán uno de los requerimientos más relevantes de dispositivo, la carga máxima a transportar.

A continuación una tabla con el peso de algunos de los vehículos a los que CAMPESA S.A. brinda mantenimiento en su taller.

Tabla 4. Peso de los vehículos.

PESO DE VEHICULOS	
VEHICULO	PESO (Kgf)
Aveo	1130
Captiva	1816
Dmaxwork	1615
Sail sedan	1092
Spark gt	965
Spark life	820
Tracker	1276
Trailblazer	2170
Traverse	2200

4.3.1 Requerimientos primarios para el chasis: De acuerdo a las tablas anteriores (Tabla 3 y 4) dispositivo debe ser tan pequeño como para ubicarse debajo del Spark gt y también debe soportar la carga de la Chevrolet Traverse.

Para conocer el porcentaje exacto del peso del vehículo que deberá soportar el dispositivo de transporte, es vital conocer el centro de gravedad del automóvil. Lamentablemente la ubicación dicho punto es diferente para cada coche y no se encuentra de forma libre en la web. Ahora bien, se conoce que todos los vehículos soportan más carga en sus llantas delanteras que la parte de atrás. Esto es debido a que el motor se encuentra en la parte frontal, lo que mueve el centro de gravedad del automóvil hacia adelante. Para tener en cuenta dicha información se dirá que el dispositivo debe levantar aproximadamente 60% del peso total del vehículo más el peso de los accesorios del dispositivo en sí.

A continuación una tabla con los requerimientos más relevantes para el diseño del chasis.

Tabla 5. Requerimientos para el sistema de soporte mecánico.

Requerimiento	Magnitud
Carga maxima	1400 [Kg]
Ancho maximo	101.7 [Cm]
Altura aproximada	23 [Cm]

4.3.2 Puntos críticos: Debido a la alta efectividad de los elementos finitos⁸, los avances en computación en dicha área y a la alta complejidad que supondría determinar manualmente la resistencia de la estructura soldada con múltiples empotramientos entre sus miembros, se decidió usar el MEF (Método de los elementos finitos) con el fin de encontrar puntos vitales en el chasis a los cuales

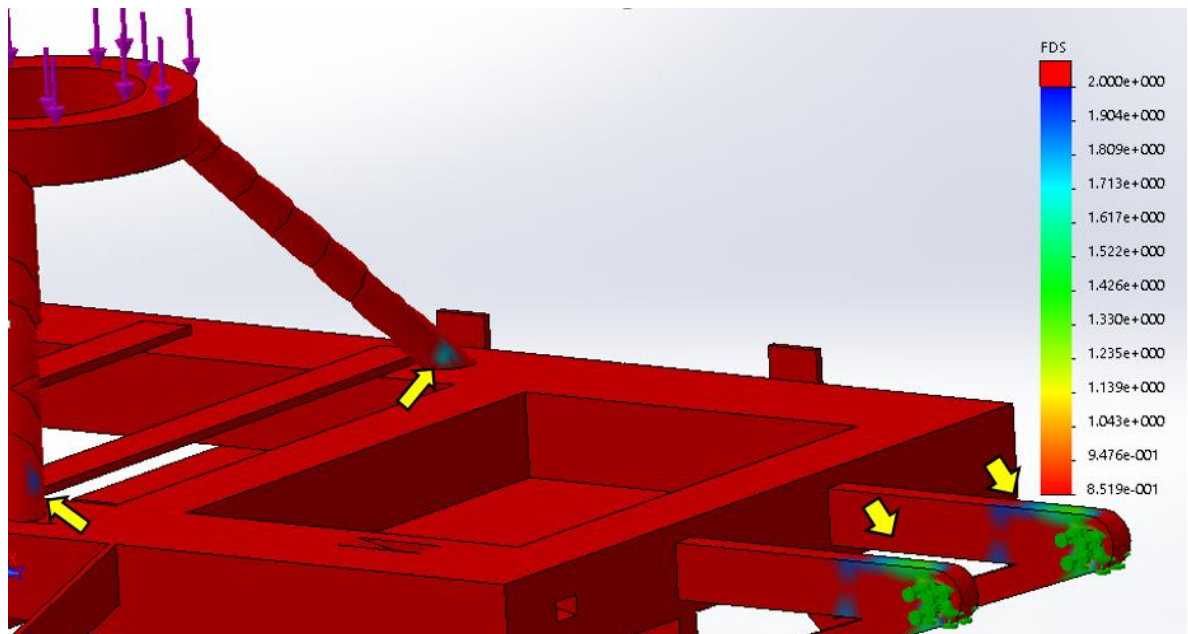
⁸ ZIENKIEWICZ, Olgierd. Prólogo a la edición española. En: El método de los elementos finitos. 2007. Barcelona: Reverté. P. 9.

prestarle el máximo de atención y que al final el resultado sea una estructura estable y segura.

Para conseguir los puntos críticos del chasis antes de iniciar un diseño detallado del mismo, es necesario aplicar MEF al bastidor ideado en la etapa previa de diseño conceptual. Lamentablemente, dicha estructura carece de perfiles con medidas estandarizadas, uniones soladas y elementos de sujeción que le permita a la estructura acercarse de la mejor manera a la estructura a construir. Sin embargo, debido a la similitud con la forma de la que sería el diseño detallado de la estructura, esta funciona perfecta para conocer los puntos críticos, los cuales se les analizarán con más importancia durante el proceso de diseño detallado.

A continuación los puntos críticos mostrados sobre el chasis preliminar utilizando acero comercial SAE 1045, una carga de 1400 kgf y un factor de seguridad de 2.

Figura 28. Puntos críticos en el diseño preliminar del chasis.



4.3.3 Perfilera comercial: Antes de empezar a diseñar el chasis que soportará toda la carga de requerimiento durante la operación, es imperativo conocer que materiales tiene disponible el mercado para la construcción del mismo en etapas posteriores de este proyecto.

A continuación los materiales destinados para crear el chasis del sistema.

Tabla 6. Materiales para el diseño del chasis.

MATERIALES						
	d	b	e	r	p	
Perfil rectangular 3 x 1 1/2"	76,2	38,1	2,5	1,25	-	
Perfil redondo 1/2"	-	-	2,5	-	20,7	
Perfil redondo 3/4"	-	-	2,5	-	26,1	
Platinas	Para reforzar la estructura se emplearan platinas extraídas de lamina calibre 26 con un espesor de 45 [mm]					
Tornillos	Para la sujeción de algunos miembros se empelaran tornillos milimétricos de tamaño #12-28 y #10-32					
Soldadura	Se usará soldadura por electrodo AWS-E80xx con una resistencia de 80000 psi la cual es muy similar a la resistencia del acero del cual se componen lo perfiles.					

4.3.4 Chasis detallado: Ahora se realiza una figura siguiendo una forma aproximada a la del chasis preliminar pero utilizando los materiales vistos en la tabla anterior (Tabla 6).

Teniendo en cuenta las debilidades del modelo se decide reforzar con platinas en paralelo la parte posterior del sistema. Adicionalmente, la tubería estructural de la parte central del chasis es más resistente a la tubería presente en los otros lugares de la estructura, todo esto se pudo lograr gracias a al análisis previo al chasis preliminar. El análisis por el MEF está disponible en el anexo A. A continuación, el nuevo chasis junto con su análisis estructural.

Figura 29. Chasis detallado.

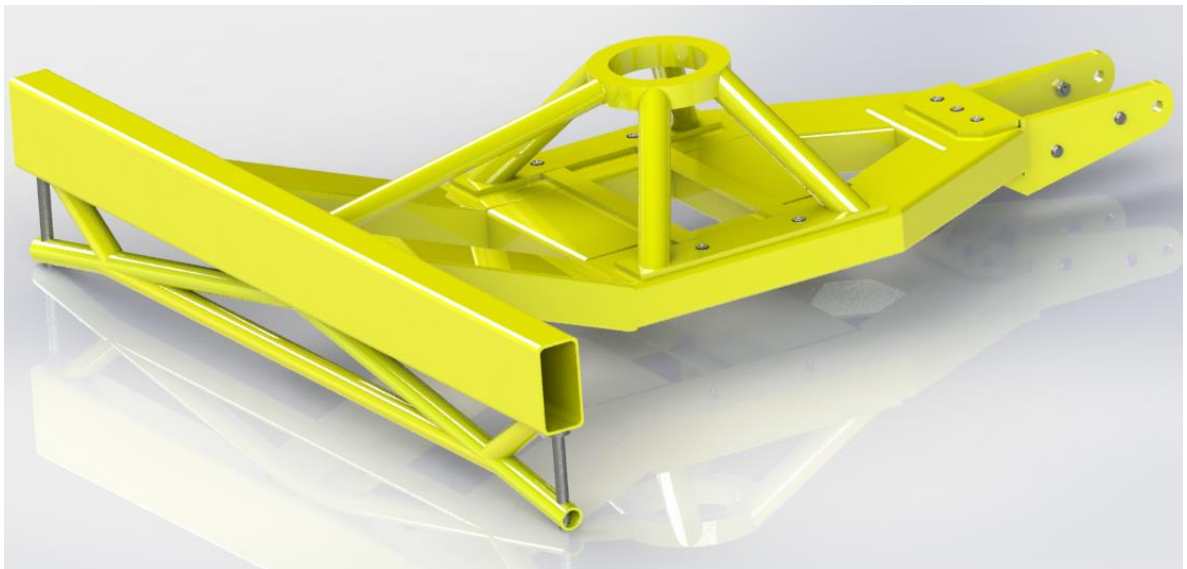
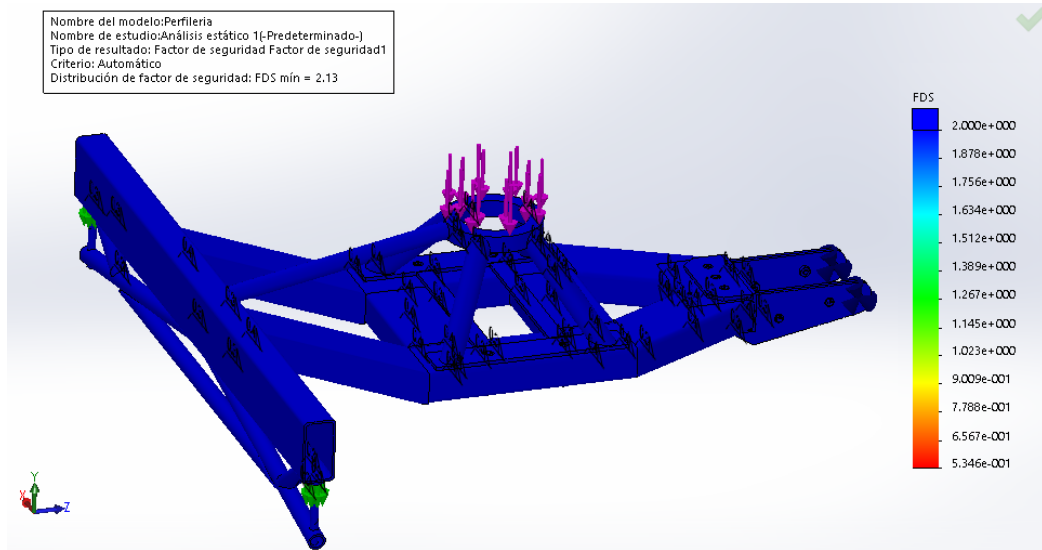
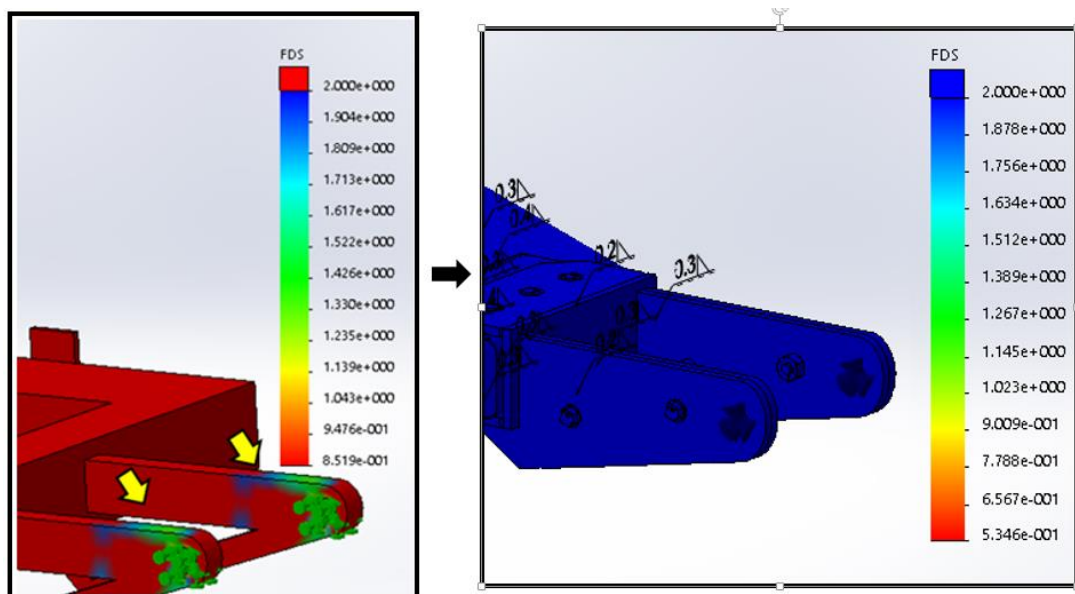


Figura 30. Estudio a chasis detallado.



Una de las mejoras notables del nuevo modelo es su aumento en el factor de seguridad puesto que el chasis preliminar tenía un factor de seguridad menor a 2 mientras el nuevo posee uno de 2.13 como lo indica la figura anterior (Figura 30). A continuación, se podrán ver las mejoras obtenidas con la nueva estructura.

Figura 31. Mejoras de la nueva estructura.



4.4 SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA ALGUNOS SUB SISTEMAS.

4.4.1 Cálculo y selección de ruedas: Desde un punto de vista físico la carga es transmitida desde el automóvil a la estructura por medio de dos brazos extensibles para posteriormente ser enviada desde el chasis al suelo a través de las llantas. Por tal motivo, las ruedas deben soportar no solo la carga del vehículo, sino también el peso total de la plataforma móvil.

A continuación, se analizará el dispositivo de forma externa asumiendo que conduce una carga de 1400 Kgf y un aproximado de su peso propio de 100 Kgf.

Figura 32. Cargas externas.

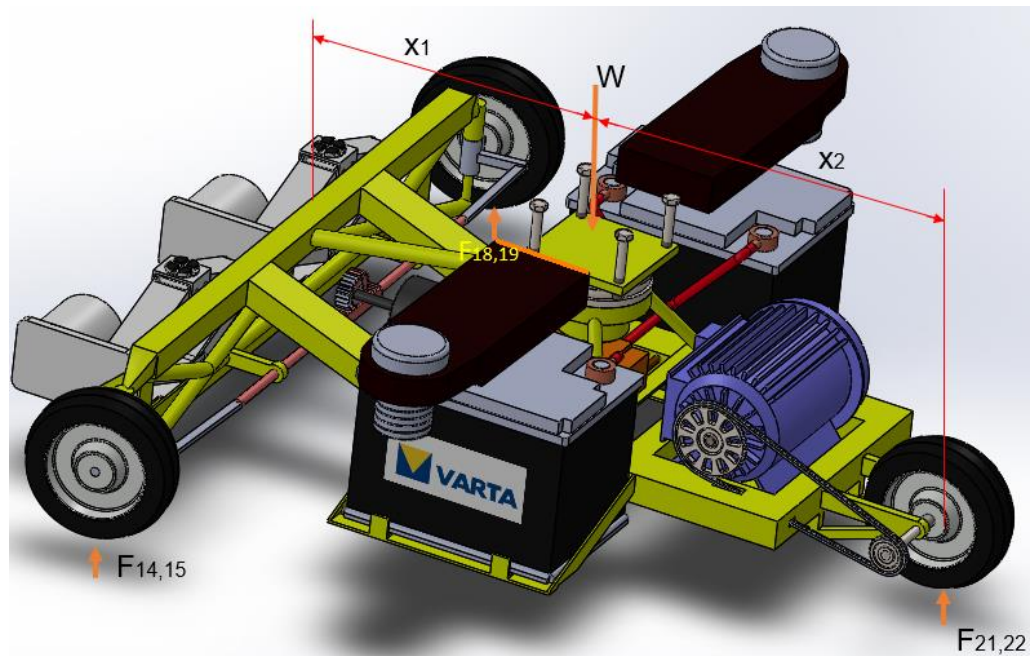
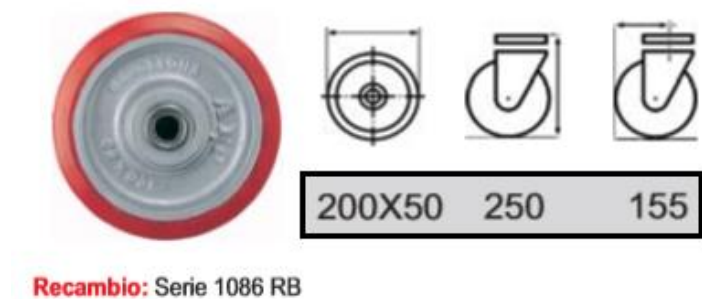


Tabla 7. Balance de fuerzas externas a la plataforma.

NOMBRE				
$\sum F = 0; \sum M = 0$				
$W - F_{14,15} + F_{18,19} + F_{21,22} = 0$ [1]			$-W * x_1 + F_{21,22} * (x_1+x_2) = 0$ [2]	
			$F_{18,19} = F_{14,15}$ [3]	
DATOS				
w	1600	Kgf	[1,2]	Carga total en para el sistema
x1	30,57	cm	[1]	Distancia desde el frente hasta la carga total
x2	39,5	cm	[2]	Distancia desde la carga hasta la llanta trasera
RESULTADOS				
F_14,15	451	Kgf	[1,3]	Fuerza en la llanta delantera del lado izquierdo
F_18,19	451	Kgf	[1,3]	Fuerza en la llanta delantera del lado derecho
F_21,22	698	Kgf	[1,2]	Fuerza en la llanta trasera

Lo anterior muestra que se deben emplear llantas que puedan soportar al menos 642 kgf. Por medio de un catálogo de la empresa RUEDAS AFO (Anexo B) se selecciona la rueda modelo 350 RB con capacidad para 1000 Kgf por lo cual produce un factor de seguridad de 1,43.

Figura 33. Ruedas para la plataforma.



4.4.2 Motor principal: Este es el elemento primordial básicamente del sistema de transporte puesto que aportará la potencia mecánica necesaria para trasladar el vehículo averiado. Por tal razón, es importante que este bien seleccionado con el objetivo de asegurar el funcionamiento de la plataforma.

En la selección del motor influyen ciertos aspectos como la potencia necesaria para realizar las operaciones y velocidad de rotación del mismo, esto para asegurar la velocidad de traslación de equipo. Para cumplir con estas condiciones se puede utilizar un motor eléctrico a bajas revoluciones. Sin embargo, los motores comerciales no están diseñados para cumplir directamente estas velocidades por tanto se hace necesaria la utilización de un reductor para garantizar una velocidad adecuada de todo el sistema. A continuación, se realiza el cálculo de la potencia necesaria en el motor para que el sistema cumpla los requerimientos del sistema ya establecidos. El cálculo completo está disponible en el anexo B.

Tabla 8. Potencia del motor principal.

NOMBRE				
$\sum F = 0;$ $\frac{Pot_s}{v} = m * g * \text{sen}(\alpha) + m * \frac{v}{\Delta t} \quad [1] \quad Pot_m = \frac{Pot_s}{n_t} \quad [2]$				
DATOS				
v	0,18	m/s	[1]	Velocidad de diseño
m	2300	Kg	[1]	Masa de todo el sistema a mover
g	9,81	m/s ²	[1]	Gravedad en la superficie de la tierra
Alpha	15	°	[1]	Angulo de la pendiente en la salida del taller
Delta t	2	s	[1]	Tiempo de aceleración hasta la velocidad de régimen
n_t	0,77	-	[2]	Eficiencia de la transmisión (Reductor - cadena)
RESULTADOS				
Pot_s	1088	w	[1,2]	Potencia necesaria para mover el sistema
Pot_s	1,45	hp	[1,2]	Potencia necesaria para mover el sistema
Pot_m	1,89	hp	[2]	Potencia del motor primario

Una vez se tienen todos los requerimientos que debe cumplir el motor para que el sistema se desempeñe de la mejor manera, se procede a la selección del motor DC usando un catálogo de la empresa LEESON ELECTRIC y un reductor con un catálogo de la empresa GROVE GEAR. El tipo de motor DC se debe a que el sistema de alimentación eléctrica se hará por medio de baterías. Por ende, el motor de corriente continua será la mejor opción para el dispositivo.

De acuerdo a lo anterior se selecciona el motor IEC 80 y el reductor GR-BM826-L-30. Los detalles del proceso de selección se encuentran en el anexo B.

Figura 34. Conjunto motor-reductor.



A continuación, se presentan las características del motor y reductor seleccionado.

Tabla 9. Especificaciones del motor.

Motor EIC 80	
Potencia [W]	1491,4
Rpm motor	1800
Voltaje [V]	24
Corriente [A]	62,14

Tabla 10. Especificaciones del reductor.

Reductor GR-BM830-L-40	
Potencia de salida del reductor [W]	1282,60
Relación de reducción	40:1
Eficiencia	85%

4.4.3 Selección del sistema de transmisión: Debido a las condiciones de funcionamiento y geometría del diseño, el sistema de transmisión por cadena es el óptimo para implementar en esta aplicación. A continuación, se realiza la selección de los componentes de la transmisión, teniendo en cuenta las características del motor eléctrico, la relación de velocidad del sistema y la geometría de la plataforma.

Tabla 11. Parámetros del sistema de transmisión.

Parámetros importantes para la selección del sistema de transmisión	
Potencia de salida del reductor [HP]	1,72
RPM del piñón	40
Relación de transmisión	3:2
Diametro max. exterior sprocket conducido [In]	6

Teniendo los parámetros que debe cumplir el sistema de transmisión, se hizo la selección de los componentes a partir del catálogo KANA de la empresa Katayama Chain. CO., LTD. Una empresa con productos de calidad y con distribuidores en la región. Los detalles de la selección del sistema

Se seleccionó una cadena estándar de rodillos ANSI B29 número 80, con un solo ramal. Además, se seleccionan los sprockets indicados para esta cadena y que además cumplen con la relación de velocidad. El sprocket conducido posee 9 dientes fabricado en acero ANSI 1040. A continuación, se proporcionarán algunas características del sistema de transmisión.

Tabla 12. Especificaciones del sistema de transmisión.

Sistema de transmisión	
Cadena de rodillo estandar ANSI número 40	
Paso de la cadena [In]	1
Resistencia a la tensión [Lbs]	14500
Numero de dientes Sprocket conductor	9
Numero de dientes Sprocket conducido	18
Diametro exterior sprocket conductor [In]	3,35
Diametro exterior sprocket conducido [In]	6,27

4.4.4 Cálculo y selección de rodamiento principal: Este elemento es vital para una operación segura, esto se debe a que cuando la plataforma gira es totalmente necesario que los brazos extensibles tengan libertad para rotar sobre el eje “Y” (ver figura 30) respecto a la estructura. Si no lo hace, el chasis del vehículo a transportar podría caer sobre la plataforma ocasionándole daños irreparables.

Por motivos de estabilidad del sistema se hace necesario la selección un rodamiento que tenga como mínimo 80 mm de diámetro interno, esto para satisfacer el diseño de los brazos extensibles el cual asegurará que el auto no rote hacia la derecha o izquierda cuando el dispositivo esté girando en medio de una operación.

De acuerdo a lo anterior se selecciona el rodamiento de la empresa NTN CORPORATION (Ver anexo B) con diámetros interno y externo de 80 y 105 milímetros respectivamente y una capacidad de carga de 4,55 toneladas la cual

supera por más de 3 veces la carga requerida (Tabla 5). Esto permite que los brazos puedan girar libremente aun cuando el sistema este sobrecargado accidentalmente.

4.4.5 Cálculo y selección de freno: Actualmente existen dos factores primarios que deben ser cuidadosamente observados a la hora de seleccionar un sistema de frenado. Uno de ellos es el torque máximo de frenado, el que cual dirá si el sistema está en condiciones de llevar a velocidad cero de forma segura el elemento que se esté moviendo. El segundo factor es la capacidad para disipar calor, con lo que se asegura que el freno no sufrirá deformaciones durante largos periodos de funcionamiento que pongan en peligro la operación que se esté llevando a cabo.

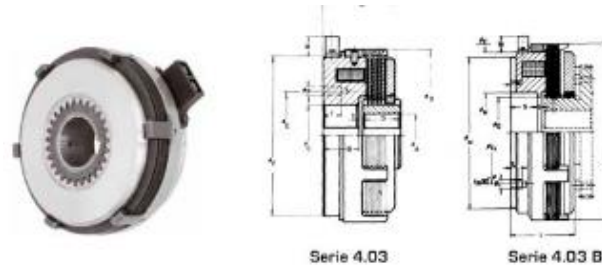
Debido a las bajas velocidades que maneja la plataforma (Ver tabla 8) no se tendrá en cuenta la disipación de calor para el mecanismo de freno. A continuación, se define el torque que debe ejercer el freno a la llanta trasera para detener el sistema en medio de una operación.

Tabla 13. Cálculo de torque de frenado.

NOMBRE				
$F_T = m * \left(\frac{v}{R}\right) + m * g * \text{sen}(\alpha) \quad [1]$ $T_t = \frac{F_T * R}{n} \quad [2]$				
DATOS				
v	0,18	m/s	[1]	Velocidad de diseño
m	2300	Kg	[1]	Masa de todo el sistema a mover
g	9,81	m/s ²	[1]	Gravedad en la superficie de la tierra
Alpha	15	°	[1]	Angulo de la pendiente en la salida del taller
n	2	-	[2]	Reducción en el sistema de transmisión por cadena
R	0,1	m	[1,2]	Radio de la llanta trasera
RESULTADOS				
F_T	5840	N	[1,2]	Fuerza necesaria para frenar el vehiculo en la pendiente
T_t	302,3	N*m	[2]	Torque de frenado

Según lo anterior se selecciona un freno 4.02-32 de la empresa GOIZPER con un torque máximo de 350 Nm. El cambio en el tipo de freno de partículas magnéticas a freno magnético obedece a razones geométricas y de potencia.

Figura 35. Freno magnético.



4.4.6 Cálculo y selección para el sistema electrónico de control: Teniendo en cuenta la complejidad del dispositivo es de vital importancia que exista un sistema electrónico para controlar potencia, dirección y freno dentro de la plataforma. Para ello se emplea un sistema en base a Arduino que accionará los diferentes subsistemas por medio de circuitos con configuración Puente H. A continuación, se muestra dicha configuración y los diferentes elementos que deberá contener el sistema de mando electrónico de la plataforma.

Figura 36. Circuito en configuración “Puente H”.

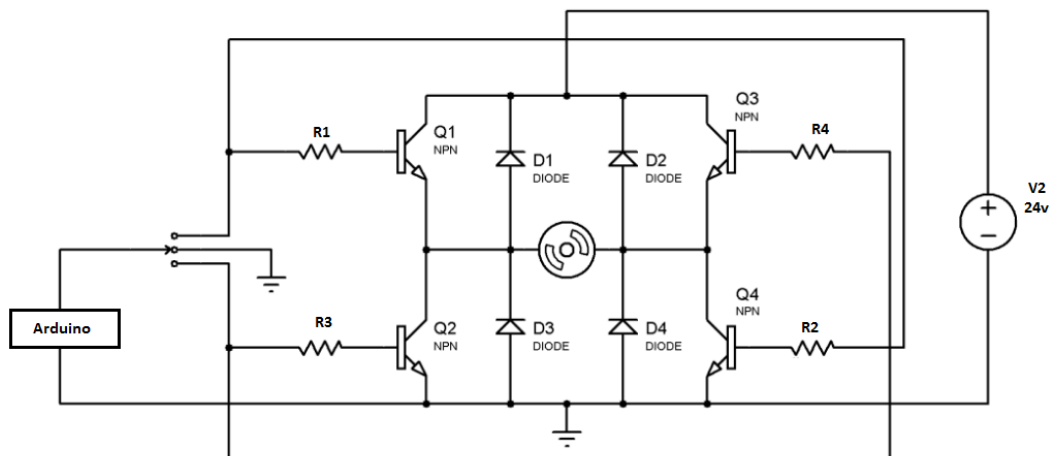


Tabla 14. Elementos que componen los sistemas.

ELEMENTOS PARA HACER CONTROL		
Sistema electronico	Elementos	Cantidad
Circuito puente H para el motor del sistema de dirección	Base para montaje (Váquela)	1
	Resistencia 1k	4
	Diodo N4005	4
	Transistor NPN TIC 41c	4
Circuito puente H para el motor principal	Base para montaje (Váquela)	1
	Resistencia 5k	4
	Diodo N4007	4
	Mosfet de alta potencia	4
Sistema de freno	Interruptor proporcional	1

4.4.7 Selección del gato elevación: Las características de este dispositivo dependen del peso del vehículo y se selecciona utilizando proveedores comerciales, para este caso se elige un gato marca BLACK BULL EJ212, es un gato eléctrico de tijera que cumple con las especificaciones para el proceso de elevación.

Tabla 15. Especificaciones para el gato eléctrico

Gato Black bull EJ212	
Capacidad [Lbs]	2000
Peso [Lbs]	11,5
Voltaje [V]	12
Corriente [A]	13,5
Altura máx. Elevación de la carga [In]	14

Figura 37. Gato Black bull EJ212.



4.4.8 Cálculo y selección de la batería: La selección de las baterías debe basarse en los requerimiento y características de los sistemas que se van alimentar de esta fuente, como lo son motores y gatos de elevación entre otros. Además, es necesario tener en cuenta la autonomía del sistema. Los valores iniciales más importantes para la selección de la batería son el voltaje necesario en el motor principal el cual es de 24 [V] y la corriente nominal del mismo.

Tabla 16. Calculo del sistema de baterías.

CALCULO DE BATERIAS				
$P_t = P_1 + P_2$ [1]				
$Ah * V = P_t * t$ [2]				
DATOS				
P1	1412	W	[1]	Potencia del motor principal
P2	20	W	[1]	Potencia del motor de la dirección
V	24	V	[2]	Voltaje de funcionamiento
t	1	h	[2]	Autonomía del sistema
RESULTADOS				
Pt	1432	W	[1,2]	Potencia total del sistema
Ah	59,7	Ah	[2]	Carga eléctrica de la batería

Con los cálculos anteriores se selecciona dos baterías NP38-12R (Anexo B) de la empresa YUASA BATTERY INC. Cada una con capacidad de 38 Ah.

A continuación, se presentan las especificaciones de la batería seleccionada, se necesitan dos de estas celdas conectadas en serie para cumplir con los requerimientos del sistema.

Tabla 17. Especificaciones generales de la batería.

Batería NP38- 12R	
Capacidad nominal [Ah]	38
Voltaje	12
Dimensiones [mm]	197x165
peso [Kg]	13,8

4.4.9 Selección del cargador para las baterías: Debido a que el sistema de transporte es portable es indispensable el uso de baterías, lamentablemente esto provoca que la plataforma solo se pueda usar durante un tiempo de autonomía. Luego de esto, es necesario reabastecer con energía eléctrica la plataforma para esto se debe usar un cargador diseñado según las características de las baterías.

Para este proyecto se selecciona un cargador de baterías de la marca DIORS modelo CM16 (Anexo B) para baterías de 12 voltios con una potencia máxima de 300 w lo cual le da al sistema un tiempo de recarga aproximado de 6 horas.

Figura 38. Cargado de baterías.



4.5 DISEÑO DE ELEMENTOS PARA ALGUNOS SUB SISTEMAS.

4.5.1 Accesorios de chasis: Debido a que el sistema posee algunos dispositivos para llevar acabo ciertas funciones específicas dentro de la operación, es importante que el chasis de la plataforma este acondicionado para llevar dichos dispositivos de forma segura y eficiente.

4.5.1.1 Accesorio porta MRB (Motor-reductor y baterías): A continuación, se muestra un elemento diseñado para llevar las baterías del sistema junto con el motor-reductor encargado de otorgar a la plataforma la potencia mecánica necesaria para mover el auto. Adicionalmente se muestra un análisis usando el MEF que garantiza que este elemento soportará la carga de dichos componentes, el análisis completo de este elemento se halla en el anexo C.

Figura 38. Accesorio porta MRB.

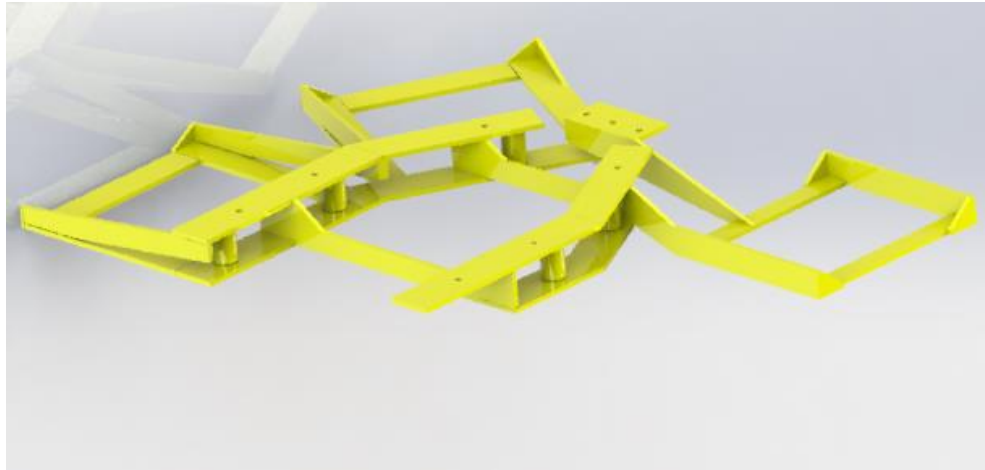
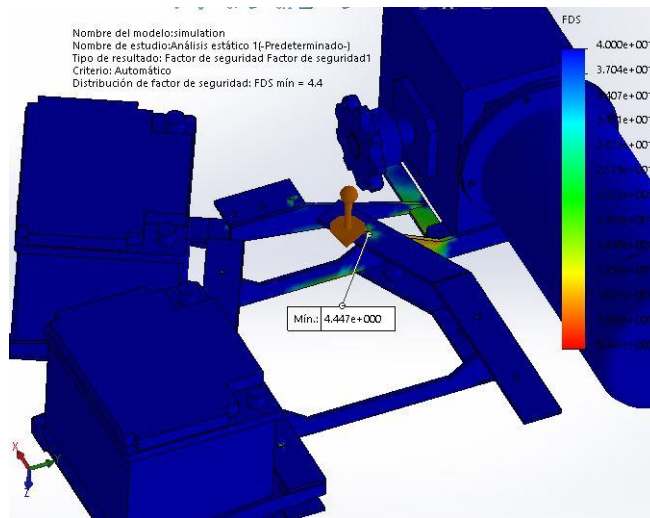


Figura 39. Accesorio porta MRB simulation.



4.5.1.2 Accesorio porta gatos: Ahora se muestra una estructura diseñada para llevar consigo los gatos de elevación.

Figura 40. Accesorio porta gatos.

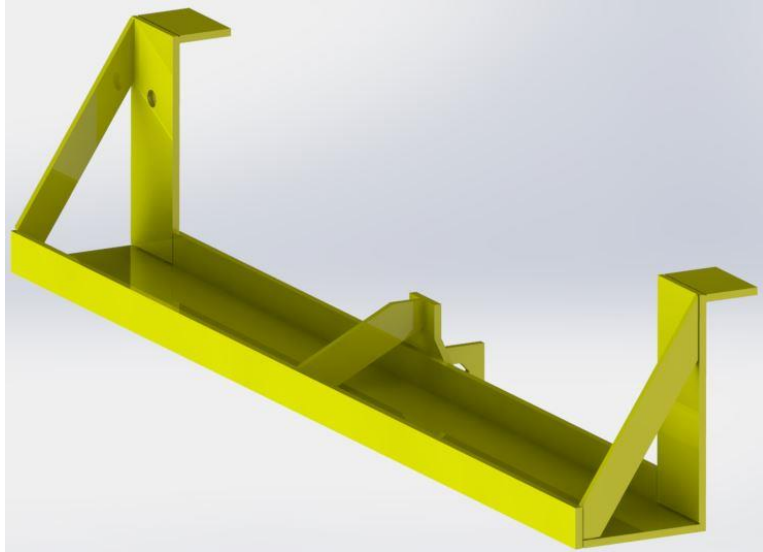
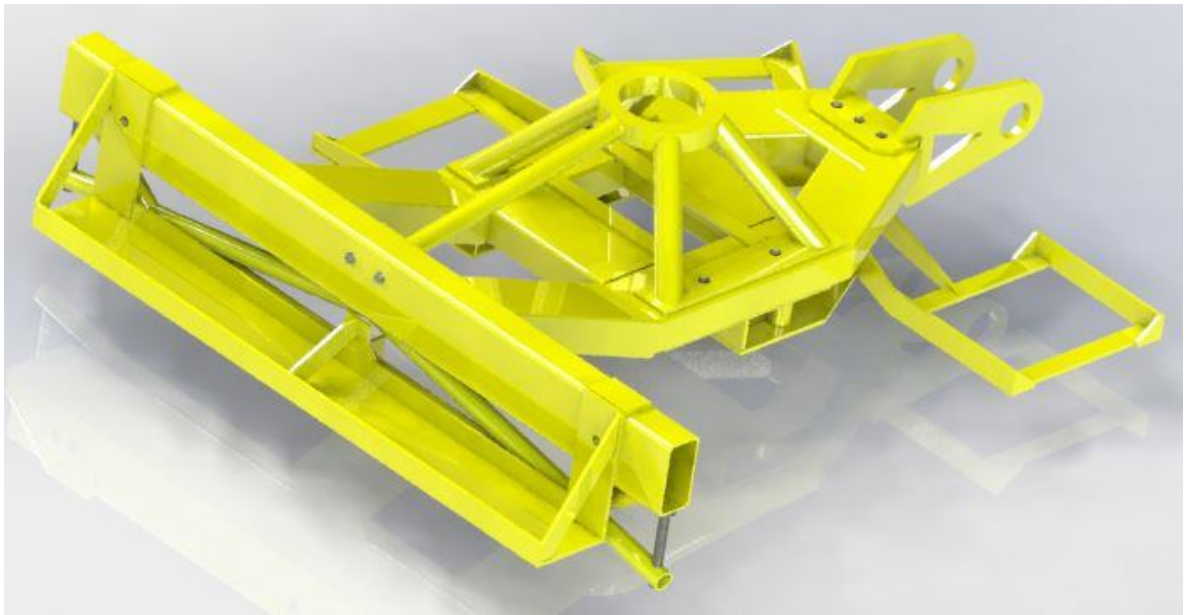


Figura 41. Accesorios ensamblados en chasis.



4.5.2 Sistema de dirección: La clave para diseñar un buen sistema de dirección está en calcular de forma correcta la longitud de cada barra que compone el mecanismo. Ahora bien, dicho mecanismo debe cumplir dos condiciones primarias, por un lado, debe garantizar que en determinada posición las barras provoquen una

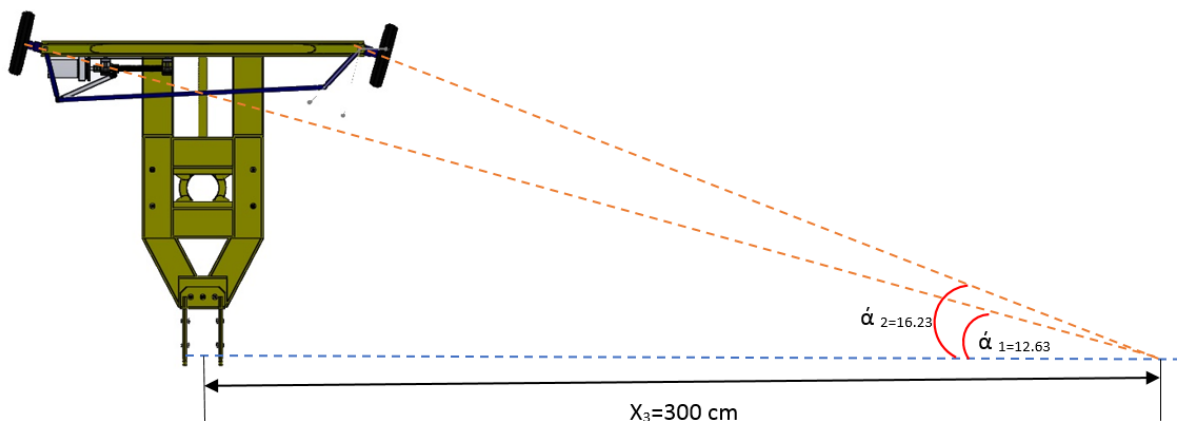
alineación de las llantas hacia el frente de la plataforma y por otro lado, debe permitir que el radio de giro de las 3 llantas del sistema converjan a un mismo punto a 3 metros de la plataforma. Que estos radios de giro converjan en un mismo punto es vital para que las llantas no derrapen de forma lateral acortando su vida útil y poniendo en riesgo la estabilidad del sistema.

Estas dos condiciones solo se logran mediante un mecanismo ackermann, este consta de 2 manivelas y una biela central que con las dimensiones correctas harán que la plataforma vaya hacia el frente y gire sin problemas de estabilidad.

Para este sistema se debe usar manivelas de 13,02 [cm] y una biela de 66.65 [cm]
El cálculo detallado para este mecanismo se encuentra en el anexo C.

A continuación, el análisis cinemático del mecanismo de ackermann cumpliendo con las dos condiciones antes mencionadas.

Figura 42. Sistema de dirección.



4.5.3 Elemento de acople para llantas delanteras: las llantas delanteras no pueden ser instaladas directamente sobre el chasis debido a que esto limitaría a 0 sus grados de libertad lo que le impediría rotar en el eje Y (ver figura 30). Para solucionar dicho problema se hace necesario diseñar un elemento para que la plataforma pueda girar en medio de una operación.

A continuación, se muestra el sistema diseñado para dicho propósito y su análisis estático usando el método de elementos finitos (Anexo C para ver todo el estudio).

Figura 43. Acoplamiento para llantas delanteras.

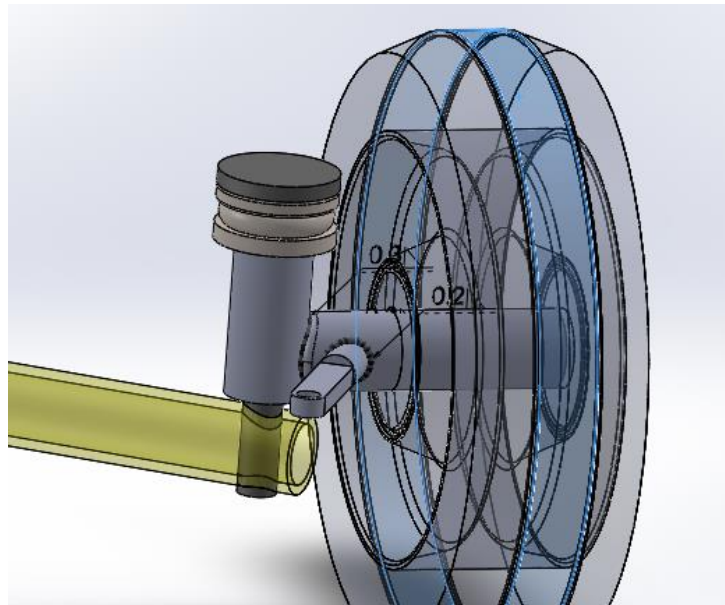
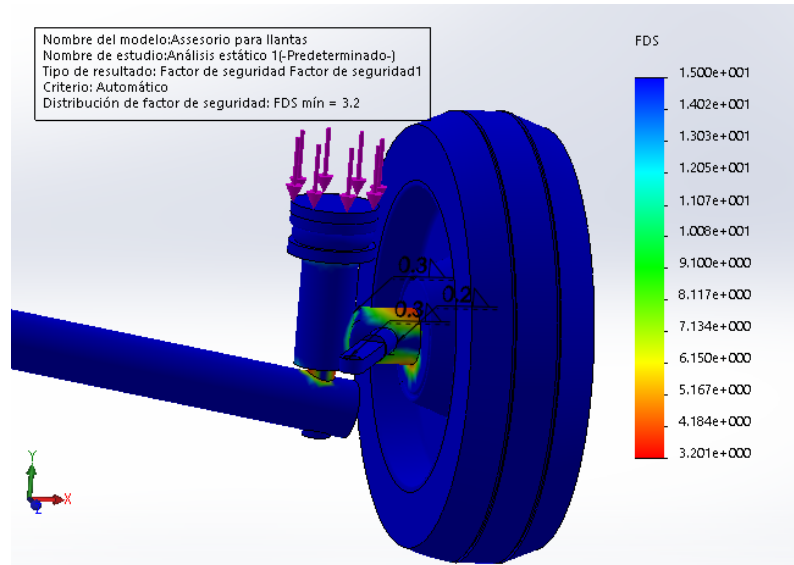


Figura 44. Análisis a sistema de acoplamiento para llantas delanteras.



Teniendo en cuenta el factor de seguridad mínimo de 3,2 para este elemento se puede concluir que es seguro para la normal operación de la plataforma.

4.5.4 Diseño de brazos extensibles: Para el diseño de la estructura de los brazos en los cuales reposa el auto al momento de ser trasladado, se deben tener en cuenta algunas características como lo es la capacidad de que los brazos tengan un alcance variable, con esto se garantiza que la plataforma pueda adaptarse a las diferentes distancias en las cuales se encuentran los puntos de apoyo de cada vehículo. Además, se debe calcular las capacidades con las cargas de los vehículos más pesados. Como ya se había indicado el sistema permite que el vehículo rote sobre el centro de la plataforma con el fin de facilitar la maniobrabilidad del conjunto auto-plataforma.

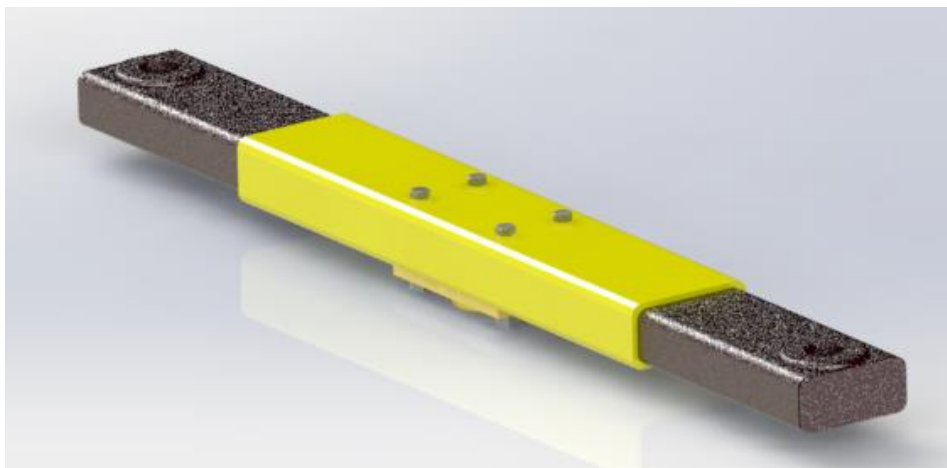
A continuación, se presenta una lista de los materiales comerciales que se utilizaron en diseño de los brazos de la plataforma.

Tabla 18. Materiales para el diseño de brazos.

MATERIALES						
	d (mm)	b (mm)	e (mm)	r (mm)	p (mm)	
Perfil rectangular 4 x 2"	100	50	5	10	-	
Perfil rectangular 110 x 60 [mm]	110	60	5	10	-	
Perfil redondo 2 1/2"	-	-	0,5	-	70,3	
Platina de soporte	Se utiliza platina de 160 x 100 [mm] con espesor de 10 [mm]					
Tornillos	Para la sujeción de algunos miembros se empelaran tornillos milimétricos de tamaño M10 x 1,5					
Soldadura	Se usará soldadura por electrodo AWS-E80xx con una resistencia de 80000 psi la cual es muy similar a la resistencia del acero del cual se componen los perfiles.					

Teniendo en cuenta todas las condiciones de diseño anteriores y además planeando una geometría que facilite los procesos de construcción y manufactura se diseñó la siguiente estructura.

Figura 45. Brazos extensibles.



El análisis para el sistema de brazos extensibles se realiza junto con el sistema de anclaje en figura 48.

4.5.5 Diseño para el componente de soporte y anclaje: Este componente debe tener tres características importantes, ser un elemento que pueda variar su elevación para poder adaptarse a las diferentes alturas de los vehículos, permitirle al conjunto plataforma auto tener un agudo relativo entre ellos. Y además, debe poseer un elemento que permita asegurar el vehículo a la plataforma y evitar que este se deslice al momento que inicie o finalice el movimiento del conjunto.

A continuación, se presenta el diseño del componente de anclaje el cual está situado en el extremo de los brazos de la plataforma junto con su análisis en simulation, el análisis completo se encuentra en el anexo C.

Figura 46. Componente de soporte y anclaje.



Figura 47. Rotación relativa entre elementos.

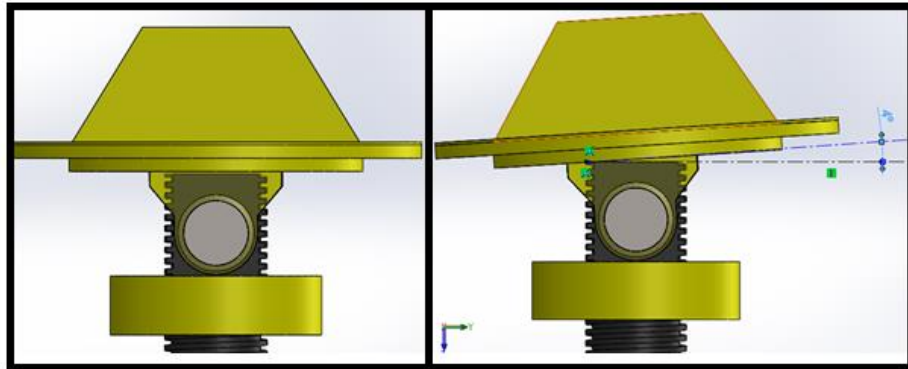
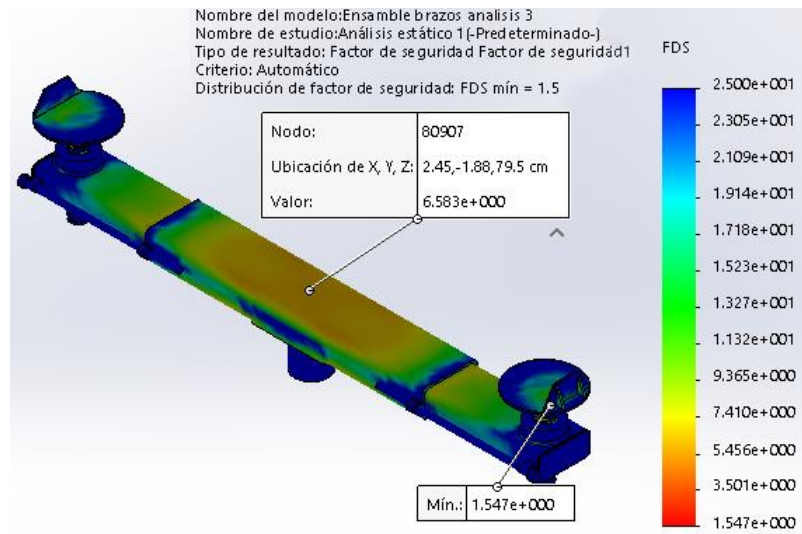


Figura 48. Análisis por MEF a brazos extensibles y mecanismo de enganche.



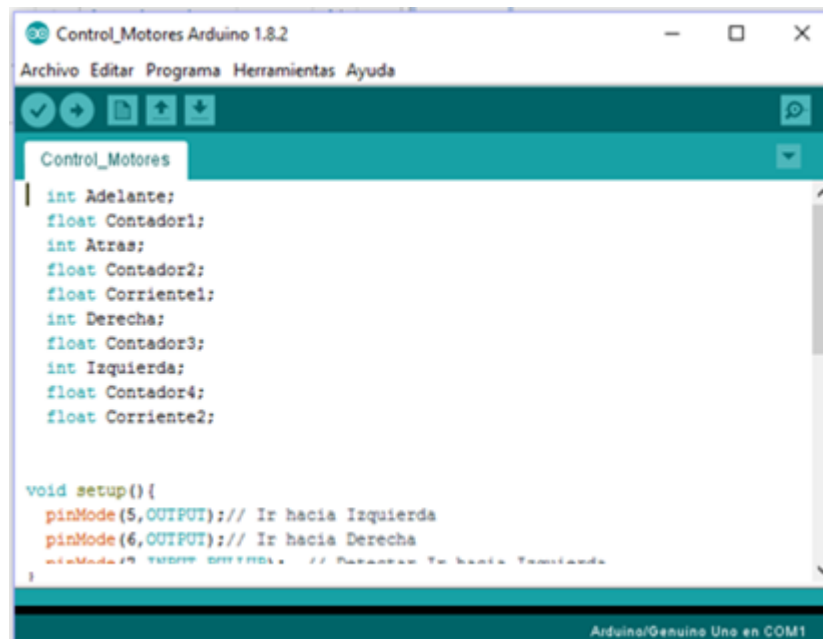
Se observa que el factor mínimo de seguridad (1,54) se encuentra en los soportes laterales de los anclajes donde reposará el vehículo. Sin embargo, la viga principal del sistema posee un factor de seguridad superior 6.5.

4.5.6 Código informático de control: Con el objetivo manejar los motores de la plataforma de un modo remoto, es de vital importancia utilizar un sistema de control

ubicado dentro de la máquina que pueda interpretar las señales del mando y convertirlas señales tipo PWM (modulación de ancho de pulso) que puedan ser enviadas los circuitos puente H (Ver figura 35) que finalmente controlaran los motores de la plataforma.

A continuación, se muestra parte del código necesario para que el hardware pueda funcionar, la totalidad del código se encuentra en el anexo C.

Figura 49. Código para control.



```
Control_Motores Arduino 1.8.2
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Control_Motores
int Adelante;
float Contador1;
int Atras;
float Contador2;
float Corriente1;
int Derecha;
float Contador3;
int Izquierda;
float Contador4;
float Corriente2;

void setup(){
  pinMode(5,OUTPUT);// Ir hacia Izquierda
  pinMode(6,OUTPUT);// Ir hacia Derecha
  pinMode(7,OUTPUT,OUTPUT)// Paradas y hacia Izquierda
}
```

4.5.7 Diseño del eje de la rueda trasera: El eje de la rueda trasera es el elemento sobre el cual está apoyada la estructura y el cual transmite la potencia desde el sistema de transmisión a la rueda. El diámetro de este eje está restringido por el agujero de las llantas ya seleccionadas y la longitud por la geometría del chasis de la plataforma. Por tanto, es necesario comprobar que el eje que se colocara en este lugar pueda resistir todas las cargas a las cuales estar sometido. Se selecciona un ANSI 1045 como material de construcción del eje. El análisis por el MEF para el eje

trasero se encuentra en el anexo C, mientras que los cálculos restantes (cálculo de cuñas) para este sistema se encuentran en el anexo C6.

Tabla 19. Calculo para el eje trasero de la plataforma.

CALCULO DE EJE				
$C_{sup} = 2.7 * \left[\frac{Su}{1000} \right]^{-0.265}$		[1]	$Se = 0.5 * Su * Cc * Cl * Cs * Csup$ [2]	
$D = \left[32 * \frac{Fs}{\pi} * \left(\sqrt{\left(Kf * \frac{M}{Se} \right)^2 + \left[\frac{3}{4} * \left(\frac{T^2}{Sy} \right) \right]} \right)^{1/3}$ [3]				
DATOS				
M	157,45	N-m	[3]	Momento flector en sección crítica
T	185,5	N-m	[3]	Torque en sección crítica
D	0,02	m	[3]	Diametro en la sección crítica
Sy	530	Mpa	[3]	Esfuerzo a la fluencia
Su	625	Mpa	[1]	Esfuerzo ultimo
Cc	0,897	-	[2]	Coefficiente de tamaño
Cl	0,58	-	[2]	Coefficiente de carga
Cs	0,8596	-	[2]	Coefficiente de confiabilidad
Kf	1,95	-	[2]	Factor de concentrador
RESULTADOS				
Fs	1,96	-	[3]	Factor de seguridad
Se	3533	Mpa	[2,3]	Resistencia al corte corregida
Csup	0,81	-	[1,2]	Coefficiente de superficie

Figura 50. Eje para rueda.

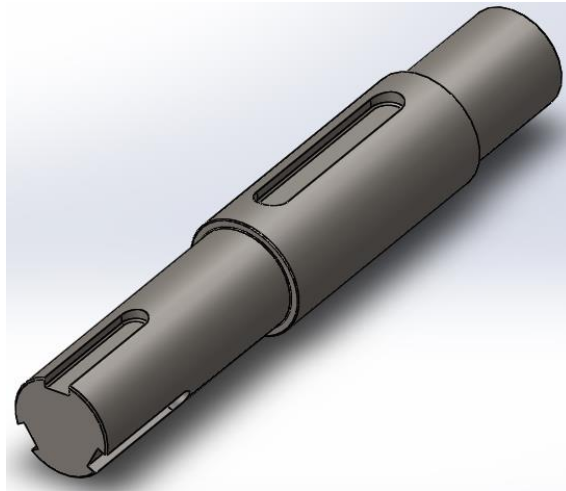
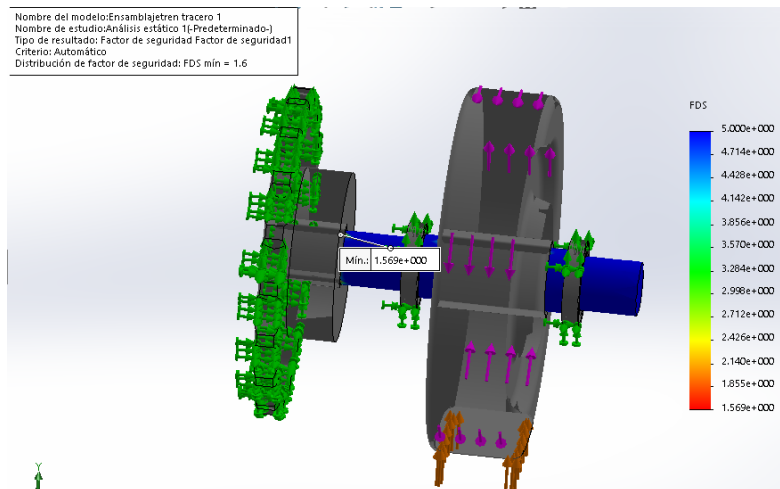
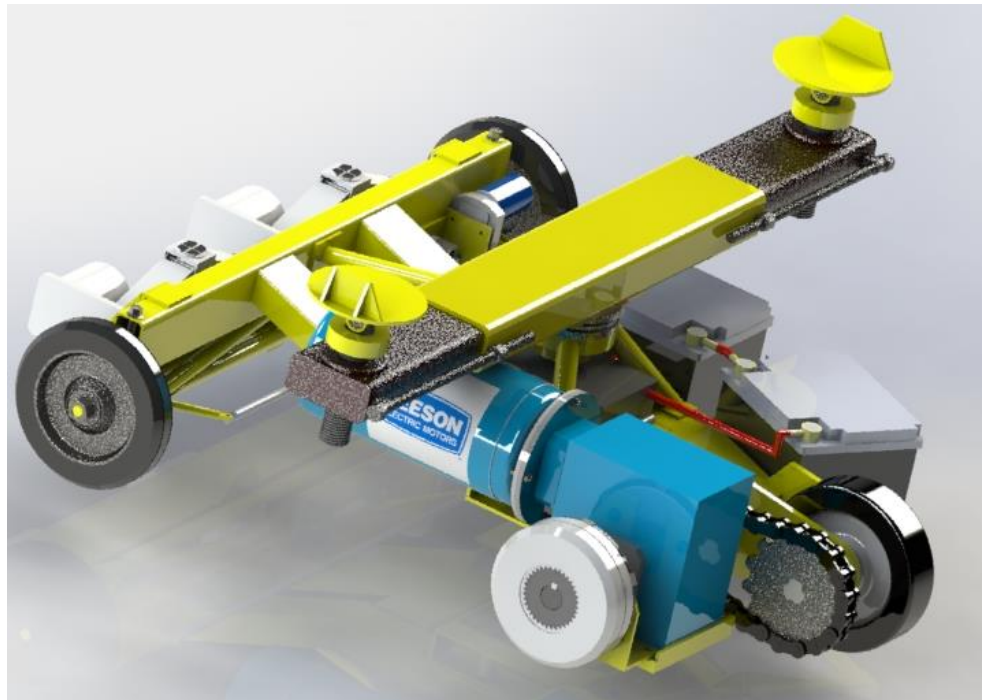


Figura 51. Análisis para eje para rueda.



4.5.8 Ensamble del diseño a escala real: Ahora se muestra el ensamblaje de todos los elementos anteriormente diseñados o seleccionados. Esta imagen constituye la totalidad del diseño a escala real de la plataforma.

Figura 52. Ensamble total para diseño a escala real.



4.6 PRESUPUESTO DEL DISPOSITIVO.

Habiendo terminado el proceso de diseño y selección de componentes se procede a realizar el presupuesto que conlleva la construcción y puesta en funcionamiento de la máquina. Dentro de los costos de cada elemento serán incluidos los costos de la materia prima, el proceso de manufactura incluida la pintura, esto para los elementos que no son comerciales. Para los demás elementos se realiza una cotización a partir de los precios disponibles por los distribuidores autorizados de cada producto. Este presupuesto refleja la inversión que la empresa deberá realizar a cambio de obtener un proceso de transporte más tecnificados y brindando seguridad especialmente a los operarios.

Tabla 20. Presupuesto de la plataforma.

PLATAFORMA DE TRANSPORTE			
COMPONENTE	CANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
CHASIS	1	450000	450000
BRAZOS EXTENSIBLES	1	300000	300000
SISTEMA DE DIRECCIÓN (ACKERMANN)	1	50000	50000
HUSILLO DE ACCIONAMIENTO DE DIRECCIÓN	1	35000	35000
ACCESORIOS DE RUEDAS DELANTERAS	2	50000	100000
EJE	1	70000	70000
RODAMIENTOS	3	15000	45000
TRANSMISIÓN POR CADENA	1	180000	180000
RUEDAS	3	20000	60000
MOTOR PRINCIPAL 2HP	1	2380000	2380000
REDUCTOR	1	716400	716400
MOTOREDUCTOR DIRECCIÓN 40W	1	75000	75000
BATERIAS	2	395000	790000
CARGADOR BATERIA	1	170000	170000
GATOS ELECTROMECAVICOS	2	202900	405800
FRENO ELECTROMAGNETICO	1	350000	350000
SISTEMA DE CONTROL	1	175000	175000
TOTAL			6352200

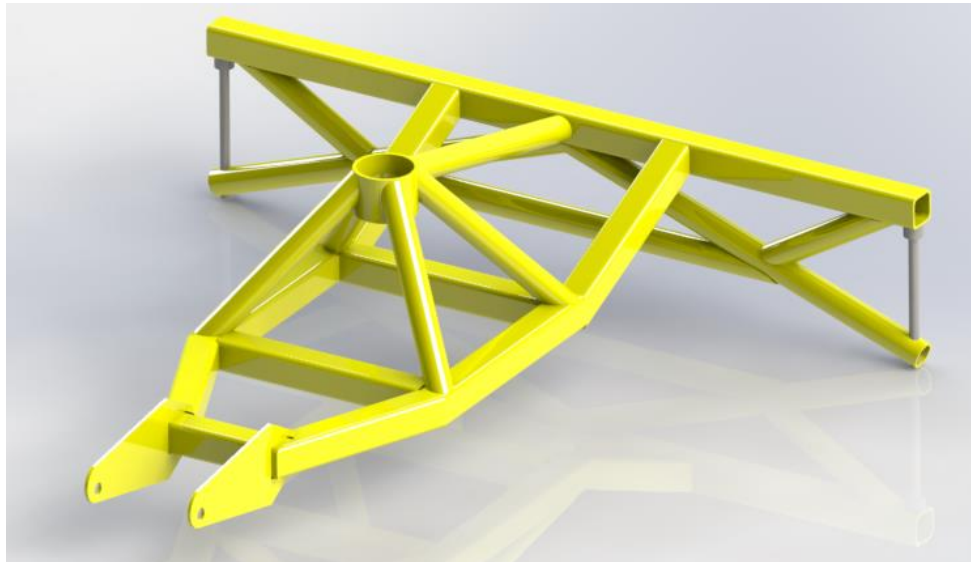
5. DISEÑO DETALLADO DEL DISPOSITIVO A ESCALA

Debido a la complejidad del diseño y la gran cantidad de piezas que componen al mismo y buscando las mejores condiciones de operación se hace indispensable la construcción de un modelo a escala con el que se pueda validar físicamente todo lo que se diseñó en la etapa anterior. En este capítulo se mostrará el diseño de un modelo a escala de una forma simplificada puesto que muchos de los cálculos detallados siguen el mismo patrón utilizado en el capítulo 4.

5.1 DISEÑO DE CHASIS

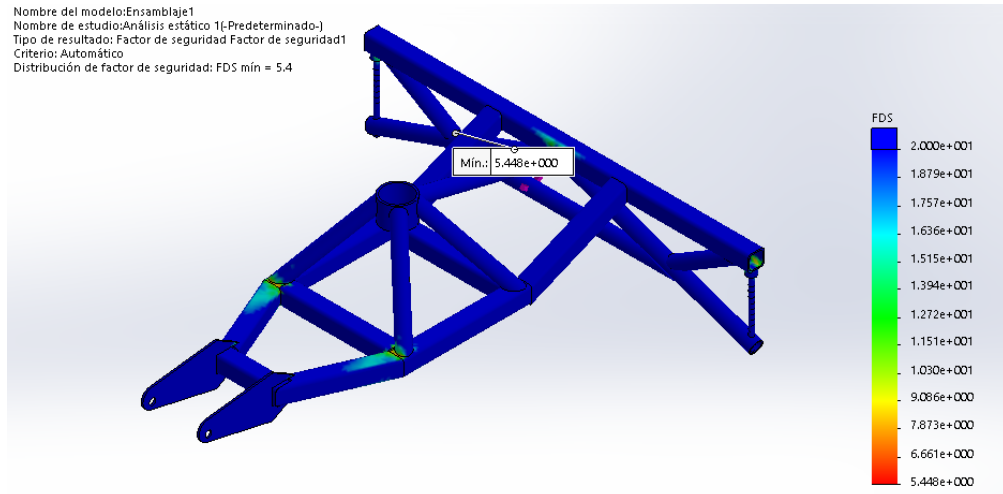
Ahora se muestra un bastidor construido en acero ASTM A36 la cual dará soporte al modelo a escala de la plataforma. Dicha estructura redujo en un 25% su tamaño respecto a chasis del modelo a escala real.

Figura 53. Chasis para prototipo.



Ya que este sistema se analizará físicamente en etapas posteriores de este proyecto es importante introducir sus componentes en una prueba computarizada para ser analizados por medio de elementos finitos. A continuación dicho estudio.

Figura 54. Análisis para chasis de prototipo.



5.2 SELECCIÓN DE PIEZAS DISPONIBLES COMERCIALMENTE.

Ahora se muestran algunas de las piezas que se encuentran actualmente en el mercado y que por ende no son necesarias de diseñar y construir.

5.2.1 Selección de motor principal. Utilizando la misma metodología de la selección del motor para el diseño real (Tabla 8). Se determina que el prototipo debe tener un motor de mínimo 100 [w]. Para prototipo se elige un motor 56300-1e500 con las siguientes características.

Tabla 21. Características del motor principal para el prototipo.

56300-1e500	
Potencia [W]	420
Rpm motor	120
Voltaje [V]	12
Corriente [A]	35

Figura 55. Motor principal para el prototipo.



5.2.2 Selección para el sistema de frenado: Durante el diseño del sistema real se propuso la selección de un freno magnético, Principalmente por su fácil accionamiento por medio de electricidad. Lamentablemente, este freno no se encuentra disponible en el mercado local y es muy escaso en el mercado nacional, por esto se determina usar un freno de disco accionado por un motor driving. Los cálculos que verifican que dicho freno cumplirá los requerimientos del sistema se encuentran en el anexo D. A continuación las características de estos dos elementos.

Figura 56. Sistema de frenos.

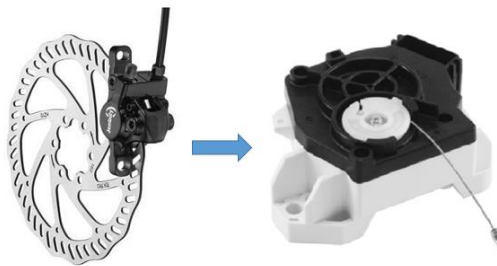


Tabla 22. Características del sistema de freno.

Freno de disco		Motor driving NTCU	
Diámetro externo [in]	5,5	Potencia [W]	20
Diámetro interno [in]	4,13	Rpm motor	30
Coefficiente de fricción	0,45	Voltaje [V]	120 AC
Torque de frenado [N*m]	40	Corriente [A]	0,16

5.2.3 Selección de ruedas: Para las llantas de este dispositivo se utilizarán los modelos 6011100 y 6011880 (ver figura 52) de la empresa INMA CULSON con proveedores en la ciudad de Bucaramanga. Las características de estas llantas se encuentran en el anexo D.

Figura 57. Ruedas para prototipo.



5.2.4 Selección del sistema de transmisión: Siguiendo el procedimiento y el catálogo de selección utilizado para el diseño, se selecciona una cadena número 40 con las siguientes características.

Tabla 23. Características del sistema de transmisión.

Sistema de transmisión	
Cadena de rodillo estandar ANSI número 40	
Paso de la cadena [In]	1/2
Resistencia a la tensión [Lbs]	4000
Numero de dientes Sprocket conductor	10
Numero de dientes Sprocket conducido	32
Diametro exterior sprocket conductor [In]	1,84
Diametro exterior sprocket conducido [In]	5,38

5.2.5 Selección de baterías para prototipo: Tomando una potencia aproximada de 200 [W] se seleccionan una batería GP 12340 de la empresa YUASA BATTERY INC. Cada una con una capacidad de 36 [Ah], lo cual da al modelo una autonomía de aproximadamente 2 hora y media, suficiente para hacer pruebas sin problemas de energía.

Tabla 24. Características para batería de prototipo.

Batería GP 12340	
Capacidad nominal [Ah]	36
Voltaje	12
Dimensiones [cm]	194x127x170
peso [Kg]	10,48

5.3.6 Cargador de batería: Puesto que el prototipo no estará en operación permanente, sino por el contrario solo funcionará en tiempos cortos para las pruebas

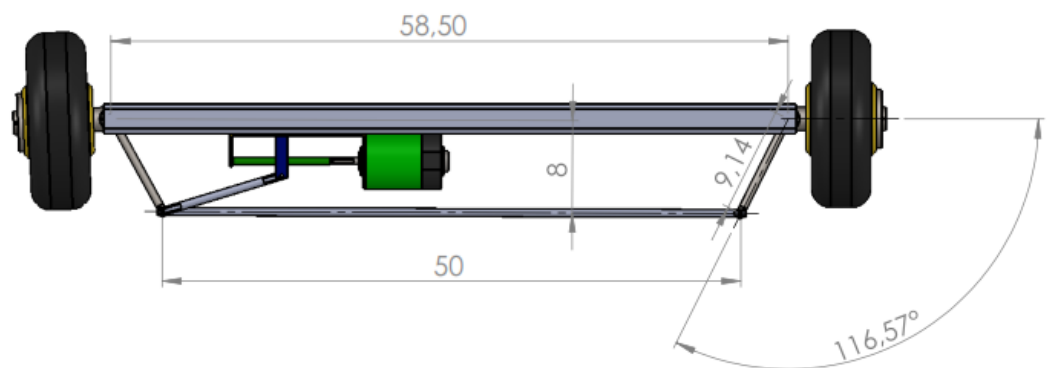
del modelo, no es necesario adquirir un cargador para las baterías. Para el proyecto se va a adquirir servicios de recargas con lo cual se disminuirá el costo del prototipo.

5.3 DISEÑO DE PIEZAS A CONSTRUIR PARA EL MODELO.

Ahora se muestran los elementos de la plataforma que no se pueden conseguir comercialmente y por ende es necesario diseñar y construir cada uno de ellos.

5.3.1 Diseño de sistema de dirección: Con el objetivo de poner a prueba el método con el que se calculó la dirección para el diseño a escala real, se decide utilizar dicho método para el diseño de la dirección del prototipo. A continuación se muestra la geometría de sistema que le dará dirección a todas las operaciones de transporte de la plataforma.

Figura 58. Sistema de dirección.



5.3.2 Soporte para baterías: Con el fin de mantener la batería en un lugar seguro dentro de la plataforma se diseña este elemento. A continuación se muestra el modelo junto con su respectivo análisis por MEF.

Figura 59. Soporte para baterías del prototipo.

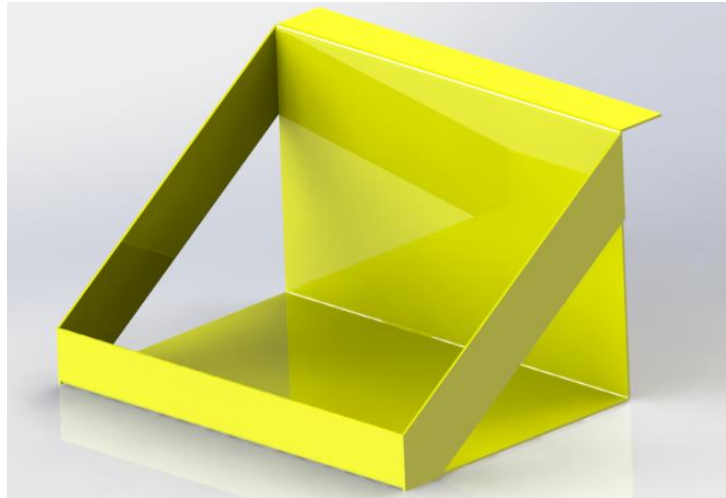
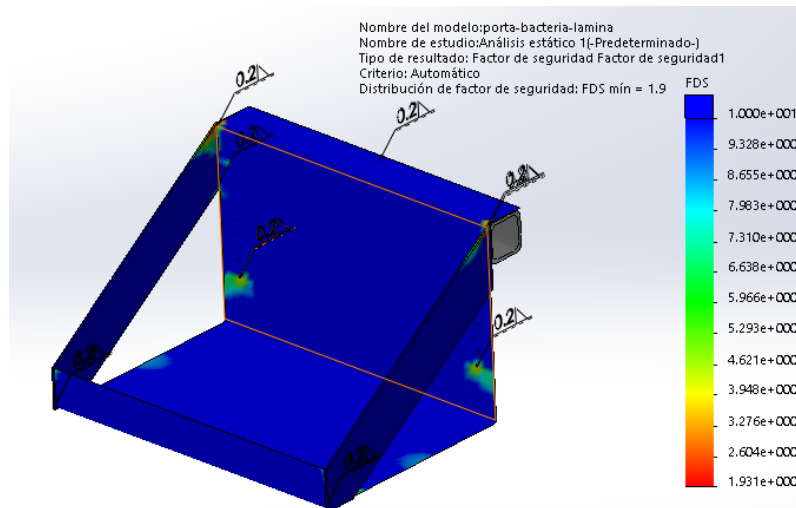
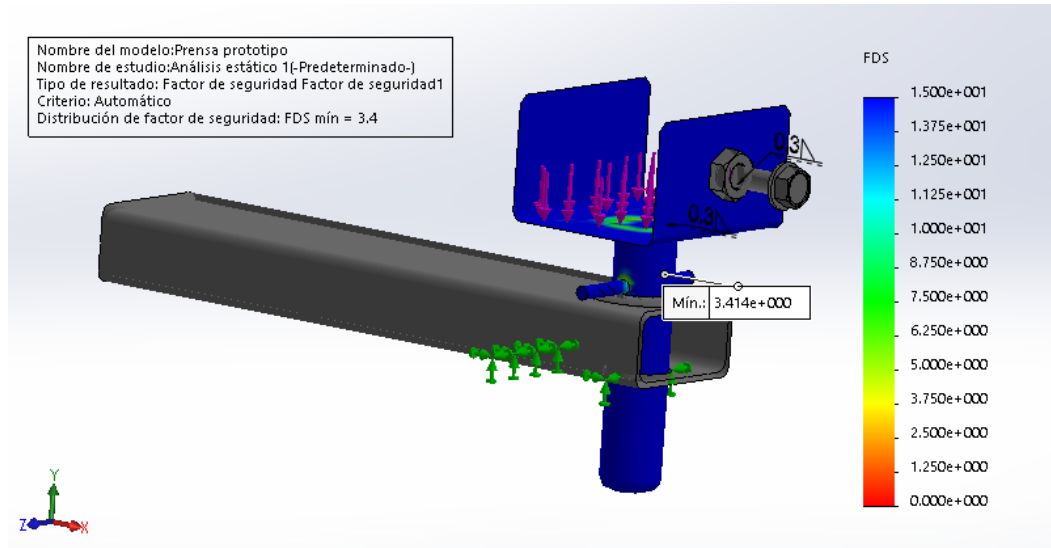


Figura 60. Análisis por MEF para soporte de baterías.



5.3.3 Mecanismo de anclaje: Dicho elemento cuenta con un eje de 7/8 pulgada perforado y un pasador, esto le permite tener a la plataforma una altura variable. A continuación, se muestra el análisis de simulación para este sistema en el que se observa un factor de seguridad de 3.4.

Figura 61. Análisis de simulation para el sistema de anclaje del prototipo.



5.3.4 Diseño del eje de la rueda motriz: Teniendo las cargas a las que será sometido el eje proveniente del motor, el peso a transportar y siguiendo la metodología de cálculo del eje del dispositivo a escala real. Se calcula el factor de seguridad para un diámetro de 2 cm, el cual es la dimensión del agujero de la rueda que se instalará en dicho eje.

Figura 62. Eje rueda motriz.

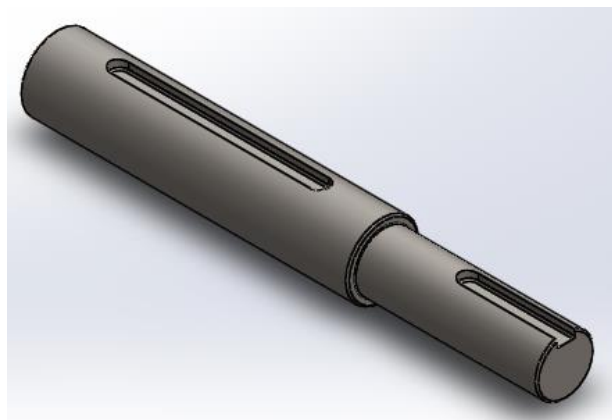


Figura 63. Análisis MEF del eje.

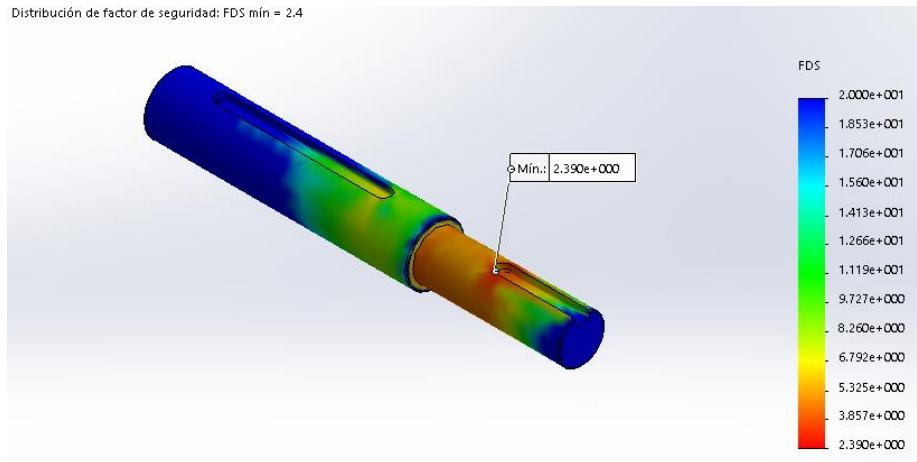


Tabla 25. Cálculo de eje.

CALCULO DE EJE				
$C_{sup} = 2.7 * \left[\frac{Su}{1000} \right]^{-0.265}$ [1]		$Se = 0.5 * Su * Cc * Cl * Cs * Csup$ [2]		
$D = \left[32 * \frac{Fs}{\pi} * \left(\sqrt{\left(Kf * \frac{M}{Se} \right)^2 + \left[\frac{3}{4} * \left(\frac{T}{Sy} \right)^2} \right]} \right)^{1/3}$ [3]				
DATOS				
M	179,2	Lb-In	[3]	Momento flector en sección crítica
T	422,6	Lb-In	[3]	Torque en sección crítica
D	0,788	In	[3]	Diametro en la sección crítica
Sy	76000	Psi	[3]	Esfuerzo a la fluencia
Su	90000	Psi	[1]	Esfuerzo ultimo
Cc	0,897	-	[2]	Coefficiente de tamaño
Cl	0,58	-	[2]	Coefficiente de carga
Cs	0,8894	-	[2]	Coefficiente de confiabilidad
Kf	1,96	-	[2]	Factor de concentrador
RESULTADOS				
Fs	2,267	-	[3]	Factor de seguridad
Se	17061	Psi	[2,3]	Resistencia al corte corregida
Csup	0,81	-	[1,2]	Coefficiente de superficie

5.3.5 Diseño de los brazos extensibles: Este componente se diseñó y se analizó mediante el software solidworks, teniendo la carga de 100 kgf que transporta la plataforma y calculando la fuerza aproximada de arrastre (725 N) ejercida sobre el dispositivo debido a la carga a transportar. A continuación, se presenta el análisis de este elemento.

Figura 64. Brazos extensibles.

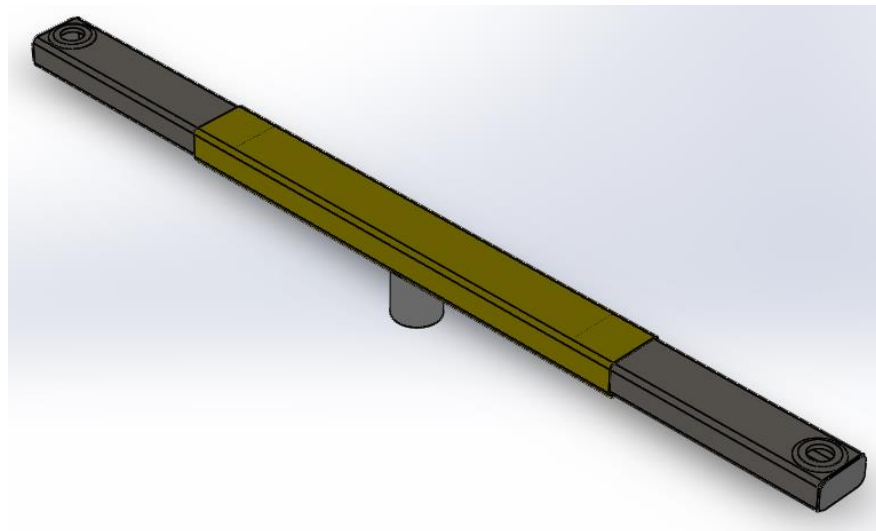
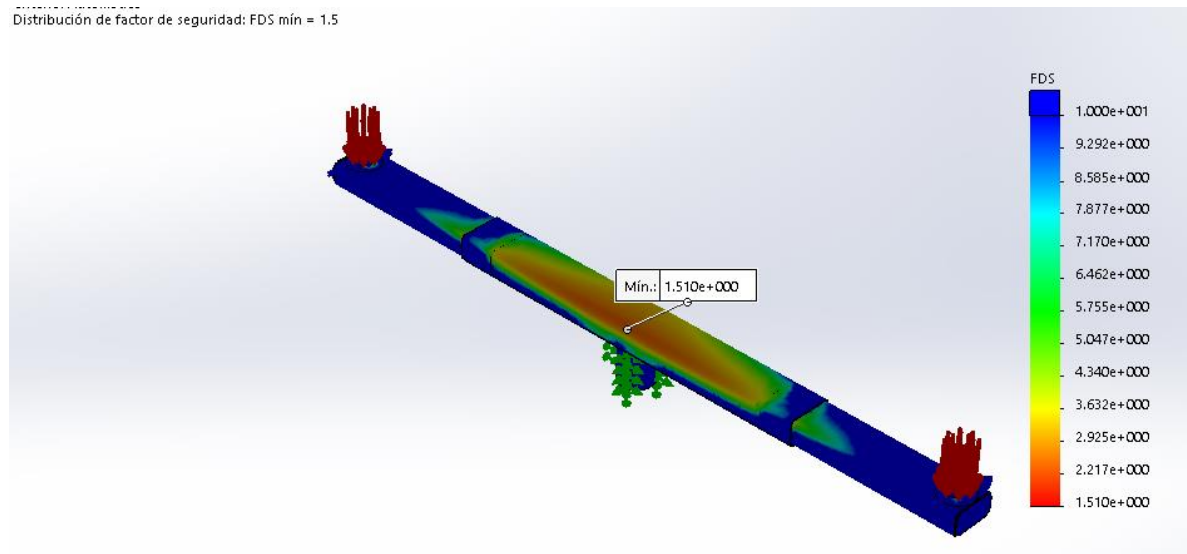


Figura 65. Análisis MEF de los brazos del prototipo.



5.3.6 Sistema de control y hardware: Este sistema ya fue descrito anteriormente (4.4.6 y 4.5.6) para el modelo a escala real, para el prototipo lo único solo se precisa cambiar los mosfet de alta potencia por transistores NPN TIC 41 c de baja potencia.

6. DISEÑO DE MANUFACTURA Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO

El objetivo de este capítulo es el de exponer los diferentes pasos para la construcción del prototipo diseñado en el capítulo anterior. Los procesos de manufactura se llevarán a cabo en FELMAQ S.A.S. Un taller local dedicado a la fabricación en el área de la metal-mecánica y que cuenta con máquinas con capacidad de realizar operaciones de soldadura, corte, taladrado, torneado, fresado entre otras. Cabe aclarar que solo se diseñará la construcción de los elementos a fabricar, los elementos adquiridos de forma comercial solo entrarán en este capítulo en el diseño de los procesos de ensamble.

6.1 OPERACIONES PARA EL PROCESO DE CONSTRUCCION.

Ahora se muestran los diferentes tipos de operaciones que se pueden realizar mediante los equipos del taller.

6.1.1 Corte mecánico: Consiste de dividir un elemento en dos partes, los cortes pueden ser parciales (cuando solo se hace una incisión en material o perfil) o totales cuando el elemento se divide totalmente. Adicionalmente, en el caso de los perfiles del prototipo los cortes pueden ser normales al eje del perfil o pueden tener un ángulo con respecto a este.

6.1.2 Oxicorte: Conocido también como corte con oxígeno y gas combustible, es una técnica que utiliza una mezcla de combustible y oxígeno a alta velocidad la cual calienta tan rápido el metal que no le da tiempo de fundirse sino por el contrario, este entra en combustión y se convierte en escoria la cual es retirada por el mismo chorro de oxígeno al interior de la llama.

6.1.3 Soldadura: Se encarga de juntar uno o varios elementos por medio de una unión rígida, la soldadura usada para este proyecto es MIG (Metal Inert Gas) 7018 que utiliza un arco metálico para realizar la unión y gas para aislar el exceso de oxígeno que pudiera generar corrosión al interior de los cordones.

6.1.4 Cilindrado: Consiste de devastar un eje redondo hasta conseguir un diámetro adecuado. Esta operación se ejecuta principalmente cuando las barras con las que se fabrican los ejes no traen un diámetro adecuado por lo que se hace necesario modificarlo mediante esta operación.

6.1.5 Roscado: Sirve para generar ranuras continuas en forma de espiral alrededor de un eje cilíndrico. Las roscas pueden ser externas o internas y se logran de la misma forma en que se realizan las operaciones de cilindrado, pero utilizando una mayor profundidad de corte y una mayor velocidad de avance.

6.1.6 Chaflán: Consiste en un desbaste de radio variable muy corto que se hace en los extremos de un eje circular y su finalidad es suavizar el borde del eje con fin de facilitar los procesos de ensamble y evitar accidentes por cortaduras con bordes filosos. También se puede fabricar un chaflán en otro tipo de elementos diferentes a los ejes.

6.1.7 Taladrado: Operación que consiste en generar perforaciones redondas sobre elementos tales como perfiles o platinas y son muy aplicadas para ensamblar dichas partes mediante elementos de sujeción.

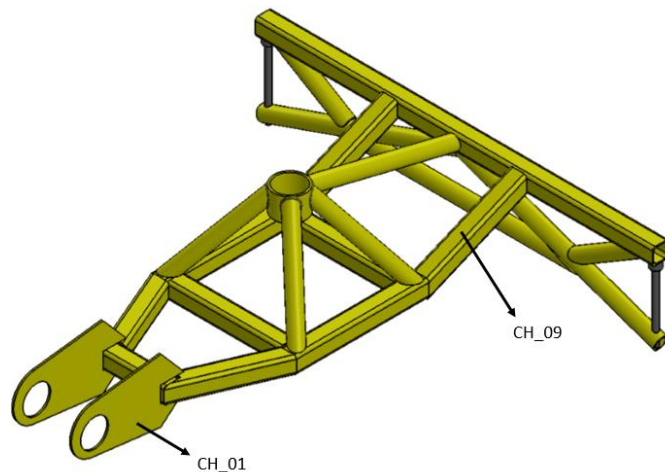
6.1.8 Fresado: Esta es una de las operaciones más utilizadas en la fabricación de piezas mecánicas y consiste de remover material por medio de cabezales llamados fresas, estos pueden tener una gran variedad de tipos.

6.2 HOJAS DE RUTA.

Con el propósito de definir de la mejor manera posible el proceso de manufactura de los diferentes elementos que componen la plataforma se diseñan hojas de ruta que definen detalladamente las operaciones a realizar en la construcción de cada parte de la máquina. Cabe resaltar que solo se mostrarán hojas de ruta para el chasis y para el eje trasero de la plataforma, las hojas de ruta de los elementos restantes se encuentran en el anexo D.

6.2.1 Diseño de manufactura para el chasis: Debido a la gran cantidad de elementos que forman esta estructura se decide exponer hojas de ruta para solo dos de sus partes (Figura 57). A continuación, las hojas de ruta para dichos elementos.

Figura 66. Elementos del chasis seleccionado para manufactura.



6.2.1.1 Hojas de ruta para el elemento CH_01: Este elemento tiene como función transferir la carga desde el eje trasero hasta la estructura. Ahora se muestran los planos de diseño y la hoja de ruta para este elemento.

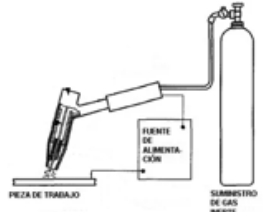
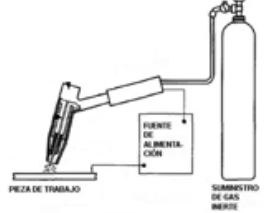
Tabla 26. Plano de para el elemento CH_01.

CH_01					
DESCRIPCIÓN					
Cantidad	2	Dimensiones	Cm	Material	ASME A36
Función	Trasmitir carga a la llanta trasera del dispositivo				

Tabla 27. Lista de operaciones para el elemento CH_01.

HOJA DE RUTA			
N.o Elemento	Nombre	Material	Características de la materia prima
1	CH_01	ANSI 1045	Lamina calibre 3/16" de Acero ASME A36
	Fecha	Planificador	
	1/06/2017	Los autores	
N.o operación	Descripción		Maquina
10	Corte perimetral		Maquina de Oxicorte
20	Corte circular para eje trasero		Maquina de Oxicorte

Tabla 28. Parámetros de operaciones para el elemento CH_01.

10	OXICORTE						
Descripción de la operación		Corte para realizar el perímetro de la figura.					
Condiciones de operación				Designación de parámetros		Simbología	
Oxicorte	Ap	45	Vc	60	Ap: Profundidad de corte [mm]		
	Tp	850	L	50,5	Tb: Tipo de boquilla		
	Pg	4			Gas: Gas combustible		
	Tb	INFRA SC-12-0			TP: Temp de precalentamiento [°C]		
	Gas	Acetileno			Pg: Presión del gas [psig]		
					Vc: Velocidad de corte [cm/min]		
				L: Longitud de corte [cm]			
tmec		50,5		tmec: Tiempo total de mes. [s]			
20	OXICORTE						
Descripción de la operación		Corte para realizar el círculo donde se instalará el eje trasero del dispositivo.					
Condiciones de operación				Designación de parámetros		Simbología	
Oxicorte	Ap	45	Vc	60	Ap: Profundidad de corte [mm]		
	Tp	850	L	13,2	Tb: Tipo de boquilla		
	Pg	4			Gas: Gas combustible		
	Tb	INFRA SC-12-0			TP: Temp de precalentamiento [°C]		
	Gas	Acetileno			Pg: Presión del gas [psig]		
					Vc: Velocidad de corte [cm/min]		
				L: Longitud de corte [cm]			
tmec		13,2		tmec: Tiempo total de mes. [s]			

6.2.1.2 Hojas de ruta para el elemento CH_09: Ahora se analizará el elemento CH_09 perteneciente también al chasis de la plataforma.

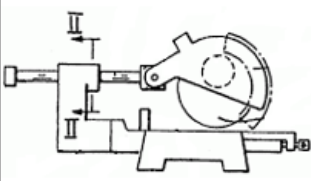
Tabla 29. Plano de para el elemento CH_09.

Elemento CH_09					
DESCRIPCIÓN					
Cantidad	2	Dimensiones	Cm	Material	ASME A36
Función	Soporte estructural dentro el chasis				

Tabla 30. Lista de operaciones para el elemento CH_09.

HOJA DE RUTA			
N.o Elemento	Nombre	Material	Características de la materia prima
2	CH_09	ANSI 1045	Perfil de 1x1" y 2 [mm] de espesor fabricado de Acero ASME A36
	Fecha	Planificador	
	1/06/2017	Los autores	
N.o operación	Descripción		Máquina
10	Dos cortes en cada esquina uno de 67 grados		Cortadora

Tabla 31. Parámetros de operaciones para el elemento CH_09.

10		CORTE MECÁNICO				
Descripción de la operación		Dos cortes en cada esquina uno de 28 grados				
Condiciones de operación			Designación de parámetros			Simbología
Corte	Vc	604,5	L	25	Vc: Velocidad de corte [m/min]	
	Ap	2,81E-06	N	3400	Ap: Profundidad de corte [mm]	
	f	2,00E-05	vf	0,068	f: Avance [mm]	
					vf: Velocidad de avance [mm/min]	
					N: RPM del husillo	
					L=Longitud [mm]	
tmech.	6,2				tmech.: Tiempo total de mec [s]	

6.2.1.3 Diseño de uniones soldadas para el chasis: La soldadura es una de unión fija de elementos o piezas metalizas, generalmente de igual material, este proceso se realiza gracias al calor entregado a los elementos a soldar, y casi siempre a un material adicional de aporte, se funden y se combinan obteniéndose una unión por cohesión y por adhesión.

La mayoría de los electrodos para soldadura por arco se clasifican a partir de las propiedades del metal de aporte, que fueron clasificados por la American Welding Society (A.W.S) y la American Society Mechanical Engineers (ASME).

La designación AWS A5.18, que se refiere a la clasificación del material de aporte en procesos de soldadura con protección gaseosa (MIG/MAG, TIG y plasma). Para este caso los electrodos se denominan de la siguiente forma:

ERXX-SY

Donde los términos significan lo siguiente:

E: Indica electrodo para soldadura por arco.

R: Indica aporte que funde por un medio diferente que el que conduce la corriente del arco eléctrico (solo para TIG y plasma).

XX: Indica la resistencia a la tracción nominal del depósito de soldadura.

S: Indica que el electrodo es sólido.

Y: Indica la composición química del electrodo.

Para el proceso de soldadura se utiliza un alambre ER70S-3, es un alambre de MIG más utilizados y menos costoso, con más desoxidantes y un charco más fluido que forma un cordón más amplio. Tiene una resistencia de 72000 Psi, contiene silicio y manganeso como desoxidantes.

La operación de soldadura es vital para la construcción del chasis de la plataforma debido a que tiene unas 25 piezas unidas mediante esta técnica, por lo cual es totalmente necesario que estas uniones estén bien diseñadas y ejecutadas puesto que errores en la soldadura crearían grandes concentradores de esfuerzos lo que finalmente pondría en riesgo la seguridad de la operación y la integridad de la misma plataforma.

Según recomendaciones de normativa internacional para calibres mediamos a 6 [mm] se debe usar cordones de soldadura de 3 [mm] de diámetro, para una mayor facilidad en la manufactura se decide que todos los cordones rodearan en su totalidad las uniones de los perfiles, todo lo anterior se introdujo en una simulación computarizada en la etapa de diseño y se observó que las dichas soldaduras el factor de seguridad del chasis en su zonas más crítica era de 5,4 por lo que se aprueba usar cordones de 3 [mm] que rondan las completamente las uniones utilizando soldadura tipo Mic 7018 con una resistencia de 70 kpsi igual a la resistencia del ASTM A-36 con el que están construidos los perfiles.

6.2.2 Diseño de manufactura para el eje de la rueda motriz: Este componente transfiere la carga del chasis a la rueda trasera; además esta es la rueda motriz del sistema. El eje también está sometido a cargas de torsión provenientes del motor.

La construcción de este elemento se realiza en acero AISI 1045. A continuación, se presenta de manera detallada el proceso de manufactura de este elemento.

Tabla 32. Plano de eje.

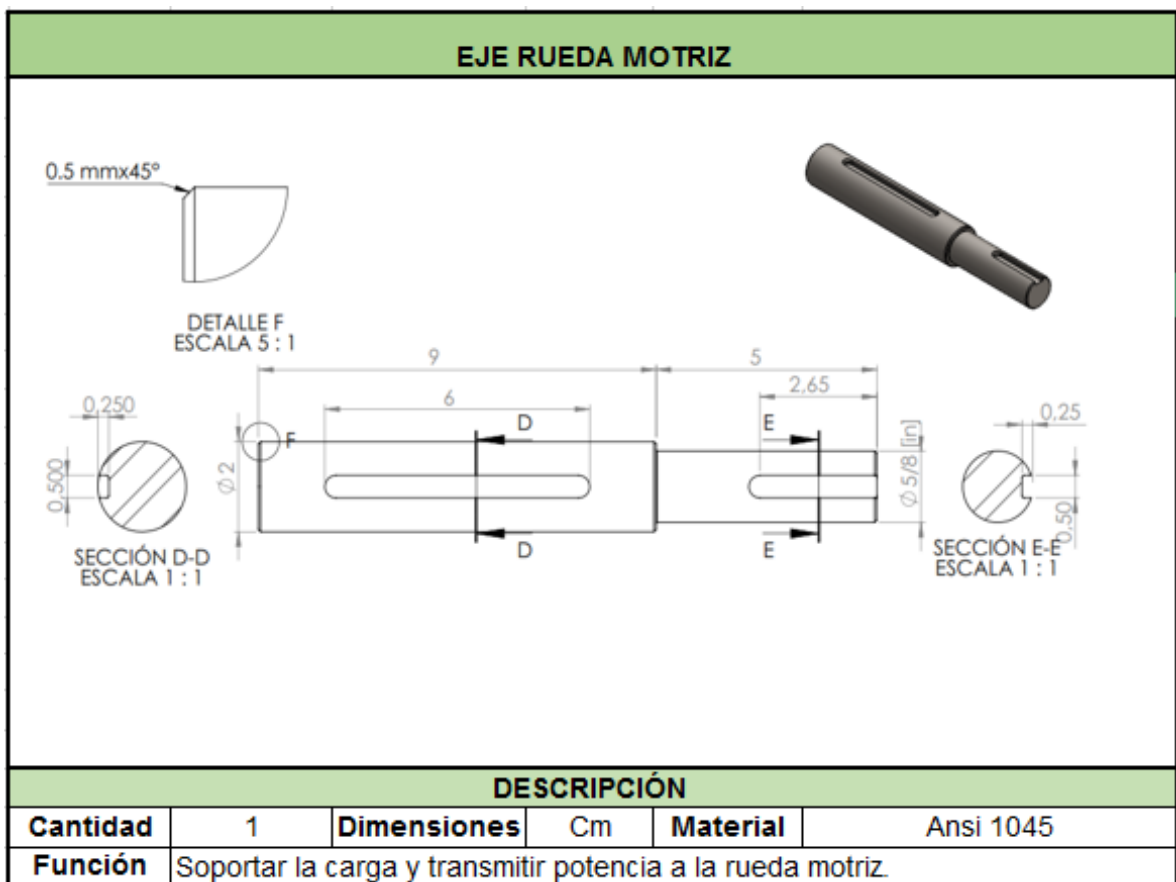


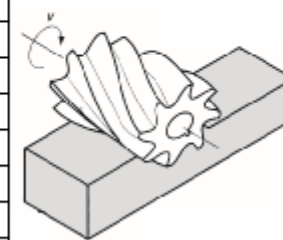
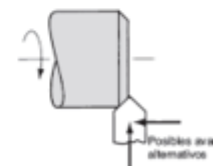
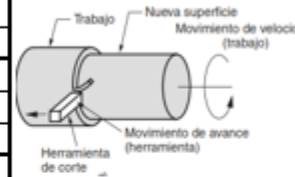
Tabla 33. Lista de operaciones de manufactura para el eje.

HOJA DE RUTA			
N.o Elemento	Nombre	Material	Características de la materia prima
1	Eje rueda motriz	ANSI 1045	Barra de perfil redondo de \varnothing 22,225 mm.
	Fecha	Planificador	
	02/06/2017	Jhonatan Cáceres	
N.o operación	Descripción	Maquina	
10	Tronzado de barra 14 cm de longitud.	Sierra circular para metal.	
20	Cilindrado de sección a \varnothing 20 mm.	Torno de ejes paralelos.	
30	Cilindrado de sección a \varnothing 5/8 In.	Torno de ejes paralelos.	
40	Achaflanado 0,5 mm x 45 °.	Torno de ejes paralelos.	
50	Dos ranurados de 5x 2,5 mm.	Fresadora.	

Tabla 34. Parámetros de las operaciones de manufactura del eje.

10	TRONZADO				
Descripción de la operación		Tronzado del eje a medida apartir de la materia prima.			
Condiciones de operación			Designación de parametros		Simbología
Desbaste	Vc	604	L	22,225	Vc: Velocidad de corte [m/min]
	Ap	-	N	3400	Ap: Profundidad de corte [mm]
	f	7E-06	t	0,25	f: Avance [mm/rev]
Acabado	Vc	-	L	-	t: Tiempo de mecanizado [min]
	Ap	-	N	-	N: RPM
	f	-	t	-	L: Longitud corte [mm]
tp		1,25			tp= tiempo preparación de htas.
tmec.		1,5		tmec.: Tiempo total de mec. [min]	
20	Cilindrado para sección de \varnothing 20 mm.				
Descripción de la operación		Realizar cilindrado de la barra de \varnothing 22,225 mm comercial a un diametro de 20 mm.			
Condiciones de operación			Designación de parametros		Simbología
Desbaste	Vc	34,9	L	140	Vc: Velocidad de corte [m/min]
	Ap	1	N	500	Ap: Profundidad de corte [mm]
	f	0,5	t	0,56	f: Avance [mm/rev]
Acabado	Vc	63,5	L	90	t: Tiempo de mecanizado [min]
	Ap	0,1125	N	1000	N: RPM
	f	0,15	t	0,6	L: Longitud corte [mm]
tp		3			tp= tiempo preparación de htas.
tmec.		4,16		tmec.: Tiempo total de mec. [min]	

30		Cilindrado para sección de Ø5/8 in (15,875 mm)				
Descripción de la operación		Llevar la sección del eje de Ø 20,225 mm a Ø 15,875 mm.				
Condiciones de operación		Designación de parámetros			Simbología	
Desbaste	Vc	22	L	50	Vc: Velocidad de corte [m/min]	
	Ap	4	N	300	Ap: Profundidad de corte [mm]	
	f	0,5	t	0,33	f: Avance [mm/rev]	
Acabado	Vc	31,8	L	50	t: Tiempo de mecanizado [min]	
	Ap	0,175	N	500	N: RPM	
	f	0,15	t	0,66	L: Longitud corte [mm]	
	tp	2			tp= tiempo preparación de htas.	
	tme.		2,99		tme.: Tiempo total de mec. [min]	
40		Achaflanado				
Descripción de la operación		Realizar chaflanes de 0,5 mm x 45° en extremos del eje.				
Condiciones de operación		Designación de parámetros			Simbología	
Acabado	Vc	22	L	0,35	Vc: Velocidad de corte [m/min]	
	Ap	0,35	N	300	Ap: Profundidad de corte [mm]	
	f	0,02	t	0,0233	f: Avance [mm/rev]	
Acabado	Vc	22	L	0,35	t: Tiempo de mecanizado [min]	
	Ap	0,35	N	300	N: RPM	
	f	0,02	t	0,0233	L: Longitud corte [mm]	
	tp	2			tp= tiempo preparación de htas.	
	tme.		2,0466		tme.: Tiempo total de mec. [min]	
50		Ranurado 5 mm				
Descripción de la operación		Realizar dos ranuras mediante fresado periférico de 5 mm x 2,5 mm y L1=6 mm, L2=2,65.				
Condiciones de operación		Designación de parámetros			Simbología	
Acabado	Vc	25,13	L	60	Vc: Velocidad de corte [m/min]	
	Ap	2,5	N	1600	Ap: Profundidad de corte [mm]	
	f	0,02	t	1,875	f: Avance [mm/rev]	
Acabado	Vc	25,13	L	2,65	t: Tiempo de mecanizado [min]	
	Ap	2,5	N	1600	N: RPM	
	f	0,02	t	0,83	L: Longitud corte [mm]	
	tp	2			tp= tiempo preparación de htas.	
	tme.		4,705		tme.: Tiempo total de mec. [min]	



6.3 ENSAMBLE GENERAL. A continuación un explosionado con algunos de los sistemas que componen el prototipo.

Figura 67. Ensamble general del prototipo.

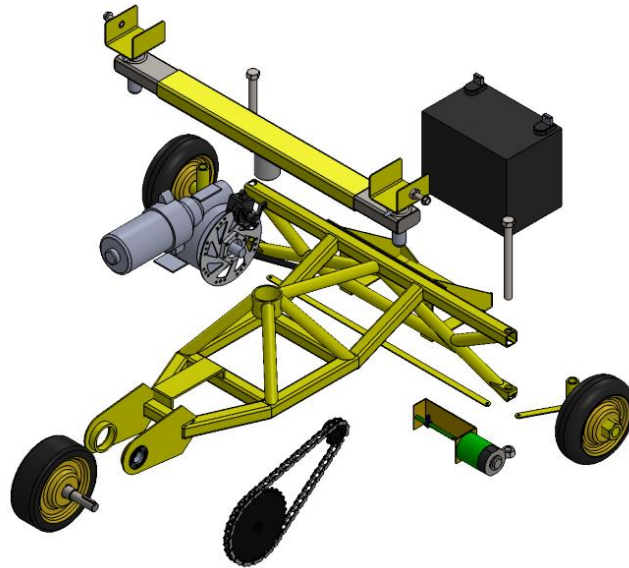


Figura 68. Diseño y construcción.



6.4 PRUEBAS DEL PROTOTIPO

Figura 69. Pruebas del prototipo en Campesa S.A.



6.4.1 Pruebas de funcionamiento: Las pruebas se realizaron en las instalaciones del taller de mantenimiento de CAMPESA S.A, en este proceso se evaluaron parámetros de operación como la potencia total consumida, la velocidad para las dos pendientes (0 y 15%) del suelo del taller, además se comprobó el radio de giro de la plataforma. Estos parámetros se pudieron evaluar midiendo variables como el voltaje, la corriente consumida y el desplazamiento de la plataforma.

Figura 70. Prueba de radio de giro.



Figura 71. Prueba de giro vista superior.



Tabla 35. Pruebas de funcionamiento.

PRUEBAS PROTOTIPO SISTEMA DE TRANSPORTE VEHICULAR											
N.O DE PRUEBA	PARAMETROS Y CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO										
	Pendiente 0%						pendiente 15%				
	CARGA (Kg)	VELOCIDAD (cm/s)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)	RADIO DE GIRO (m)	CARGA (Kg)	VELOCIDAD (cm/s)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)
1	0	20,3	11,7	7,8	91,26	1,96	0	19,6	11,5	9	103,5
2	40	20	11,6	9,5	110,2	1,95	40	18,5	11,2	11,3	126,56
3	60	19,8	11,4	9,7	110,58	1,95	80	18,3	11,1	11,8	130,98
4	80	18,2	11,3	10	113	1,92	80	17,8	10,9	12,1	131,89
5	100	18	11,1	11	122,1	1,9	100	17,2	10,7	13	139,1

Figura 72. Prueba de capacidad en pendiente de 15%.



Para poder realizar las mediciones de corriente se agregó una resistencia en serie en el circuito; por tal razón se observan variaciones en el voltaje de alimentación del motor y por tanto disminución considerable en la velocidad del dispositivo.

Antes de haber realizado las pruebas de carga se midió el voltaje y la corriente del dispositivo manteniéndolo suspendido, con el fin de calcular las pérdidas de potencia en el motorreductor, el sistema de transmisión y los demás componentes mecánicos. Esta medición arrojó que el sistema consume cerca de 61 W en pérdidas. De ahí la diferencia con la potencia obtenida por cálculos matemáticos.

6.4.2 Pruebas utilizando PWM: Ahora se puede observar las variaciones en el voltaje del motor y en la velocidad de la plataforma utilizando PWM.

Tabla 36. Prueba usando PWM.

PRUEBAS PROTOTIPO UTILIZANDO PWM					
N.O DE PRUEBA	PARÁMETROS Y CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO				
	PWM (%)	SIN CARGA		CON CARGA (100Kgf)	
		VOLTAJE	VELOCIDAD (cm/s)	VONTAJE	VELOCIDAD (cm/s)
1	16	10,57	18,7	10	17,3
2	17	12,21	21,9	11,9	20,6
3	18	13,71	24,3	13,24	22,6
4	19	15,43	27,8	15,14	26,2
5	20	17,23	31,0	16,7	28,9

De lo anterior se puede decir lo siguiente:

El voltaje es directamente proporcional al ancho del pulso producido por el micro-controlador ARDUINO UNO.

El aumento en la carga produce un aumento de corriente, dicho aumento produce una caída de voltaje mayor en la resistencia a la salida de la regulación del voltaje, y esto a su vez disminuye el voltaje en el motor y por ende un descenso en la velocidad de la plataforma.

Se puede comprobar que la carga produce una disminución de la velocidad de la plataforma, aunque dicha disminución no es tan significativa para afectar la operación.

Figura 73. Carga del prototipo desde vista superior.



6.4.3 Comprobación de cálculos teóricos: Con el fin de corroborar la veracidad de los cálculos se compararán los resultados teóricos con los datos obtenidos en las pruebas dentro de las instalaciones de CAMPESA.S.A.

Tabla 37. Comprobación de potencia teórica.

COMPARACIÓN DE LA POTENCIA TEÓRICA - REAL					
Pendiente 15%					
CARGA (Kg)	POTENCIA CON RUEDA AL VACÍO (W)	POTENCIA PARA MOVER LA CARGA (W)	POTENCIA TEÓRICA TOTAL (W)	POTENCIA REAL (W)	ERROR (%)
0	72,6	23,6	96,2	103,5	7,6
40	72,6	42,59	115,19	126,56	9,9
80	72,6	52,05	124,65	130,98	5,1
80	72,6	61,52	134,12	131,89	1,7
100	72,6	70,98	143,58	139,1	3,1

Antes de analizar la tabla se hace necesario aclarar que para calcular la potencia para mover la carga se tomó en cuenta el peso propio del sistema (aproximadamente unos 50 [kgf]). Es debido a esto que aun con una carga de 0 [kgf] se hace necesaria una potencia de 23,6 [W] destinada a mover únicamente el peso propio de la plataforma. Por otro lado, la potencia al vacío se calculó elevando la parte de atrás de la plataforma y midiendo la corriente y el voltaje en el motor mientras la llanta rodaba al vacío, dicha potencia es que se pierde entre el motor, la reducción y la cadena de transmisión.

Al analizar la tabla 37 el transcurso de las pruebas la potencia fue aumentando progresivamente esto se debe a que es función de la carga y a la velocidad a la que dicha carga se mueva. Para esta prueba, la velocidad permaneció casi constante, pero al aumentar la carga la potencia aumentó de la misma forma.

La potencia real se midió en base al voltaje y corriente en el motor, dichos datos fueron tomados de la tabla 35. Por último, se puede observar un margen de error menor al 10 % durante todas las tomas de datos de las pruebas por lo que se podrá decir que el método de cálculo de la potencia del sistema es verídico y el sistema a escala real no tendrá problemas de diseño.

7. CONCLUSIONES

- Por medio del diseño de un sistema de transporte para autos colisionados se contribuyó al compromiso misional de la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, puesto que, por medio de este dispositivo portable, compacto y adaptable a la geometría y carga de cualquier vehículo, se podrá tecnificar el proceso para mover automóviles colisionados dentro un taller de mantenimiento. Y por sobre todo, disminuir los riesgos de los operarios que ejecutan estas operaciones dentro del mismo.
- Se cumplió el objetivo de diseñar utilizando modelamiento computarizado por medio de software CAD y CAE (Solidworks) un dispositivo de transporte dotado con tecnologías en cuanto control y dispositivos eléctricos y electrónicos que transporta vehículos colisionados y tiene capacidad de maniobrar de forma segura autos de hasta 2.2 toneladas en pendientes de hasta el 15 %, para un taller de mantenimiento de CAMPESA S.A.
- Se diseñó y se construyó un prototipo con la capacidad de transportar 100 Kg, el cual cumplió con los requerimientos de maniobrabilidad y permitió corroborar los parámetros óptimos como velocidad de operación (18 cm/s) que se aplicarán en el diseño a escala real y radio de giro de la plataforma.
- Se encontró la velocidad optima de operación de dispositivo por medio un control electrónico PWM producido por un sistema embebido Arduino UNO, el hardware del dispositivo se complementa con tarjetas universales y una PCB diseñada de forma computarizada por medio de software tipo eCAD (Kicad). Todo esto permitió desarrollar un dispositivo tecnológico que cumple con todos los requerimientos de diseño.

- Se lograron comprobar tanto los cálculos analíticos como los análisis computarizados por medio de pruebas en el prototipo dentro del taller un CAMPESA S.A las cuales dejaron como resultado un margen máximo de error en los cálculos analíticos de potencia de transporte del 9,9 % y se comprobó que todos los elementos lograron soportar sin problemas la carga de prueba de 100 kgf lo que ratifica que las simulaciones se desarrollaron de forma adecuada.
- Con este proyecto se entrega a una empresa de mantenimiento automotriz de la región un diseño versátil, comprobado por medio de un prototipo que fue evaluado directamente en campo con resultados favorables. Este dispositivo optimizará los procesos cotidianos de transporte en el taller de mantenimiento y su inversión inicial se verá retribuida en beneficios de seguridad, ahorro de tiempo y de personal necesario para realizar estas operaciones.

BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN WELDING SOCIETY (AWS A5.18) Carbon Steel Electrodes & Rods for Gas Shielded Arc Welding.

BOTERO, Juan. Estas son las ventajas de un seguro todo riesgo, 2010. [Online]. Disponible en: <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/son-ventajas-seguro-riesgo-184638>.

GASCA, Andrés. Controles eléctricos, *Automatización y neumática*, 2013. Disponible en: <http://procesos2automatizacionyneumatica.blogspot.com.co/2012/09/controles-electricos.html>.

GROOVER, Mickell P. *Fundamentos de manufactura moderna*, 3rd ed. Mexico: McGraw-Hill, 2007. 964 p. ISBN 978-970-10-6240-1.

NORTON. Robert L. *Diseño de Máquinas*, 4th ed. Ciudad de Mexico: Pearson, 2011.

Merobel, Frenos y embragues de polvo magentico, 2014. Disponible en: <http://www.herrekor.es/MEROBEL-frenos-embragues-electromagneticos-de-polvo-sistemas-de-regulacion/>.

Movimiento de pasajeros por modos de transpore, *Minist. Colomb. Transp.*, vol. 1, p. 63, 2016.

RINGEGNI, Pablo. Cálculo de uniones soldadas, *Diseño de mecanismos y elementos de máquinas*, 2013. Disponible en: <https://www.coursehero.com/file/14586529/Diseño-Uniones-Soldadas-2013/%0A%0A>.

ZIENKIEWICZ, Olgierd. Características de los sistemas de dirección de vehículos, *Sistemas de dirección*, 2007. Disponible en: <https://sites.google.com/site/sistemadedireccion/home>.