



**ESPE**  
**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

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

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**AUTOR:**

**BARBA ALZAMORA, JUAN FRANCISCO**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA  
AUTOMÁTICO DE CONTROL DE TRACCIÓN POR  
PULSACIONES DE FRENO CON INTERFAZ HMI PARA UNA  
CAMIONETA TOYOTA CROWN MODIFICADA.**

**DIRECTOR: ING. DÍAZ, JUAN**

**SANGOLQUÍ, ENERO 2016**



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

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "*DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL DE TRACCIÓN POR PULSACIONES DE FRENO CON INTERFAZ HMI PARA UNA CAMIONETA TOYOTA CROWN MODIFICADA.*" realizado por el señor JUAN FRANCISCO BARBA ALZAMORA, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas - ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor JUAN FRANCISCO BARBA ALZAMORA para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 05 de febrero del 2016

  
ING. DIAZ, JUAN  
Director



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

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, JUAN FRANCISCO BARBA ALZAMORA, con cédula de identidad N° 1717528648, declaro que este trabajo de titulación "*DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL DE TRACCIÓN POR PULSACIONES DE FRENO CON INTERFAZ HMI PARA UNA CAMIONETA TOYOTA CROWN MODIFICADA.*" ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 05 de febrero del 2016

JUAN FRANCISCO BARBA ALZAMORA

CI. 171752864-8



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

AUTORIZACIÓN

Yo, JUAN FRANCISCO BARBA ALZAMORA, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación "*DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL DE TRACCIÓN POR PULSACIONES DE FRENO CON INTERFAZ HMI PARA UNA CAMIONETA TOYOTA CROWN MODIFICADA.*" cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 05 de febrero del 2016

Juan Francisco Barba Alzamora

CI: 171752864-8

Sangolquí, 07 de julio 2015

## **DEDICATORIA**

Para mi madre quien ha dedicado toda su vida y esfuerzos para sacar adelante a mi hermano y a mí, en las buenas y en las malas. Sé que tu mayor orgullo es ver que formaste a dos profesionales íntegros y trabajadores, que reconocen tu esfuerzo y te aman mucho.

Ñño te dedico esta tesis para que sea nuestra inspiración para un futuro próspero en los negocios, que nos inspire a continuar con más empeño nuestro sueño de tener muchas empresas innovadoras y creativas.

Para mis dos tíos Barba, gracias por inspirarme a no ser uno más del montón, ser alguien que lucha todos los días por sobre salir. También les agradezco su apoyo y consejos que me han guiado en mi vida. Sé que puedo contar con ustedes toda mi vida.

Mi amor te dedico este proyecto porque no solo me soportaste en las malas sino en las últimas, y no te podré agradecer lo suficiente por ese apoyo que has sido. Realmente no existen palabras en el diccionario que muestren el amor que te tengo y la inspiración que has sido en mi vida.

**Juan Francisco Barba Alzamora**

## **AGRADECIMIENTOS**

Te agradezco mamá por el apoyo económico que me aportaste para este proyecto.

Ñño te agradezco por ese apoyo incondicional que me brindaste y también por ese dinerito que aportaste.

A mis dos tíos Barba, quienes me ayudaron íntegramente desde el inicio del proyecto hasta el fin del mismo. Son los que me aconsejaron y guiaron durante este proyecto. Son los que trabajaron a mi lado en este duro y arduo proyecto.

Al ingeniero Lenin Abatta por su ayuda brindada durante los últimos semestres de mi carrera y por indicarme y guiarme durante la tesis.

A mi novia, te agradezco por todo lo que has hecho por mí. Realmente eres la mejor novia, te agradezco por tu ayuda en la redacción de la tesis. Sin tí no lo hubiera logrado y tampoco hubiera acabado en tan corto tiempo. Eres el amor de mi vida y gracias princesa por apoyarme en los momentos más duros.

A mi amigo Nicky Aguirre, por esos buenos momentos que pasamos estos años y por ser un gran apoyo económico durante este periodo de mi vida.

**Juan Francisco Barba Alzamora**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1.- GENERALIDADES .....	1
1.1    Antecedentes .....	1
1.2    Definición del problema.....	2
1.2.1    Formulación amplia del problema .....	2
1.2.2    Definición detallada .....	3
1.3    Objetivos .....	5
1.3.1    Objetivo general.....	5
1.3.2    Objetivos específicos .....	6
1.4    Alcance .....	6
1.4.1    El funcionamiento .....	7
1.4.2    Interfaz HMI.....	8
CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO.....	9
2.1.    Introducción de sistema de tracción de una rueda .....	9
2.1.1.    Definición de tracción y deslizamiento de una rueda.....	9
2.1.2.    Descripción de la función del grupo diferencial .....	10
2.2.    Introducción de un sistema de bloqueo diferencial .....	12
2.2.1.    Definición de bloqueo diferencial.....	12
2.2.2.    Características generales .....	12
2.2.3.    Clasificación del sistema .....	12
2.3.    Introducción al sistema hidráulico de frenado.....	14
2.3.1.    Definición de sistema hidráulico .....	14
2.3.2.    Características del sistema hidráulico de frenado .....	15
2.4.    Introducción al sistema ABS.....	16
2.4.1.    Definición de sistema ABS.....	16
2.4.2.    Clasificación de sistemas de ABS y sus componentes .....	16
2.4.3.    Funcionamiento del cuerpo de válvulas ABS.....	17
2.5.    Introducción a la lógica difusa .....	18
2.5.1.    Definición de lógica difusa.....	18
2.5.2.    Reglas difusas if-then .....	18

2.6.	Plataforma Arduino .....	19
2.6.1.	Definición de plataforma Arduino .....	19
2.7.	Pantalla táctil .....	19
2.7.1.	Definición y características de la pantalla táctil.....	19
<b>CAPÍTULO 3 DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL DE TRACCIÓN...</b>		<b>21</b>
3.1	Estado del arte del vehículo Toyota Crown, año 1970 .....	21
3.1.1	Chasis .....	21
3.1.1.1	Sistema de frenado .....	22
3.1.1.2	Sistema de dirección .....	22
3.1.1.3	Sistema de suspensión.....	22
3.1.1.4	Carrocería .....	22
3.1.1.5	Cabina .....	23
3.1.2	Unidad de potencia.....	24
3.1.3	Unidad de transmisión de potencia .....	24
3.1.3.1	Sistema de embrague.....	24
3.1.3.2	Caja de cambios y grupo diferencial .....	24
3.2	Parámetros de diseño del control de tracción.....	25
3.2.1	Necesidades del cliente .....	25
3.2.2	Criterios de diseño .....	25
3.2.3	Opciones de Solución:.....	26
3.2.4	Matrices de decisión.....	28
3.3	Diseño del sistema.....	31
3.3.1	Diseño del sistema de activación de la bomba de freno adicional .....	32
3.3.2	Diseño del sistema de hidráulico, eléctrico y electrónico.....	47
<b>CAPÍTULO 4 CONSTRUCCIÓN Y PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL DE TRACCIÓN.....</b>		<b>56</b>
4.1	Construcción, ensamble y pruebas preliminares del sistema de accionamiento de la bomba de frenado.....	56
4.1.1	Diagrama de operaciones .....	56
4.1.2	Compra y manufactura de los elementos.....	56
4.1.3	Ensamble del mecanismo .....	64
4.1.4	Protocolo de la primera prueba del sistema de activación de la bomba .....	65

4.2	Construcción, ensamble y pruebas preliminares del sistema de accionamiento de frenado conectado al cuerpo de válvulas del ABS.....	68
4.2.1	Diagrama de operaciones .....	68
4.2.2	Compra de materiales.....	69
4.2.3	Ensamble del mecanismo con el cuerpo de válvulas del ABS y del Circuito Electrónico.....	71
4.2.4	Protocolo de pruebas preliminares del sistema de accionamiento de frenado conectado al cuerpo de válvulas del ABS.....	73
4.3	Ensamble y prueba del desempeño del vehículo .....	76
4.3.1	Diagrama de operación.....	76
4.3.2	Ensamble de la pantalla táctil, el arduino de control manual, protector del sistema, disipador de calor y binchas de sujeción .....	77
4.3.3	Protocolo de prueba general del desempeño del vehículo.....	81
CAPÍTULO 5 ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO .....		86
5.1	FUENTES Y USOS.....	86
5.1.1	Fuentes de los fondos .....	86
5.1.2	Estructura del costo.....	87
5.2	Justificación de gastos .....	91
5.3	Análisis Financiero .....	91
5.3.1	T.M.A.R. del negocio.....	91
5.3.2	Teórico Punto de equilibrio .....	93
CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		94
6.1	Conclusiones .....	94
6.2	Recomendaciones .....	95
Bibliografía.....		96
ANEXOS.....		98
•	Programaciones: .....	98
•	Certificado de la empresa.....	102
•	Planos mecánicos .....	105

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Funcionamiento del auto LSD .....	7
Figura 2 Sistema de transferencia de potencia.....	8
Figura 3 Diferencial libre .....	11
Figura 4 Funcionamiento interno de la pantalla TFT.....	20
Figura 5 Esquema hidráulico del sistema de control de tracción.....	32
Figura 6 Bomba .....	33
Figura 7 Motor.....	33
Figura 8 Alargador.....	33
Figura 9 Barón de la bomba .....	33
Figura 10 Cremallera .....	33
Figura 11 Engrane.....	33
Figura 12 Brazo de palanca .....	34
Figura 13 Base de la palanca .....	34
Figura 14 Base de la bomba .....	34
Figura 15 Soporte del motor.....	34
Figura 16 Soporte del engrane.....	34
Figura 17 Pieza de apoyo para la base de la bomba.....	34
Figura 18 Ensamble de Solidworks .....	35
Figura 19 Diagrama de cuerpo libre (Quantum, 2007) .....	37
Figura 20 Tubería de freno.....	48
Figura 21 Cuerpo de válvulas del ABS.....	48
Figura 22 Mordazas de freno Fuente: (Fuxion, 2015).....	48
Figura 23 Pistón de freno .....	48
Figura 24 Diagrama hidráulico del cuerpo de válvulas del ABS.....	49
Figura 25 Diagrama eléctrico del cuerpo de válvulas del ABS .....	49
Figura 26 Diagrama de flujo del circuito electrónico .....	50
Figura 27 Diagrama en proteus del circuito electrónico del procesador central.....	51
Figura 28 Diagrama en proteus del circuito electrónico del ABS .....	51
Figura 29 Tipo de cables de acuerdo al diámetro .....	52
Figura 30 Diagrama de la trayectoria de curvatura de un vehículo .....	54
Figura 31 Diagrama de operaciones para el montaje del mecanismo de activación de la bomba de freno, en la camioneta Toyota Crown 1970. ....	57
Figura 32 Soporte de la bomba de freno .....	63
Figura 33 Alargadores.....	63
Figura 34 Brazo de palanca .....	63
Figura 35 Base de palanca.....	63
Figura 36 Cremallera sin frezar .....	63
Figura 37 Ensamble de las piezas sin frezar.....	64

Figura 38 Ensamble parcial en el vehiculo.....	65
Figura 39 Prueba número 9 .....	68
Figura 40 Final de las pruebas .....	68
Figura 41 Diagrama de operaciones del ensamble del cuerpo de válvulas del ABS y construcción del circuito electrónico.....	69
Figura 42 Circuito electrónico con todos los módulos pegados .....	72
Figura 43 Cuerpo de válvulas del ABS conectado.....	72
Figura 44 Diagrama de operación de la construcción y ensamble de las mordazas de freno y de los sistemas de detección de la velocidad de cada rueda.....	77
Figura 45 Cilindro del sistema de control de tracción.....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Formulación amplia del problema.....	2
Tabla 2 Definición de variables de entrada .....	3
Tabla 3 Definición de variables de solución y sus restricciones.....	4
Tabla 4 Definición de criterios de gestión.....	5
Tabla 5 Volumen de uso y horas de uso.....	5
Tabla 6 Criterios de diseño.....	26
Tabla 7 Facilidad de aprovisionamiento .....	28
Tabla 8 Confiabilidad.....	28
Tabla 9 Rendimiento.....	29
Tabla 10 Costo.....	29
Tabla 11 Viabilidad de fabricación .....	29
Tabla 12 Tamaño .....	30
Tabla 13 Facilidad de mantenimiento .....	30
Tabla 14 Facilidad de uso.....	30
Tabla 15 Requisición energética de electricidad.....	30
Tabla 16 Parámetros de decisión .....	31
Tabla 17 Engrane .....	45
Tabla 18 Lista de materiales para la compra .....	56
Tabla 19 Lista de materiales de bodega .....	56
Tabla 20 Elementos de manufactura .....	58
Tabla 21 Sujetador del engrane .....	58
Tabla 22 Brazo actuador.....	59
Tabla 23 Engrane .....	59
Tabla 24 Bocín.....	60
Tabla 25 Base de motor.....	60
Tabla 26 Alargador .....	60
Tabla 27 Palanca.....	61
Tabla 28 Base de palanca .....	61
Tabla 29 Barón de la bomba.....	61
Tabla 30 Base de la bomba de freno .....	62
Tabla 31 Chasis.....	62
Tabla 32 Ensamble.....	64
Tabla 33 Resultados de la pruebas n°1.....	67
Tabla 34 Lista de materiales para la compra .....	70
Tabla 35 Lista de materiales para bodega .....	70
Tabla 36 Elementos manufacturados .....	70
Tabla 37 Circuito electrónico .....	71
Tabla 38 Tubería de freno .....	71

Tabla 39	Ensamble de tubería y circuito electrónico .....	72
Tabla 40	Resultados pruebas n°2.....	76
Tabla 41	Lista de materiales para la compra .....	77
Tabla 42	Lista de materiales para la bodega.....	78
Tabla 43	Elementos manufacturados .....	78
Tabla 44	Rueda fónica.....	79
Tabla 45	Soporte de sensor.....	79
Tabla 46	Soporte de la mordaza.....	79
Tabla 47	Ensamble.....	80
Tabla 48	Cuantificación .....	83
Tabla 49	Resultados en la empresa .....	83
Tabla 50	Cuantificación de desempeño.....	84
Tabla 51	Resultados de desempeño en campo.....	84
Tabla 52	Cuantificación de la satisfacción en campo .....	85
Tabla 53	Resultados de campo .....	85
Tabla 54	Resultados totales .....	85
Tabla 55	Liquidación de gastos de la empresa .....	86
Tabla 56	Compras .....	87
Tabla 57	.....	89
Tabla 58	Costos indirectos de fabricación.....	90
Tabla 59	Costo total .....	91
Tabla 60	Cálculo del capital propio .....	92
Tabla 61	Tasas de interés del ecuador.....	92
Tabla 62	Tasa mínima aceptable de rentabilidad.....	92
Tabla 63	Cálculo del punto de equilibrio .....	93

## **Resumen**

El proyecto, diseño y construcción de un sistema automático de control de tracción por pulsaciones de freno con interfaz HMI para una camioneta Toyota Crown modificada, se desarrolló en las instalaciones de la empresa DBR. El proyecto se desarrolló completamente en un periodo de 5 meses, logrando obtener como producto terminado una camioneta 4x4 con un control de tracción para trayectorias todo terreno, este dispositivo se basa en un sistema paralelo e independiente de frenado el cual se activa únicamente cuando el vehículo se encuentra en el modo 4x4L y ayuda frenando las ruedas que derrapan para así lograr traspasar la potencia de esa rueda a la rueda que se encuentra firme en la calzada. Este sistema tiene un costo de aproximado de cinco mil quinientos dólares y de las pruebas de desempeño obtuvo un puntaje de setenta y seis por ciento de satisfacción en la prueba general.

Palabras clave:

- **CONTROL DE TRACCIÓN**
- **4X4**
- **TOYOTA CROWN MODIFICADA**
- **ASISTENCIA DE FRENADO**

## **ABSTRACT**

The project, design and construction of an automatic traction control with brake pulsation with HMI for a Toyota Crown modified, was developed on the premises of the company DBR. The project is fully developed over a period of five months, achieving the finished product as a 4x4 truck with traction control on off road, this device is based on a parallel and independent braking system which is activated only when the vehicle is in the way 4x4L and it helps braking the wheel slippage to achieve transfer the power to the wheel that is firmly on the floor. This system consists of a cost of approximately five thousand five hundred dollars and it obtain seventy six percentage in the performance.

Key words:

- **TRACTION CONTROL**
- **4X4**
- **MODIFIED TOYOTA CROWN**
- **BRAKE ASSIST**

## CAPÍTULO 1.- GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes

DBR es una empresa con una trayectoria por más de 20 años, dedicada al mantenimiento preventivo, correctivo y modificativo de vehículos automotrices.

El área de desarrollo tecnológico de la mecánica automotriz siempre busca la innovación en la tecnología automotriz con la finalidad de lograr nuevas soluciones para los clientes.

La propuesta de proyecto que se obtuvo después de la investigación, realizada por la empresa, es la implementación de un sistema de control de tracción económico y fácil de efectuar en cualquier vehículo 4x4.

El 4x4 en el Ecuador ha tomado gran auge los últimos años, por la belleza de la naturaleza ha llevado a los conductores apasionados a conocer los lugares más paradisíacos del país, lagunas, ríos, páramos, éstos han modificado sus autos para poder llegar a sus destinos que tienen una gran cantidad de obstáculos naturales. Por esto y otras razones, como son las competencias de 4x4 se motivó a la realización de un proyecto enfocado en este target principalmente, ya que éstos se encuentran en la constante búsqueda de nuevas herramientas que mejoren la condición del vehículo, sobretodo en terrenos cuya tracción dificulta el agarre del automóvil, como arena, nieve, lodo, entre otros.

Basándose en la gran demanda de estos equipos, se ha decidido implementar un sistema económico de bloqueo de diferencial, el cual al detectar una variación de velocidad desproporcionada entre las ruedas automáticamente compensará activándose las pulsaciones de freno, evitando así el deslizamiento de una de ellas, además permitirá que éste salga del terreno sin necesidad de requerir una grúa o ser remolcado.

Actualmente este sistema es muy costoso, aproximadamente 8 mil dólares, por lo tanto al plantear una solución eficiente a un costo moderado, representaría un gran beneficio comercial e innovador para el mercado automotriz del país.

## 1.2 Definición del problema

### 1.2.1 Formulación amplia del problema

La camioneta 4x4 Toyota Crown de 1970, símbolo de la mecánica automotriz DBR, no posee control de tracción por lo cual se le debe adaptar un sistema que permita controlar a cual rueda va dirigida la potencia. Para esto se le debe colocar sensores de velocidad en cada una de las ruedas, y un sistema que permita bloquear la rueda que patine.

El sistema debe contar con un interfaz humano máquina (HMI) que sea fácil de entender, usar y que permita al usuario tener un control automático y manual. Este sistema por seguridad sólo se activará cuando el vehículo se encuentre a una velocidad baja con el modo 4x4L activado.

El sistema no debe generar problemas con los demás sistemas integrados en el vehículo y tampoco debe generar modificaciones en la estética del vehículo. El mecanismo debe ocupar el menor espacio posible con un coste bajo.

Para disminuir el coste del sistema se utilizará los elementos que se encuentran almacenados en la bodega de la empresa.

En la tabla 1, se puede apreciar una configuración “Black Box” del problema, el cual implica el análisis de sus entradas versus sus salidas sin tomar en consideración el proceso.

*Tabla 1*  
*Formulación amplia del problema*

<b>Input</b>	<b>Output</b>	<b>Justificación</b>
<b>Vehículo 4x4 sin asistente de tracción o bloqueo diferencial</b>	Vehículo 4x4 con asistente de tracción o bloqueo diferencial	El mercado de los 4x4 está en auge en la actualidad y éste provee a las personas vehículos 4x4 sin control de tracción. En la actualidad los sistemas de control de tracción están sobre los 8 mil dólares junto con los bloqueos diferenciales, lo que resulta muy caro implementar en los vehículos, por este motivo hay un mercado potencial desatendido.

## 1.2.2 Definición detallada

Generar un control de tracción en el vehículo 4x4 Toyota Crown en terrenos difíciles que sea más económico que los existentes en el mercado y a su vez, posea un modo manual y otro automático de control.

### 1.2.2.1 Definición de variables de entrada

En la Tabla 2, se pueden apreciar todas las variables de entrada utilizadas con sus respectivas limitaciones y condiciones planteadas en el problema.

*Tabla 2*  
*Definición de variables de entrada*

<b>Número</b>	<b>Variables de entrada</b>	<b>Limitaciones de entrada</b>	<b>Condición</b>
<b>I1</b>	Velocidad del vehículo	No mayor que la permitida en 4x4 dual y segunda marcha	$I1 < 30 \text{ km/h}$
<b>I2</b>	Velocidad rueda delantera derecha	Velocidad del vehículo	$I2 < I1$
<b>I3</b>	Velocidad rueda delantera izquierda	Velocidad del vehículo	$I3 < I1$
<b>I4</b>	Velocidad rueda trasera izquierda	Velocidad del vehículo	$I4 < I1$
<b>I5</b>	Velocidad rueda trasera derecha	Velocidad del vehículo	$I5 < I1$
<b>I6</b>	Modo manual	Mientras no rebase de la velocidad de 30km/h	$I6 = \text{acción voluntaria}$
<b>I7</b>	Activación del 4x4 dual	El vehículo posea 4x4 dual	$I7 = \text{activo}$
<b>I8</b>	La capacidad del usuario para entender la pantalla	Nivel de estudio superior al de primaria.	$I8 = \text{que sepa leer}$
<b>I9</b>	Estado del vehículo	Un mal estado del vehículo, en su sistema eléctrico y de transmisión de potencia, podría hacer fallar el mecanismo	$I9 = \text{bueno estado}$

### 1.2.2.2 Definición de variables de solución y sus restricciones

En la Tabla 3, se pueden observar todas las variables de solución utilizadas con sus respectivas restricciones obtenidos en el problema.

*Tabla 3*  
*Definición de variables de solución y sus restricciones*

<b>Número</b>	<b>Variables de solución</b>	<b>Restricciones</b>
<b>S1</b>	Mecanismo de control de tracción o bloqueo de rueda	Que sea desmontable
<b>S2</b>	Método de control - controlador	No tiene restricción
<b>S3</b>	Interfaz HMI	Apariencia agradable
<b>S4</b>	Materiales	Resistente a la corrosión
<b>S5</b>	Fuente de energía	No tiene restricción
<b>S6</b>	Costo	No mayor a 8000 dólares
<b>S7</b>	Espacio que ocupa	Espacio del mecanismo no debe influir cambios drásticos en la apariencia del vehículo.
<b>S8</b>	Opciones en el modo manual	Debe poderse controlar automática o manualmente por el conductor

### 1.2.2.3 Definición de criterios del proyecto

En la Tabla 3, se pueden apreciar todos los criterios de gestión para el diseño del proyecto.

Los cuales permiten identificar los principales parámetros de diseño que se utilizó en el prototipo.

*Tabla 4*  
*Definición de criterios de gestión*

<b>Número</b>	<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
<b>C1</b>	Costo de fabricación	Mínimo
<b>C2</b>	Tiempo de implementación	Mínimo
<b>C3</b>	Facilidad de operación	Máximo
<b>C4</b>	Fiabilidad del sistema	Máximo
<b>C5</b>	Facilidad de mantenimiento	Máximo
<b>C6</b>	Espacio ocupado por el mecanismo	Mínimo
<b>C7</b>	Chatarrización de la mayor cantidad de elementos que se encuentran en bodega de la empresa	Máximo

#### *1.2.2.4 Volumen de producción y horas de uso del producto*

En la tabla 5, se puede contabilizar el tiempo estimado de uso y el volumen de producción.

*Tabla 5*  
*Volumen de uso y horas de uso*

<b>Promedio de tiempo de uso</b>	<b>Prototipo</b>
<b>En promedio 5 días al año durante 15 años una media de 4 horas los días de uso</b>	1 producto, el producto es personalizado dependiendo del tipo vehículo

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo general

Diseñar y construir un sistema de control de tracción económico, con una interfaz hombre-máquina en la camioneta Toyota Crown 1970 pick up utilizando la mayor cantidad de piezas obsoletas que posea la empresa en la bodega.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Diseñar los componentes involucrados en el nuevo sistema de control de tracción total del vehículo, de tal forma que ocupe la menor cantidad de espacio y se pueda adaptar al sistema existente en el vehículo utilizando el software Solidworks.
- Calcular las máximas variaciones de velocidad que existen entre las ruedas para así determinar las reglas de la programación Fuzzy la cual se implementará en los módulos arduino.
- Construir las piezas de acuerdo a los planos generados en Solidworks utilizando procesos de mecanizado para así obtener las tolerancias de acuerdo a los planos.
- Seleccionar los sensores inductivos que permitirán la adquisición de datos provenientes de las ruedas mediante la rueda fónica para la activación del sistema y observación del sistema.
- Implementar el sistema de control basado en lógica difusa que será montado en el controlador arduino y una interfaz HMI táctil que sea de fácil comprensión para el usuario.
- Evaluar la fiabilidad del sistema mediante el establecimiento de protocolos de prueba y mecanismos de emergencia en el comportamiento funcional sin fallas.
- Obtener los datos del comportamiento del sistema mediante la observación de los sensores (manómetros y sensores de velocidad) a fin de comparar los resultados teóricos con los resultados prácticos y validarlos.

### 1.4 Alcance

Con la elaboración de este proyecto se entregará a la empresa un mecanismo con sistema de control de tracción para la camioneta Toyota Crown 4x4 año 1970, compuesto por elementos mecánicos como el mecanismo de accionamiento, soportes y sistema de frenado. También contará con elementos electrónicos los cuales son la tarjeta arduino un módulo de comunicaciones y un módulo de relay. Estos elementos, conjunto al Módulo ABS, permitirán controlar el sistema. La lógica de control que se implementará es la lógica difusa (Fuzzy) con la cual se puede manipular correcta y velozmente el sistema.

### 1.4.1 El funcionamiento

El funcionamiento se efectuará como lo demuestra la figura 1, el sistema se activa cuando una rueda pierde tracción dando pulsaciones de freno transfiriendo a ésta, la potencia a la otra rueda.

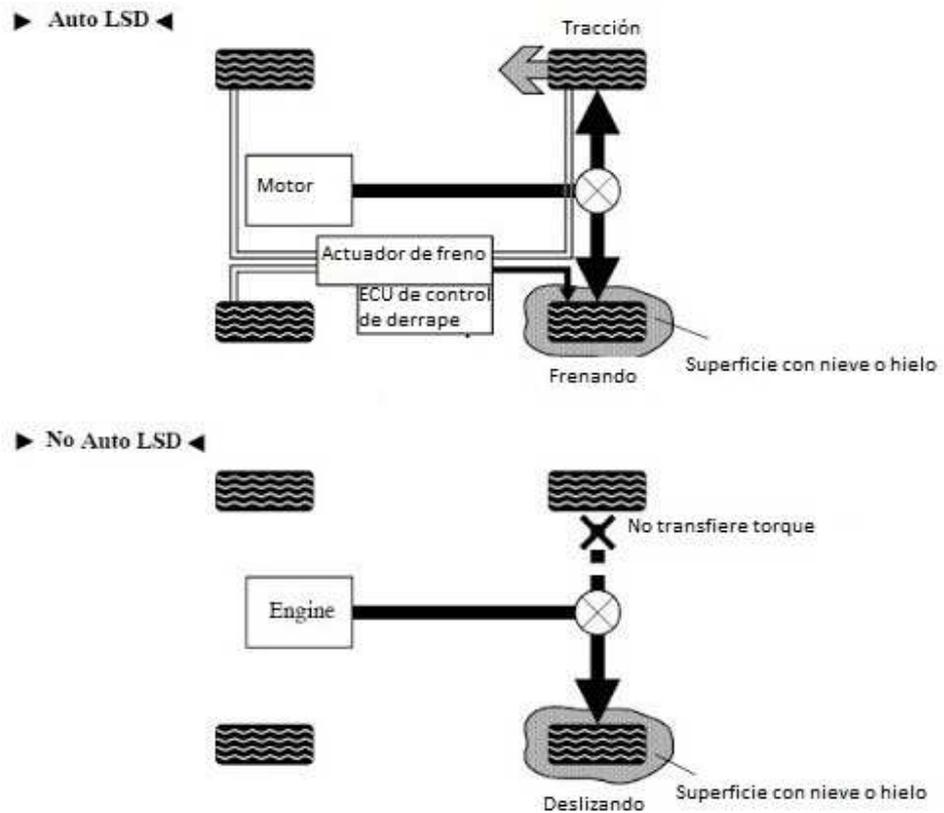
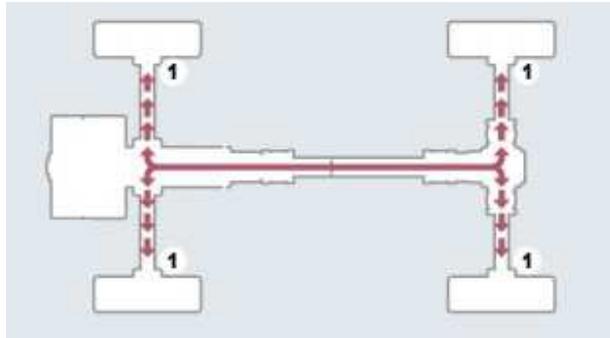


Figura 1 Funcionamiento del auto LSD

Este sistema se aplicará a las cuatro ruedas debido a que este vehículo cuenta con doble tracción.

### 1.4.2 Interfaz HMI

La interfaz en la pantalla táctil comprenderá cuatro neumáticos con el sistema de transmisión parecido a como se muestra en la figura 2, cuando se active manualmente se pintará en verde el neumático que se bloqueó.



*Figura 2 Sistema de transferencia de potencia*

Esto nos permite seleccionar si se desea tener una potencia distribuida hacia una sola llanta o se desea compartir la potencia entre las dos llantas del mismo diferencial.

También constará de un botón para desactivar el modo automático y pasar a modo manual.

## CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO

### 2.1. Introducción de sistema de tracción de una rueda

#### 2.1.1. Definición de tracción y deslizamiento de una rueda

Según el diccionario de la Real Academia Española la palabra tracción se denomina como: “Acción y efecto de tirar de algo para moverlo o arrastrarlo, y especialmente los carruajes sobre la vía.” (Real Academia Española, 2014). Cuando se habla del término tracción de una rueda nos referimos al movimiento de la rueda sobre el suelo sin que exista deslizamiento, esto quiere decir que el neumático posee una adherencia suficiente que no permite su patinaje cuando este gira.

Según el diccionario de la Real Academia Española la definición de patinar es: “Dicho de las ruedas de un carruaje: Dar vueltas sin avanzar, por falta de adherencia con el suelo o por defecto en su libre movimiento sobre los ejes” (Real Academia Española, 2014). Cuando nos referimos a patinaje o deslizamiento de la rueda hablamos que la rueda gira sobre el mismo punto en el suelo, esto suele suceder cuando la superficie tiene un coeficiente de rozamiento muy bajo o a su vez cuando el neumático está muy desgastado disminuyendo así su coeficiente de rozamiento.

La fórmula del coeficiente de rozamiento promedio en movimiento, entre la pastilla y el disco o tambor de freno, es

$$\mu = \frac{0.24}{1 + 0.01 * V} \quad (1)$$

Y la fórmula de la fuerza de rozamiento es

$$Fr = N * \mu \quad (2)$$

Donde:

$\mu$  es el coeficiente de rozamiento

$V$  es la velocidad de lineal de la rueda

Fr es la fuerza de rozamiento

N es la fuerza normal.

### 2.1.2. Descripción de la función del grupo diferencial

El grupo diferencial es un conjunto de elementos del sistema de transmisión de potencia de los vehículos, el cual sirve para reducir, transmitir la fuerza y movimiento giratorio obtenido de la caja de transmisión hacia los ejes de las ruedas. Sus partes principales se componen por:

- El piñón de ataque es el que está colocado al final del árbol de transmisión que viene desde la caja de transmisión.
- La corona, permite el cambio de sentido de movimiento del plano del piñón de ataque a un plano ortogonal al anterior ( $90^\circ$ ), además aumentar la fuerza y reducir la velocidad transmitida de la caja de transmisión en función de la relación de dientes piñón/corona.
- Los satélites son engranes sujetos a la corona pero no giran sobre su propio eje cuando ésta gira, estos engranes giran sobre el eje de la corona transmitiendo así la fuerza y movimiento de la corona a otro dos engranes llamados planetarios. Los engranes satélites se encuentran ubicados en un plano ortogonal al plano de la corona.
- Los planetarios son dos engranes ubicados sobre el mismo eje de la corona pero no se encuentran conectados entre sí, éstos reciben el movimiento y fuerza de la corona a través de la rotación de los satélites sobre el eje de ésta. Los planetarios están ubicados sobre los ejes de las ruedas o palieres, siendo que cuando los planetarios giran las ruedas también giran.

Esta configuración de engranes permite que la potencia se transmita a ambas ruedas por igual cuando el vehículo se encuentra en movimiento rectilíneo, igualmente accede a que la potencia se transmita a la rueda que tenga mayor radio de giro cuando el vehículo curva. Cuando este curva lo que sucede es que los dos planetarios giran a diferente velocidad debido a que la rotación de la corona es transmitida a través de los satélites al planetario que se encuentre conectado con la rueda que tenga mayor radio de giro. La diferencia de velocidad entre los engranes planetarios se ve compensada con la rotación de los satélites sobre su propio eje. Esto se puede apreciar de forma gráfica en la figura 3 donde la relación de velocidad viene dada por:

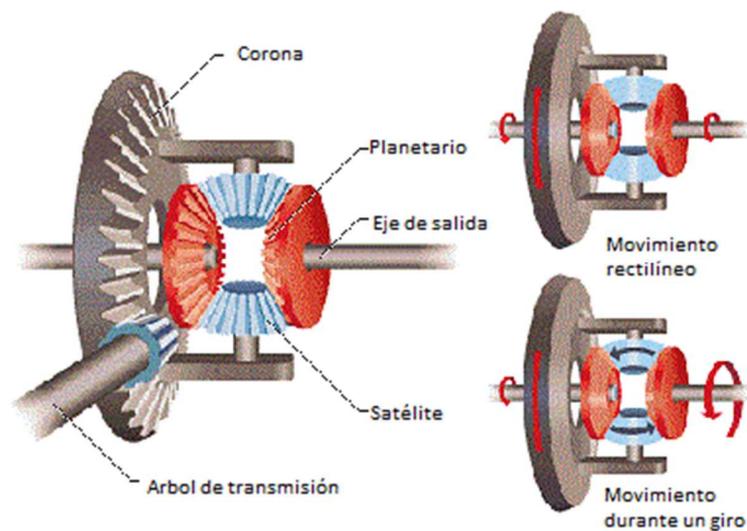
$$n_c = \frac{n_{r_{ext}} + n_{r_{int}}}{2} \quad (3)$$

Donde:

$n_c$  velocidad de la corona

$n_{r_{ext}}$  velocidad del planetario externo

$n_{r_{int}}$  velocidad del planetario interno



*Figura 3 Diferencial libre*

*Fuente: (OCIO, ULTIMATE MAGAZINE, 2007)*

La desventaja del diferencial, también conocido como diferencial libre, es la entrega de la potencia a la rueda que sufra deslizamiento o que se encuentre en el aire. Cuando ocurre esta clase de inconveniente el vehículo no posee tracción por lo que el movimiento del mismo se encuentra a merced de la inercia del mismo, esto quiere decir que si el vehículo se encuentra detenido, no podrá desplazarse por más fuerza y velocidad que el motor transmita.

## 2.2. Introducción de un sistema de bloqueo diferencial

### 2.2.1. Definición de bloqueo diferencial

Según el diccionario de “MOTORGIGA” la definición de bloqueo diferencial es: “Limitación de la función primaria del diferencial, con un mecanismo que evita que las dos ruedas motrices de un automóvil giren a velocidades muy diferentes” (MOTORGIGA, 2010). Cuando se habla del término de bloqueo, se refiere a que la potencia del motor es distribuida a ambas ruedas por igual o a su vez que la potencia es distribuida de forma que ninguna de las dos ruedas pueda obtener la totalidad de la potencia, esto quiere decir que el bloqueo diferencial sirve para pasar parte de la potencia a la rueda que en un diferencial libre no posee potencia.

La función principal del bloqueo diferencial es transferir parte de la potencia de la rueda que sufre deslizamiento a la otra rueda, permitiendo que el vehículo obtenga tracción.

### 2.2.2. Características generales

La característica principal de un bloqueo diferencial es el resolver el problema de pérdida de tracción de una rueda. Sea transmitiendo parte o su totalidad de la potencia a la rueda que posee tracción.

Sus demás características varían de acuerdo al modelo del bloqueo diferencial.

### 2.2.3. Clasificación del sistema

Existen tres categorías de bloqueos diferenciales mecánicos y una cuarta categoría que son los sistemas de tracción controlada por electrónica, la cual abarca más temas que las otras categorías.

Las categorías de bloqueo diferenciales mecánicos son:

- Diferencial de deslizamiento limitado (LSD- limited Split diferencial) (Meganeboy, Diferenciales autoblocantes: Aficionados a la mecánica, 2014)

Este tipo de diferencial limita la cantidad de potencia que puede ser transmitida a una rueda, esto significa que no permite que aquella, con menos tracción, tenga toda la potencia. La desventaja de este tipo de bloqueo es que impide que la rueda con la tracción obtenga toda la potencia.

Y se sub-dividen en:

- Autoblocantes mecánicos (Meganeboy, Diferenciales autoblocantes: Aficionados a la mecánica, 2014)
- Viscoso o Ferguson (Meganeboy, Diferenciales autoblocantes: Aficionados a la mecánica, 2014)
- Diferenciales Torsen (Meganeboy, Diferenciales autoblocantes: Aficionados a la mecánica, 2014)

Su nombre proviene de las palabras inglesas “Torque Sensitive”. Éste es un diferencial cuya peculiaridad radica en que reparte la fuerza que procede del motor a las ruedas de forma independiente a la velocidad rotatoria de cada uno de los dos árboles o semiejes de transmisión.

- Diferenciales de deslizamiento controlado de embrague multidisco (Meganeboy, Diferenciales autoblocantes: Aficionados a la mecánica, 2014)

Este tipo de bloqueo de diferencial es un sistema que entra dentro de la categoría denominada “embragues o acopladores multidisco”, se diferencia del visco acoplador en los materiales de los elementos rozantes, el líquido usado, y el mecanismo de control presentando, por lo demás la constitución es parecida.

La categoría en la cual se encuentra el proyecto es en la de sistemas de tracción controlada por electrónica, la cual se descompone en las siguientes subcategorías:

- EDS (Electronic Diferencial Slippery): son los sistemas de control de tracción que utiliza los sistemas de frenos aprovechando el sistema ABS, este comportamiento es muy semejante a los bloqueos diferenciales. (Meganeboy, Sistema de control de tracción EDS: Aficionados a la mecánica, 2014)
- ASR (Anti-Slip Regulation): son los sistemas de control de tracción que limitan la potencia producida por el motor (Meganeboy, Sistema de control de tracción EDS: Aficionados a la mecánica, 2014)

- Mixtos: estos sistemas son también conocidos como ASR o EDS. pero es la unión de ambos sistemas.

Mediante un análisis de costos realizado por la empresa, la mecánica decidió proponer el tema de un sistema automático de control de tracción por pulsaciones de freno (EDS.), con la diferencia que este sistema no utilizará la bomba de freno existente en el vehículo sino una bomba adicional, la cual será activada y desactivada a través del controlador, el cual se realizará en la camioneta modelo de la institución, para así promocionar a los clientes un nuevo producto que sea fácil y económico de instalar, el cual no genere ningún peligro al manejar el vehículo.

## 2.3. Introducción al sistema hidráulico de frenado

### 2.3.1. Definición de sistema hidráulico

Según la definición de “CONSTRUMATICA” la definición de sistema hidráulico es: “Es un método de aplicación de fuerzas a través de la presión que ejercen los fluidos” (CONSTRUMATICA, 2014). Esto significa que sirve para transmitir movimiento y fuerza, los componentes básicos de un sistema hidráulico es:

- La bomba
- La tubería
- Aceite hidráulico
- Los actuadores que pueden ser pistones o motores.

Una de las características principales de los sistemas hidráulicos es el factor multiplicador de fuerza, esto quiere decir que al momento de entregar la fuerza mediante variaciones de diámetros, se puede aumentarla considerablemente. Este sistema también es el sistema más común usado para realizar movimientos de alta potencia.

En el proyecto, el sistema hidráulico que nos interesa, es el sistema de frenos, cuya función principal es de detener el vehículo. Otras de las funciones que el sistema de freno debe cumplir es disminuir la velocidad y una vez detenido mantenerlo en su posición. (Paredes Guevara, 2010)

### 2.3.2. Características del sistema hidráulico de frenado

El sistema de frenado se basa en la fricción de un material revestido contra el elemento rotativo, sea tambor o disco. Esta fricción entre los elementos transforma la energía cinética del vehículo en energía calórica deteniendo así el movimiento del vehículo y evitando su posterior movimiento hasta liberar la presión entre estos dos elementos. El principio de los frenos en los vehículos, hoy en día, es un sistema hidráulico el cual se basa en las leyes de Pascal.

El sistema completo de frenado se compone de:

- Pedal del freno; este elemento es el responsable de activar el sistema de freno una vez que es presionado. El pedal de freno incluye un mecanismo de palanca el cual minimiza la fuerza que necesita el usuario para activar el sistema de freno.
- Cilindro maestro; este elemento es más conocido como bomba de frenos. El accionamiento del pedal produce un movimiento del pistón hacia el interior de la bomba el cual genera una presión que se transfiere por las tuberías hasta los frenos del vehículo.
- Sobre elevador de potencia de freno (Booster o servofreno); este elemento se encarga de brindar ayuda a la aplicación de los frenos, esto quiere decir que se requiere menos esfuerzo al pisar el pedal de freno.
- Tuberías de freno; estos elementos son tuberías de acero utilizados para transmitir la presión hidráulica de la bomba a los frenos.
- Líquido de freno o líquido hidráulico; este líquido es especial debido a sus propiedades de absorción de humedad, punto de ebullición (288°C), lubricante, no corrosivo y mantiene su viscosidad (bajo 0°C).
- Los elementos de la unidad de frenado de disco:
  - Disco o rotor de freno
  - Pinza o mordaza
  - Pistón
  - Válvula de purga
  - Pastillas de fricción
  - Sensor de desgaste
  - Acople para tubería de freno

- Los elementos de la unidad de frenado de tambor:
  - Tambor de freno
  - Plato de anclaje
  - Válvula de purga
  - Acople para tubería de freno
  - Zapata
  - Resorte de sujeción
  - Resortes de retorno
  - Ancla o ajustador
  - Pasador de retención
  - Cilindro de rueda

## 2.4. Introducción al sistema ABS

### 2.4.1. Definición de sistema ABS

El sistema ABS, Antilock Braking System, como su nombre lo indica se basa en evitar el bloqueo de las ruedas y permitir una desaceleración uniforme de todas las ruedas. En cada sistema de ABS existe una computadora central que controla este sistema, la cual recibe la velocidad de cada rueda a través de sensores y analiza las velocidades de cada rueda, si alguna rueda disminuye demasiado la velocidad es porque esta patinando, entonces la computadora disminuye la cantidad de frenado en esa rueda hasta que las velocidades de giro de cada una se igualen logrando un frenado en el menor tiempo posible sin perder la dirección del vehículo. (Paredes Guevara, 2010)

### 2.4.2. Clasificación de sistemas de ABS y sus componentes

Existen tres tipos de sistemas de ABS los cuales son:

- Sistema de ABS de una rueda trasera de un solo canal
- Sistema de ABS de tres canales.

- Sistema de ABS de cuatro canales.

Sin importar cual sistema de ABS este incorporado los componentes de sistema no varían, estos componentes son:

- Ensamble de bomba y motor (opcional)
- Acumulador hidráulico (opcional)
- Unidad de control hidráulica o cuerpo de válvulas del ABS
- Computadora ABS
- Sensores de velocidad en cada rueda
- Anillos de los sensores de velocidad en cada rueda
- Luz de advertencia ABS
- Arnés de alambrado
- Sistema de control de tracción. (opcional)

#### 2.4.3. Funcionamiento del cuerpo de válvulas ABS

El cuerpo de válvulas del sistema ABS está compuesto por solenoides conmutadores controlados por la computadora del ABS, cada válvula controla la presión hidráulica de freno hacia la rueda. La presión hidráulica es controlada individualmente para cada rueda por la computadora. (Paredes Guevara, 2010)

La unidad de control hidráulico de cuatro canales consta de diez válvulas reguladoras de presión que constituyen en cuatro válvulas de aislamiento, tres de abatimiento y tres de elevación. (Paredes Guevara, 2010)

## 2.5. Introducción a la lógica difusa

### 2.5.1. Definición de lógica difusa

La lógica difusa es un método de control moderno, el cual deriva de la lógica tradicional booleana pero utiliza conceptos de pertenencia a conjuntos obteniendo una lógica más parecida a la forma de pensar humana. (Vidal, 2014).

En el método tradicional booleano solo existen dos estados 1 y 0 mientras que en la lógica difusa se toma los criterios de 1 y 0 (inclusivos) es decir todos los números que se encuentran en el intervalo entre  $[0; 1]$ , incluyendo al 1 y al 0. (Vidal, 2014).

### 2.5.2. Reglas difusas if-then

En la lógica difusa existen un conjunto de reglas lógicas que permiten la acción de control. Estas reglas están escritas por expertos en el área que se aplica el control difuso, estas reglas se escriben de manera lógica secuencial y su forma de escritura es utilizando el sí lógico. Por ejemplo una regla puede escribirse así: si una persona es gorda y come mal entonces sufrirá problemas del corazón.

Como se puede apreciar las reglas en lógica difusa son escritas en un lenguaje normal y el conjunto de reglas puede interpretarse en un cuadro, esto permite su fácil implementación sin necesidad de entender los conceptos sobre la lógica difusa permitiendo a los expertos expresarse en un lenguaje común sin mucha matemática. También la interpretación de este conjunto de reglas genera salidas más precisas y más rápidas. Existen varios métodos para obtener las salidas del conjunto de reglas:

- Método del centroide
- Método del bisector
- Método de menor de los máximos
- Método de mayor de los máximos
- Método de promedio de los máximos

De los cuales se usara el método del centroide debido a su facilidad de implementación en el controlador. (Pastelleto, 2012).

## 2.6. Plataforma Arduino

### 2.6.1. Definición de plataforma Arduino

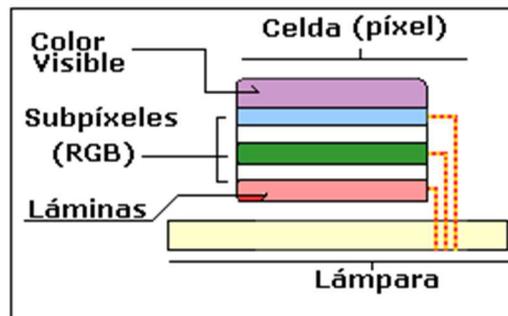
“Arduino es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basada en software y hardware flexibles y fáciles de usar.” (Arduino, 2010) Esta plataforma permite diseñar y crear software y hardware para cualquier necesidad que se requiera. El lenguaje de programación es “Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing)” (Arduino, 2010).

Debido a estas características es ideal para implementación en chatarrización de elementos. Además de que cuenta con muchos tutoriales que dan la base para generar mejores proyectos.

## 2.7. Pantalla táctil

### 2.7.1. Definición y características de la pantalla táctil

“Las pantallas TFT (Thin Film Transistor) son tecnología basada en transistores de efecto de campo” (InformaticaModerna.com, 2015). Estos funcionan como muestra la siguiente figura:



*Figura 4 Funcionamiento interno de la pantalla TFT*

*Fuente: (InformaticaModerna.com, 2015)*

Pantalla TFT LCD 4.3 pantalla táctil resistente, controlador de gráficos SSD1289, 262.000 colores, retroiluminación de LED blanco, conector "2x20 pines y ranura para tarjetas SD. 2x20. Con el módulo de extensión de la TFT LCD puedes conectar sin cables al controlador arduino. Solo necesitas un arduino mega2560/Mega2560 R3/DUE. (SainSmart, 2015)

## CAPÍTULO 3 DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL DE TRACCIÓN

### 3.1 Estado del arte del vehículo Toyota Crown, año 1970

El vehículo, el cual es la base fundamental de la presente tesis, sufrió una serie de modificaciones de su versión original, las cuales fueron realizadas por la empresa DBR, cuyo objetivo principal era demostrar a su gama de clientes actuales y potenciales, que se puede realizar modificaciones a todo nivel.

A continuación se describirá detalladamente los cambios realizados, aproximadamente a partir del año 1990, donde la mayoría de estos cambios fueron ejecutados con base en un diseño conceptual, por lo que no se cuenta con planos ni un análisis matemático. Las modificaciones trascendentales, como remotorización, cambio de caja de velocidades, sobre los cuales se realizó un análisis ingenieril, se encuentran guardados en la base de datos de la empresa y consta como un secreto industrial por lo que no se podrá agregar una copia de esos planos ni de esos cálculos

#### 3.1.1 Chasis

Al chasis del vehículo se le agregó un refuerzo en el tramo central, el cual se compone de un fragmento de chasis de un Toyota Land Cruiser Prado, el cual está soldado desde la curvatura del chasis hasta la siguiente curvatura, dejando la forma de un chasis recto pero con dos alas a sus costados

El refuerzo posee bisel en ciertas zonas mientras, en otras se encuentra montado sobre el chasis anterior. Ésta modificación se realizó con los siguientes objetivos:

- Brindar una mayor seguridad ante cualquier acontecimiento que pueda generarse durante un trayecto de todo terreno debido al incremento de peso del vehículo.
- Sujetar la barra de torsión que posee la nueva suspensión que se implementó en el vehículo, por lo que se necesitó el refuerzo de chasis.

#### 3.1.1.1 Sistema de frenado

Se implementó un sistema de freno más efectivo, debido al aumento de peso, el sistema de freno que se utilizó es de un Rodeo V6, el cual posee una bomba de mayor diámetro proporcionando así mayor presión al sistema. El freno de mano que se implantó es el de una D-MAX motivado a la comodidad que representa tener un freno de mano entre los asientos versus el original el cual se encuentra al volante.

#### 3.1.1.2 Sistema de dirección

El sistema de dirección mecánica original se sustituyó por un sistema hidráulico de un Toyota modelo Land Cruiser Prado, el cual se adaptó la bomba hidráulica al motor Chevrolet. Generando así un sistema suave y potente el cual permite girar la dirección sin tener un sobre esfuerzo por el peso del vehículo.

#### 3.1.1.3 Sistema de suspensión

El sistema de suspensión original delantero se reemplazó por el sistema de suspensión de la Chevrolet Luv. Esta modificación se debe principalmente a la doble transmisión. En cuanto a la suspensión trasera, se mandó a manufacturar los paquetes de ballestas para soportar el peso del vehículo, el lastre que se implementó, el doble tanque de Diésel y el peso de la carga que es  $\frac{3}{4}$  de tonelada.

#### 3.1.1.4 Carrocería

Se le modificó la parte frontal del vehículo: reemplazo de la mascarilla original por una mascarilla en acero manufacturada, esto se creó para poder proteger a las luces del vehículo debido que durante una excursión suelen saltar piedras o golpearse con ramas el vehículo lo que

suele causar la ruptura de los faros. Dentro de la mascarilla se encuentran los faros, alógenos y neblineros que se integraron al vehículo. Se le colocó un bull-bar (parachoques metálico reforzado) de Vitara simple para darle una apariencia más agresiva de off-road (carro 4x4 modificado para aumentar su desempeño) dentro de este se le colocó un winche interno, esto reemplazó al parachoques delantero, también se colocó un zumba burros en vez del parachoques trasero. Se manufacturó un roll-bar (tubo reforzado en forma de u para evitar la deformación de la cabina en caso de vuelco) en el cajón de la camioneta con doble llanta de emergencia. Se le reemplazó todas las chapas metálicas oxidadas y se le dio pintura total (interior y exterior del vehículo).

Se le implementó un tanque adicional de combustible para tener mayor autonomía y además para ayudar a compensar el peso del nuevo motor. El tanque que se utilizó fue de Vitara tres puertas, el cual se comunica con el otro a través de una bomba de baja presión. El tanque adicional se encuentra en una posición más elevada comparando con el original, evitando así cualquier posibilidad de golpes.

El cableado eléctrico es una fusión del cableado de LUV y un cableado nuevo.

#### 3.1.1.5 Cabina

Se reemplazó el tablero quemado por el del LUV, para darle el look de un carro moderno en un vehículo antiguo, y se realizó las modificaciones necesarias para la implementación del aire acondicionado. Las puertas se modificaron internamente para poder colocar vidrios eléctricos. Se tapizó el piso con una tela resistente y antiadherente, el techo se le tapizó con una nueva tela, debido que la anterior se encontraba destruida y además de ello se colocó una luz de techo con porta gafas.

El asiento original se reemplazó con dos asientos de automóvil Honda Civic, ya que cuentan con el tamaño perfecto y brinda mayor comodidad que el asiento estilo banca.

Se colocó unos aros de un Chevrolet Trooper para mejorar la apariencia del off-road.

### 3.1.2 Unidad de potencia

El motor original se encontraba degradado por el desgaste normal (450 000km), por lo que fue reemplazado por uno de turbo diésel con intercooler de 2800 cc marca Chevrolet que venía incluido en el modelo Luv 2006. El motivo por el cual se escogió este motor es debido al tipo de combustible, ya que el diésel es más económico que la gasolina, además que contamina menos el ambiente.

### 3.1.3 Unidad de transmisión de potencia

#### 3.1.3.1 Sistema de embrague

Se cambió el sistema existente por el que viene en la Luv, a fin de eliminar todas las adaptaciones que existían anteriormente.

Nota: Se conservó la pedalera debido a su longitud, ya que las pedaleras de la LUV son más corta dejando un espacio incómodo para la conducción ergonómica.

#### 3.1.3.2 Caja de cambios y grupo diferencial

Se cambió la caja de velocidad, transfer y coronas marca Chevrolet modelo LUV 2006, esto ha motivado a que así eliminaban las adaptaciones que poseía el vehículo anteriormente y se implemente la doble tracción al vehículo.

La caja de cambios anterior era de un Toyota Hilux 1980, la cual fue adaptada al motor anterior y no tenía transfer, por tanto el sistema anterior tampoco poseía corona delantera ni doble transmisión. La corona anterior trasera era la corona original la cual se encontraba desgastada los piñones y tenía un ruido bastante fuerte. Debido a estos problemas se implementó el sistema de transmisión LUV el cual posee una corona delantera y un transfer brindando así la doble tracción que se deseaba.

## 3.2 Parámetros de diseño del control de tracción

### 3.2.1 Necesidades del cliente

- El vehículo deberá cruzar cualquier tipo de superficie sin quedarse atascado o patinando.
- Debe tener un control manual y otro automático.
- Se puede reproducir con pocas modificaciones en otros vehículos.
- Su costo debe ser inferior a 8000 dólares.
- No debe dañarse el mecanismo si recibe un golpe fuerte de cualquier naturaleza.
- No debe quedarse activado mientras el vehículo se encuentra parado o sin que esté activado el 4x4L.

### 3.2.2 Criterios de diseño

En la tabla 6 se pueden observar la matriz de valor que comprende los parámetros más relevantes de diseño para el producto que va a desarrollarse en la presente tesis y sus pesos ponderados, que servirán para la matriz de decisión.

Tabla 6  
Criterios de diseño

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	N+1	S	Pondera.
1	FACILIDAD DE APROVISIONAMIENTO		1	1	1	1	1	1	1	1	3	11	0.17
2	CONFIABILIDAD	0		0.5	1	1	1	1	1	1	3	9.5	0.15
3	RENDIMIENTO	0	0.5		1	1	1	1	1	1	3	9.5	0.15
4	COSTO	0	0	0		0.5	1	1	1	1	3	7.5	0.12
5	VIABILIDAD DE FABRICAC. (C)	0	0	0	0.5		1	1	1	1	3	7.5	0.12
6	TAMAÑO	0	0	0	0	0		1	1	1	3	6	0.10
7	FACILIDAD DE MANTENIMIENTO	0	0	0	0	0	0		0.5	1	3	4.5	0.07
8	FACILIDAD DE USO	0	0	0	0	0	0	0.5		1	3	4.5	0.07
9	REQU. ENERGÉTICO DE ELECT.	0	0	0	0	0	0	0	0		3	3	0.05
											Suma	63	1.00

Se tomó como parámetro principal la disponibilidad de materiales debido a una política empresarial, de que se debe usar la mayor cantidad de elementos almacenados en la empresa lo cual limita las opciones de materiales, elementos y subconjuntos.

### 3.2.3 Opciones de Solución:

El sistema de control de tracción por pulsaciones de freno constara:

#### Primera opción:

Un sistema de frenado paralelo e independiente para cada par de ruedas (los pares son dos izquierdas y dos derechas) activados cada par por un motor DC con su respectivo mecanismo de activación de la bomba de freno. El control de los motores se realizara a través de una tarjeta controladora Arduino que monitoreara la velocidad de cada rueda por medio de los sensores generadores colocados sobre las ruedas fónicas. El sistema se activara únicamente

cuando el vehículo se encuentre encendido y en 4x4L constara de una pantalla táctil para el control manual del equipo.

**Segunda opción:**

Un sistema de frenado de activación independiente para cada par de ruedas (los pares son dos izquierdas y dos derechas) activados cada par por un motor DC con su respectivo mecanismo de activación de la bomba de freno. Este sistema se integra con el sistema existente de frenos a través de 4 válvulas 3/2 previa a la conexión de la tubería de freno con la mordaza o tambor de freno. El control de los motores se realizara a través de una tarjeta controladora Arduino que monitoreara la velocidad de cada rueda por medio de los sensores generadores colocados sobre las ruedas fónicas. El sistema se activara únicamente cuando el vehículo se encuentre encendido y en 4x4L constara de una pantalla táctil para el control manual del equipo.

**Tercera opción:**

Un sistema de frenado paralelo e independiente para las 4 ruedas, este sistema constara de un cuerpo de válvulas de ABS que dirigirá el flujo del líquido a la rueda que se necesite frenar, para su activación dispondrá de un motor DC con su respectivo mecanismo de activación de la bomba de freno. El control del motor y del cuerpo de ABS se realizara a través de una tarjeta controladora Arduino que monitoreara la velocidad de cada rueda por medio de los sensores generadores colocados sobre las ruedas fónicas. El sistema se activara únicamente cuando el vehículo se encuentre encendido y en 4x4L constara de una pantalla táctil para el control manual del equipo.

**Cuarta opción:**

Un sistema de frenado de activación independiente para las 4 ruedas, este sistema constara de un cuerpo de válvulas de ABS que dirigirá el flujo del líquido a la rueda que se necesite frenar, para su activación dispondrá de un motor DC con su respectivo mecanismo de activación de la bomba de freno. Este sistema se integra con el sistema existente de frenos a través de 4 válvulas 3/2 previa a la conexión de la tubería de freno con la mordaza o tambor de freno. El control del motor y del cuerpo de ABS se realizara a través de una tarjeta controladora Arduino que monitoreara la velocidad de cada rueda por medio de los sensores generadores

colocados sobre las ruedas fónicas. El sistema se activará únicamente cuando el vehículo se encuentre encendido y en 4x4L constara de una pantalla táctil para el control manual del equipo.

### 3.2.4 Matrices de decisión

A partir de la tabla 7 a la numero 15 se comprobaran las opciones de solución de acuerdo a cada parámetro de diseño para determinar cuál es la mejor alternativa.

*Tabla 7*  
*Facilidad de aprovisionamiento*

<b>FACILIDAD DE APROVISIONAMIENTO</b>	<b>OPCIÓN 1</b>	<b>OPCIÓN 2</b>	<b>OPCIÓN 3</b>	<b>OPCIÓN 4</b>
<b>LUGARES DE ABASTECIMIENTO</b>	En bodega - Manufactura local- Importación	En bodega- Importación- Manufactura local- Manufactura importación	En bodega- Importación- Manufactura local	En bodega- Importación- Manufactura local- Manufactura importación
<b>TIEMPO DE ENTREGA</b>	9 semanas	18 semanas	9 semanas	18 semanas
<b>PUNTUACIÓN</b>	10	2.7	10	2.7

*Tabla 8*  
*Confiabilidad*

<b>CONFIABILIDAD</b>	<b>OPCIÓN 1</b>	<b>OPCIÓN 2</b>	<b>OPCIÓN 3</b>	<b>OPCIÓN 4</b>
<b><math>\lambda</math> (km de uso) media de vida</b>	20000	10005	40000	10005
<b><math>R=\exp(-t/\lambda)\%</math></b>	22.31	4.99	47.24	4.99
<b>PUNTUACIÓN</b>	4.723665527	1.055573629	10	1.055573629

Tabla 9  
Rendimiento

<b>RENDIMIENTO</b>	<b>OPCIÓN 1</b>	<b>OPCIÓN 2</b>	<b>OPCIÓN 3</b>	<b>OPCIÓN 4</b>
<b>ENERGÍA OBTENIDA</b> (W)	13.65	13.65	13.65	13.65
<b>ENERGÍA CONSUMIDA</b> (W)	102.00	126.00	60.00	84.00
<b>E=ENERGÍA</b> <b>OBTENIDA/ENERGÍA</b> <b>CONSUMIDA %</b>	13.38	10.83	22.75	16.25
<b>PUNTUACIÓN</b>	5.88	4.76	10.00	7.14

Tabla 10  
Costo

<b>COSTO</b>	<b>OPCIÓN 1</b>	<b>OPCIÓN 2</b>	<b>OPCIÓN 3</b>	<b>OPCIÓN 4</b>
<b>VALOR</b>	2050	4050	5000	7000
<b>PUNTUACIÓN</b>	10.00	5.06	4.10	2.93

Tabla 11  
Viabilidad de fabricación

<b>VIABILIDAD DE</b> <b>FABRICAC. ( C)</b>	<b>OPCIÓN 1</b>	<b>OPCIÓN 2</b>	<b>OPCIÓN 3</b>	<b>OPCIÓN 4</b>
<b>%</b>	100%	50%	100%	50%
<b>PUNTUACIÓN</b>	10.00	5.00	10.00	5.00

Tabla 12  
Tamaño

<b>TAMAÑO</b>	<b>OPCIÓN 1</b>	<b>OPCIÓN 2</b>	<b>OPCIÓN 3</b>	<b>OPCIÓN 4</b>
<b>VOLUMEN UTILIZADO (m3)</b>	0.09	0.09	0.06	0.06
<b>PUNTUACIÓN</b>	6.67	6.67	10.00	10.00

Tabla 13  
Facilidad de mantenimiento

<b>FACILIDAD DE MANTENIMIENTO</b>	<b>OPCIÓN 1</b>	<b>OPCIÓN 2</b>	<b>OPCIÓN 3</b>	<b>OPCIÓN 4</b>
<b>%</b>	100%	20%	50%	20%
<b>PUNTUACIÓN</b>	10.00	2.00	5.00	2.00

Tabla 14  
Facilidad de uso

<b>FACILIDAD DE USO</b>	<b>OPCIÓN 1</b>	<b>OPCIÓN 2</b>	<b>OPCIÓN 3</b>	<b>OPCIÓN 4</b>
<b>%</b>	100%	100%	100%	100%
<b>PUNTUACIÓN</b>	10.00	10.00	10.00	10.00

Tabla 15  
Requisición energética de electricidad

<b>REQU. ENERGÉTICA DE ELECT. ENERGÍA CONSUMIDA (W)</b>	<b>OPCIÓN 1</b>	<b>OPCIÓN 2</b>	<b>OPCIÓN 3</b>	<b>OPCIÓN 4</b>
	102.00	126.00	60.00	84.00
<b>PUNTUACIÓN</b>	5.88	4.76	10.00	7.14

Tabla 16  
Parámetros de decisión

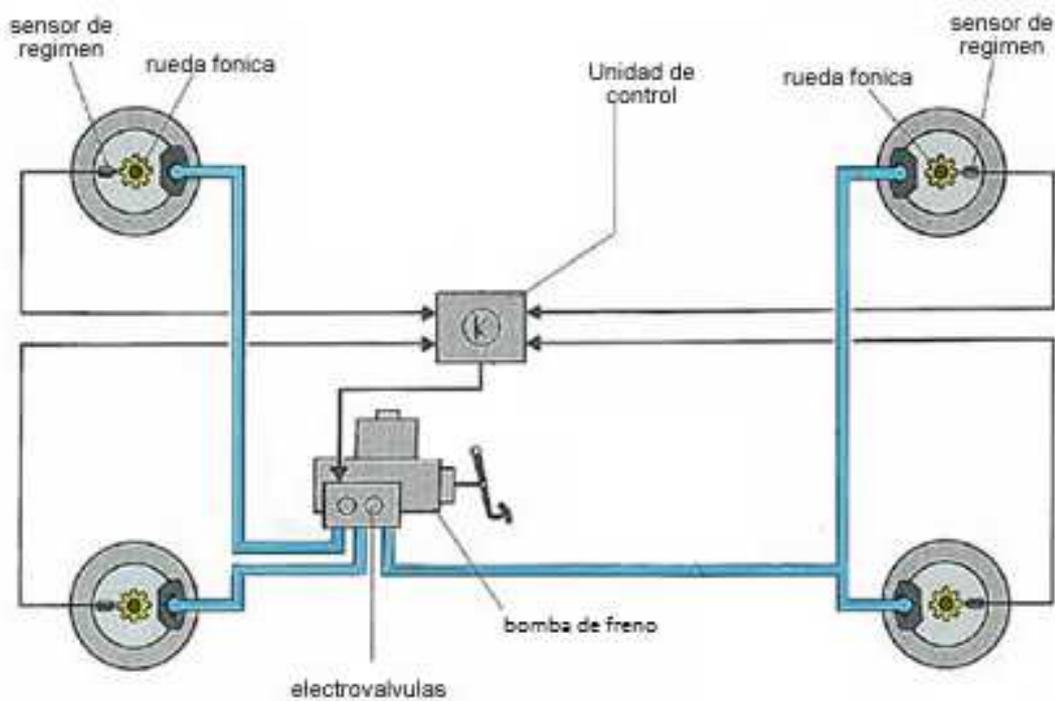
PARÁMETROS DE DECISIÓN	W.F.	Opción 1		Opción 2		Opción 3		Opción 4	
		Rf.	Val.	Rf.	Val.	Rf.	Val.	Rf.	Val.
FACILIDAD DE APROVISIONAMIENTO	0.175	10.00	1.75	2.70	0.47	10.00	1.75	2.70	0.47
CONFIABILIDAD	0.151	4.72	0.71	1.06	0.16	10.00	1.51	1.06	0.16
RENDIMIENTO	0.151	5.88	0.89	4.76	0.72	10.00	1.51	7.14	1.08
COSTO	0.119	10.00	1.19	5.06	0.60	4.10	0.49	2.93	0.35
VIABILIDAD DE FABRICAC. ( C)	0.119	10.00	1.19	5.00	0.60	10.00	1.19	5.00	0.60
TAMAÑO	0.095	6.67	0.63	6.67	0.63	10.00	0.95	10.00	0.95
FACILIDAD DE MANTENIMIENTO	0.071	10.00	0.71	2.00	0.14	5.00	0.36	2.00	0.14
FACILIDAD DE USO	0.071	10.00	0.71	10.00	0.71	10.00	0.71	10.00	0.71
REQU. ENERGÉTICO DE ELECT.	0.048	5.88	0.28	4.76	0.23	10.00	0.48	7.14	0.34
TOTAL	1.00	73.16	8.07	42.01	4.27	79.10	8.94	47.97	4.80
ORDEN DE PRELACIÓN			2		4		1		3

Como puede observar en la tabla 16, el resultado de la selección es la opción 3.

### 3.3 Diseño del sistema

Para solucionar el problema antes presentado, se diseñó un sistema de control de tracción por pulsaciones de freno, como lo muestra la siguiente imagen, cuyo sistema se basa en un sistema de frenado paralelo e independiente para las 4 ruedas, este sistema constara de un cuerpo de válvulas de ABS de Chevrolet Gran Vitara SZ que dirigirá el flujo del líquido a la rueda que se necesite frenar, para su activación dispondrá de un motor DC con su respectivo mecanismo de activación de la bomba de freno. El control del motor y del cuerpo de ABS se realizara a través de una tarjeta controladora Arduino que monitoreara la velocidad de cada rueda por medio de los sensores generadores colocados sobre las ruedas fónicas. El sistema se

activará únicamente cuando el vehículo se encuentre encendido y en 4x4L constara de una pantalla táctil para el control manual del equipo.



*Figura 5 Esquema hidráulico del sistema de control de tracción*

*Fuente: (Vazquez, 2013)*

Para evitar problemas en el sistema de frenos actual, se colocara mordazas y pistones generando un sistema paralelo de frenado destinado para el control de tracción. Este sistema se encuentra representado en la figura 5

### 3.3.1 Diseño del sistema de activación de la bomba de freno adicional

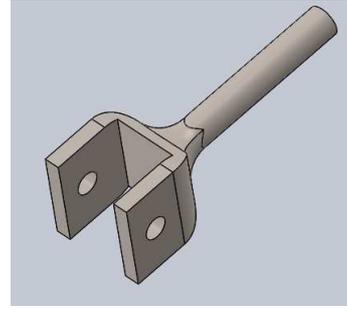
#### 3.3.1.1 Esquema de funcionamiento del sistema

- Diseño en Solidworks

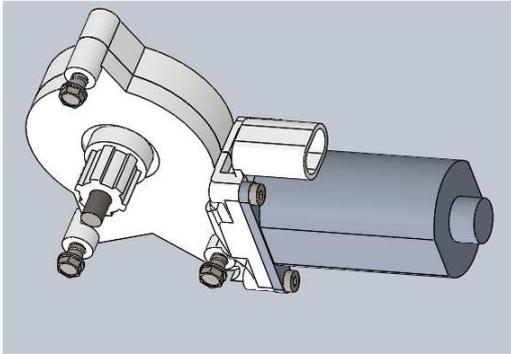
Se pueden apreciar a partir de la figura 6 a la 17 los elementos diseñados por medio del programa Solidworks.



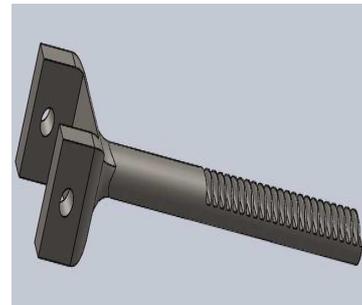
*Figura 6 Bomba*



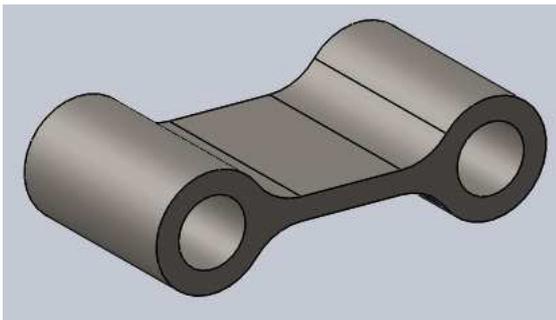
*Figura 9 Barón de la bomba*



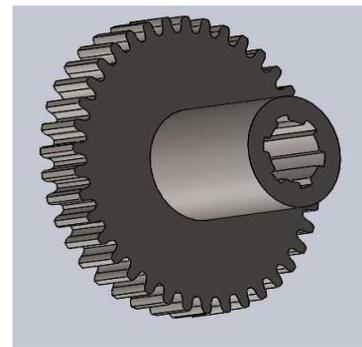
*Figura 7 Motor*



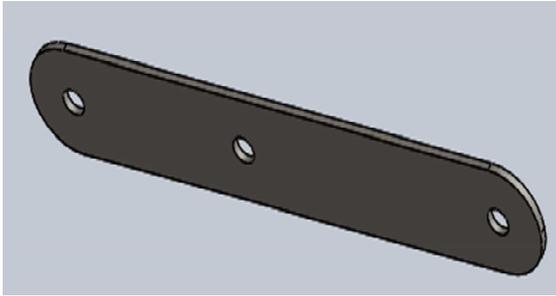
*Figura 10 Cremallera*



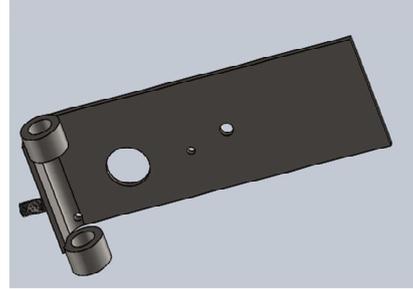
*Figura 8 Alargador*



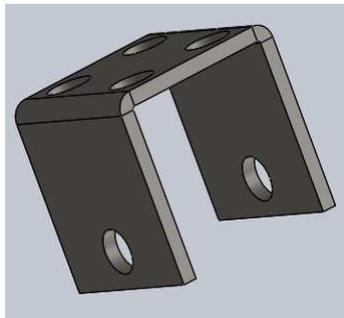
*Figura 11 Engrane*



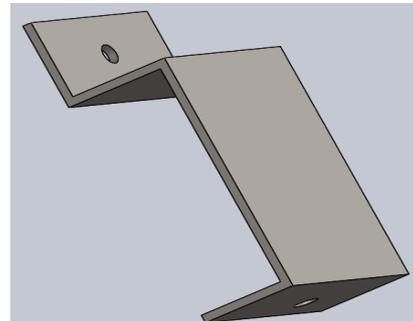
*Figura 12 Brazo de palanca*



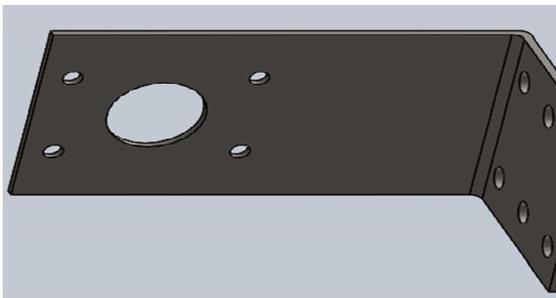
*Figura 15 Soporte del motor*



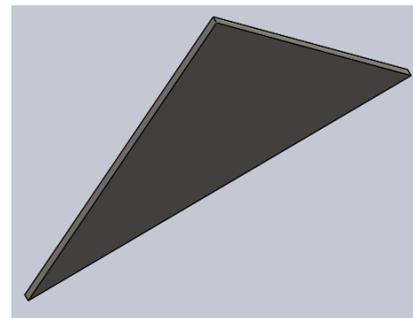
*Figura 13 Base de la palanca*



*Figura 16 Soporte del engrane*



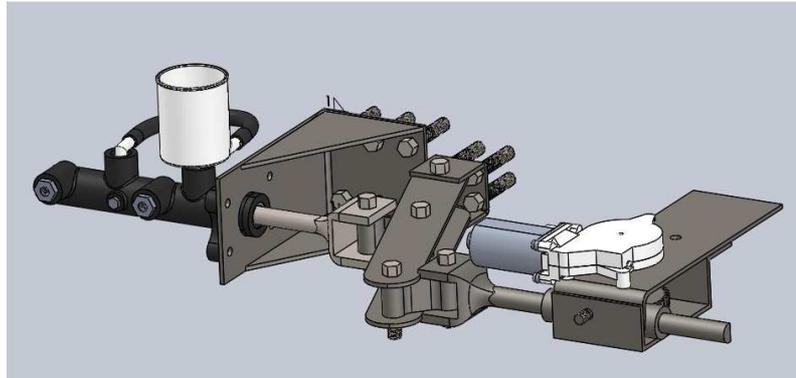
*Figura 14 Base de la bomba*



*Figura 17 Pieza de apoyo para la base de la bomba*

- **Ensamble**

En la figura 18 se puede observar el ensamble del sistema.



*Figura 18 Ensamble de Solidworks*

Se verificó el funcionamiento del sistema para comprobar que el diseño cumpla los requerimientos del problema.

### *3.3.1.2 Cálculos de la fuerza de activación*

Calculo de la fuerza del motor:

El sistema constará con un motor eleva vidrios proveniente de la bodega de la empresa. Este motor tiene una potencia de 12W el cual tiene una velocidad de 12rpm. La bomba de frenos es la bomba de frenos original de Toyota cuyo diámetro interno del pistón es 5/8''.

Para esto, necesitamos saber la fuerza necesaria para frenar por completo las ruedas sin importar el terreno ni la velocidad del vehículo, lo que se conoce como bloqueo de las ruedas.

El par motor máximo que ejerce el motor es

$$P = w * T \quad (4)$$

Donde:

P: potencia mecánica

w: velocidad angular

T: torque del motor

$$\text{Velocidad del motor } 12rpm = 0.2095 \frac{rad}{s}$$

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{12W}{0.2095 \frac{rad}{s}} = 57.2793N.m \quad (4)$$

El torque es de 57.2793N.m por lo que la fuerza que puede ejercer el motor con un engrane de diámetro de 8cm

$$T = F * r \quad (5)$$

Donde:

T: torque del motor

F: fuerza

r: radio

$$F = \frac{T}{r} = \frac{57.2793}{\frac{0.08}{2}} = 1431.9807N \quad (5)$$

La fuerza máxima que nos entrega el motor dc es de 1431.9807N.

Calculo de la fuerza sobre el barón de la bomba para detener las ruedas:

La fuerza que necesitamos para frenar la rueda es independiente del terreno debido que se usara solo cuando el vehículo se encuentre derrapando por ello el único factor que influye es la velocidad de las ruedas. Para ello se utilizó las siguientes formulas:

$$Fs = N * \mu \quad (1)$$

$$\mu = \frac{0.24}{1 + 0.01 * V} \quad (2)$$

Donde:

N: normal entre la pastilla y el disco.

$\mu$ : constante de rozamiento entre la pastilla y el disco.

Fs: fuerza de rozamiento

V: velocidad del vehículo

Como se puede apreciar en la formula cuando la velocidad es máxima el coeficiente de rozamiento es mínimo. Para poder determinar el parámetro de la normal se necesita calcular la fuerza que ejerce el motor a las ruedas el rato de un arranque en una pendiente de  $60^\circ$ .

El peso del vehículo cargado es aproximadamente 2.1 toneladas y ese peso se divide entre las cuatro llantas.

$$\text{Masa} = 2.1 \text{ toneladas} = 2100 \text{ kilogramos}$$

$$W = \text{Masa} * g = 2100 * 9.8 = 20580 \text{ N} \quad (6)$$

Donde:

W: el peso del vehículo

M: masa del vehículo

g: gravedad

Si hacemos el diagrama de cuerpo libre tendremos la figura 19

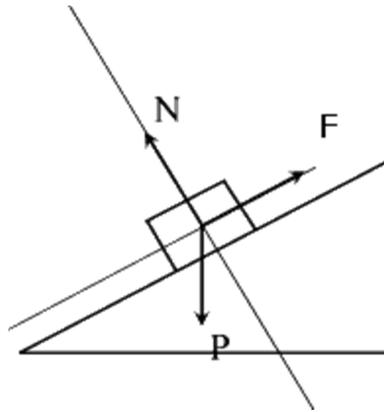


Figura 19 Diagrama de cuerpo libre (Quantum, 2007)

Por lo que la fuerza del vehículo es de

$$F = W * \text{sen}(60) \quad (7)$$

$$F = 20580 * 0.8661 = 17822.8029 \text{ N} \quad (7)$$

La fuerza de rozamiento entre la pastilla y el disco debe ser igual a la fuerza de empuje del vehículo. Debido que el vehículo se encuentra en el modo 4x4L posee dos ruedas de empuje.

$$\sum M = 0$$

$$F_s = \frac{F}{2} \quad (8)$$

Donde:

F: la fuerza de empuje del vehiculo

F<sub>s</sub>: fuerza de rozamiento de la pastilla de frenos

$$F_s = \frac{17822.8029}{2} = 8911.4015N \quad (8)$$

Donde retomando la formula siguiente

$$F_s = 8911.4015 = N * \mu \quad (1)$$

$$\mu = \frac{0.24}{1 + 0.01 * V} \quad (2)$$

Donde V es igual a 30km/h

$$\mu = \frac{0.24}{1 + 0.01 * 30} = 0.1847 \quad (2)$$

$$N = \frac{F_s}{\mu} = \frac{8911.4015}{0.1847} = 48270.0909N \quad (2) \text{ en } (1)$$

La fuerza normal es la fuerza que debe realizar el pistón para poder frenar la rueda.

La fuerza generada por el pistón es debido a la presión generada en la bomba la cual es debida a la fuerza ejercida en el pistón de la bomba.

$$P = \frac{N}{A_2} \quad (9)$$

Donde

P: presión del liquido

A<sub>2</sub>: Área del pistón que ejerce presión sobre la pastilla de freno

Como la presión del líquido de freno es el mismo en la bomba de freno como en los pistones podemos utilizar la siguiente fórmula también.

$$P * A_1 = F_1 \quad (10)$$

Donde:

$A_1$ : Área del pistón de la bomba

$F_1$ : Fuerza necesaria para activar la bomba

Reemplazando en la presión en la formula obtenemos una relación de fuerzas y áreas

$$F_1 = \frac{N * A_1}{A_2} \quad (9) \text{ en } (10)$$

Donde:

$$A_1 = \frac{D_1^2}{4} * \pi \quad (11)$$

$$A_2 = \frac{D_2^2}{4} * \pi \quad (12)$$

Donde:

$D_1 = 5/8$  de pulgada: Diámetro del cilindro de la bomba

$D_2 = 1 \frac{1}{2}$  pulg: Diámetro del pistón que ejerce presión sobre la pastilla de freno

$$D_1 = \frac{5}{8} \text{ pulg} = 0.015875 \text{ m} \quad (11)$$

$$D_2 = 1 + \frac{1}{2} \text{ pulg} = 0.0381 \text{ m} \quad (12)$$

Reemplazando las áreas obtenemos una relación de diámetros como podemos apreciar

$$F_1 = \frac{N * \frac{D_1^2}{4} * \pi}{\frac{D_2^2}{4} * \pi} = \frac{N * D_1^2}{D_2^2} = \frac{48270.0909 * 0.015875^2}{0.0381^2} = 8380.2242 \text{ N} \quad (11) \text{ y } (12) \text{ en } (10)$$

La fuerza de activación del barón de la bomba de freno debe de ser de 8380.2242N.

Calculo de la palanca necesaria:

La palanca de fuerza debe generar una relación de fuerza de superior a la relación obtenida entre  $F_1/F$

$$\frac{F_1}{F} = \frac{8380.2242}{1431.9807} = 5,8522 \quad (13)$$

Por lo tanto en la palanca tenemos

$$\sum M = 0$$

$$F_1 * y_1 = F * y \quad (14)$$

Asumiendo que la distancia mínima que debe tener entre el punto de sujeción de la palanca hasta el punto de aplicación de la primera fuerza debe ser de 10cm

$$y_1 = 10cm = 0.1m$$

Por lo que la distancia y debe ser mayor que

$$y > \frac{F_1 * y_1}{F} = 5,8522 * 0.1 = 0.586m \quad (15)$$

$$y > 0.586m \quad (15)$$

Se realizaron pruebas prácticas donde se encontró que bloquear las ruedas genera serios problemas con la pérdida de potencia del vehículo produciendo que el vehículo no avance y se apague.

Debido a ello se determinó de forma experimental que la medida correcta para la longitud de la palanca debía de ser de 30cm. Generando así una relación entre  $F_1$  y  $F$  de 2.5

$$\frac{F_1}{F} = 2.5 \quad (13)$$

Por lo que la distancia es de

$$y = 2.5 * 0.1 = 0.25m \quad (15)$$

$$y = 0.25 \quad (15)$$

### 3.3.1.3 Cálculos del espesor de la palanca

Sobre la palanca existen 3 fuerzas principales:

- La fuerza proveniente del motor eléctrico

$$F = 1431.9807N$$

- La fuerza producida por la bomba de freno

$$F_1 = 8380.2242N$$

- Y la reacción en el apoyo

$$\sum F_x = 0$$

$$F + R = F_1 \quad (16)$$

$$R = F_1 - F = 8380.2242 - 1431.9807 = 6948.2435N \quad (16)$$

Para determinar el espesor de la palanca podemos tomar dos métodos:

Por esfuerzo máximo

El esfuerzo máximo permisible es de  $\sigma_{per} = 51.25MPa$

$$\sigma_{per} = \frac{M}{I} \quad (17) \text{ (Joseph E. Shigley, 2012)}$$

Donde:

M: momento máximo

I: inercia de la palanca

El momento máximo es de

$$M = 838.02242N.m$$

Y la inercia de la palanca es de

$$I = \frac{1}{12} * m * (e^2 + x^2) \quad (18)$$

Donde:

e: espesor de la palanca

x: ancho

m: masa.

Masa es igual a

$$m = \delta * V \quad (19)$$

Donde:

$V = (e * x * y)$ : volumen

Entonces reemplazando los valores  $y = 60\text{cm}$  y  $x = 5\text{cm}$  el valor de x se asumió para facilitar los cálculos.

La densidad del acero 1020 es igual a  $\delta = 7870 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$$\frac{(0.6 * 0.05 * e)}{12} * 7870 * (e^2 + 0.05^2) = \frac{838.02242}{51.25 * 10^6} \quad (19) \text{ y } (18) \text{ en } (17)$$

$$e^3 + 0.0025 * e - 8.5231 * 10^{-7} = 0 \quad (17)$$

$$e = 0.000344 \quad (17)$$

Por esfuerzo de aplastamiento

$$\sigma_{per} = \frac{F_1}{e * d} \quad (20)$$

Donde

$\sigma_{per}$ : esfuerzo máximo permisible

d: es el diámetro del pasador

e: espesor de la palanca.

$$e = \frac{F_1}{\sigma_{per} * d} = \frac{8380.2242}{0.05 * 51250000} = 0,003271 \quad (20)$$

$$e = 3.3mm \quad (20)$$

### 3.3.1.4 Cálculos del diámetro de los ejes de la palanca

Se seleccionará el espesor de estos eje por cortante debido que su longitud es mínima para tener deformación por el par de torsión.

Se seleccionó el eje en el punto donde existe el mayor momento de fuerza

$$T = \frac{F_1}{2} \quad (21)$$

Donde:

T: esfuerzo cortante

A: área

$$T = \frac{T_{max}}{n} \quad (22)$$

Donde

$T_{max}$ : esfuerzo cortante máximo

n: factor de seguridad.

$$T_{max} = \frac{S_y}{2} \quad (23) \text{ (Joseph E. Shigley, 2012)}$$

Donde:

$S_y$ : límite de fluencia del acero 1020 que es igual a 205 MPa

$$T_{max} = \frac{205}{2} = 102.5 \text{ MPa} \quad (23)$$

El factor de seguridad es igual a 2

$$T = \frac{102.5}{2} = 51.25 \text{ MPa} \quad (23) \text{ en (22)}$$

$$T = \frac{\frac{F_1}{2}}{\pi * \frac{d^2}{4}} \quad (22) \text{ en (21)}$$

$$d^2 = \frac{2 * F_1}{\pi * T} = \frac{8380.2242 * 2}{\pi * 51250000} = 1.041 * 10^{-4} \quad (21)$$

$$d = 0.0102029 \text{ m} = 10.2029 \text{ mm} \quad (21)$$

Se seleccionó un eje de 12 mm que corresponde a un eje más comercial.

Los tres ejes serán de 12 mm por uniformidad.

### 3.3.1.5 Cálculo del eje de accionamiento de la bomba

El pasador está expuesto solo a compresión por lo que la fuerzas solo están en el plano axial.

$$\sigma_{per} = \frac{F_1}{A} \quad (24) \text{ (Joseph E. Shigley, 2012)}$$

$$\sigma_{per} = \frac{F_1}{\pi * \frac{D_b^2}{4}} \quad (24)$$

$$D_b^2 = \frac{F_1}{\pi * \frac{\sigma_{per}}{4}} = \frac{8380.2242}{\pi * \frac{51250000}{4}} = 2.0819 * 10^{-4} \quad (24)$$

$$D_b = 0.01443 \text{ m} = 14.43 \text{ mm} \quad (24)$$

### 3.3.1.6 Cálculo del engrane

Diámetro externo del engrane será de  $D_{ext} = 8 \text{ cm}$

El modulo será de  $M = 2$  (Joseph E. Shigley, 2012)

En la tabla 17, se presenta los resultados del diseño del engrane.

*Tabla 17*  
*Engrane*

<b>Engrane</b>			
<b>Módulo</b>	m	2	
<b>diámetro exterior</b>	de	80	Mm
<b>ángulo de presión</b>	g	20	Grados
<b>número de dientes</b>	z	38	Dientes
<b>diámetro primitivo</b>	d	76	Mm
<b>longitud del diente</b>	l	10	Mm
<b>paso circular</b>	pc	6,28	Mm
<b>Espesor</b>	e	3,14	Mm
<b>Altura de la cabeza del diente</b>	ha	2	Mm
<b>Altura del pie del diente</b>	hd	2,5	Mm
<b>hueco del diente</b>	c	0,5	Mm

### *3.3.1.7 Cálculo de la Cremallera*

Para el diámetro del eje de cremallera se usará el diámetro del eje de accionamiento de la bomba

La distancia de la cremallera será de 15cm el paso será el mismo que el del engrane y el módulo es igual a 2

El espesor del diente será igual al espesor del diente del engrane

### *3.3.1.8 Cálculo del soporte del brazo de palanca*

La base de la palanca soportara la fuerza  $R = 6948.2435N$ , dividido en dos brazos separados por 4cm y a una distancia de 5 cm de la sujeción.

El esfuerzo máximo permisible es de  $\sigma_{per} = 51.25MPa$

$$\sigma_{per} = \frac{M}{I} \quad (25) \text{ (Joseph E. Shigley, 2012)}$$

Donde

M: momento máximo

I: inercia de la palanca

Y la inercia de la palanca es de

$$I = \frac{1}{12} * m * (e^2 + a^2) \quad (26)$$

Donde

e: espesor de la palanca

a: ancho

m: masa.

Masa es igual a

$$m = \delta * V$$

Donde:

$V = (e * a * b)$ : volumen

Entonces reemplazando los valores  $a = 5cm$  y  $b = 5cm$  el valor de a y b se asumió para facilitar los cálculos.

El momento generado es igual a:

$$M = d_{bs} * \frac{R}{2} \quad (27)$$

Donde  $d_{bs}$  es la distancia entre el centro del pasador y la parte externa de la placa de sujeción.

$$M = 0.05 * \frac{6948.2435}{2} = 173.7061N.m \quad (27)$$

La densidad del acero 1020 es igual a  $\delta = 7870 \frac{kg}{m^3}$

$$\frac{(0.05 * 0.05 * e)}{12} * 7870 * (e^2 + 0.05^2) = \frac{173.7061}{51.25 * 10^6} \quad (26) \text{ y } (27) \text{ en } (25)$$

$$e^3 + 0.0025 * e - 9.193510^{-7} = 0 \quad (25)$$

$$e = 0.0003677 \quad (25)$$

Por esfuerzo de aplastamiento

$$\tau_{per} = \frac{R}{e * a} \quad (28)$$

Donde

a: ancho de la placa

e: espesor de la placa.

$$e = \frac{R}{\sigma_{per} * d} = \frac{6948.2435}{0.05 * 25.625 * 10^6} = 0.00542302 \quad (28)$$

$$e = 5.5mm \quad (28)$$

Se tomará el espesor de la palanca debido al costo de las planchas por separado.

$$e = 6mm$$

Los planos se encuentran en el Anexo.

### 3.3.2 Diseño del sistema de hidráulico, eléctrico y electrónico

#### 3.3.2.1 Descripción de materiales

A partir de la figura 20 a la 23, se observa una imagen de los materiales utilizados en el sistema hidráulico del control de tracción.



*Figura 20 Tubería de freno*

*Fuente: (Repuestos El Jaguar, 2015)*



*Figura 22 Mordazas de freno*

*Fuente: (Fuxion, 2015)*



*Figura 21 Cuerpo de válvulas del ABS*

*Fuente: (TodoMazda, 2014)*



*Figura 23 Pistón de freno*

*Fuente: (repuestos600.com.ar, 2015)*

### 3.3.2.2 Esquema del sistema hidráulico

- Diagrama hidráulico

En la figura 24 se observa el diagrama hidráulico del sistema utilizado en el sistema y en la figura 25 se observa el diagrama eléctrico de control del sistema hidráulico.

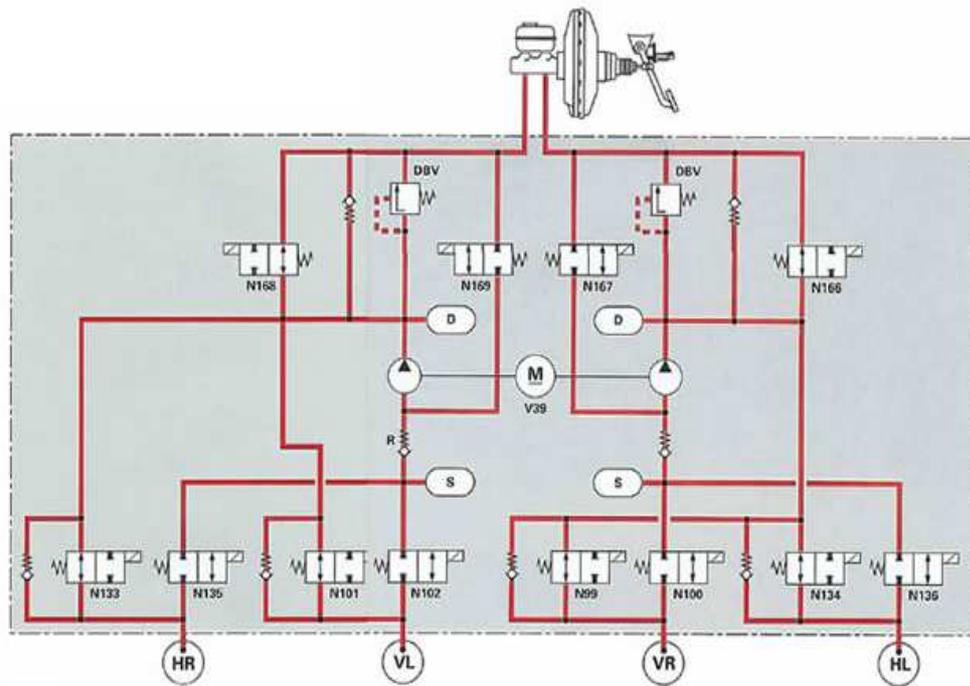


Figura 24 Diagrama hidráulico del cuerpo de válvulas del ABS

Fuente: (Meganeboy, Sistema de control de tracción EDS: Aficionados a la mecánica, 2014)

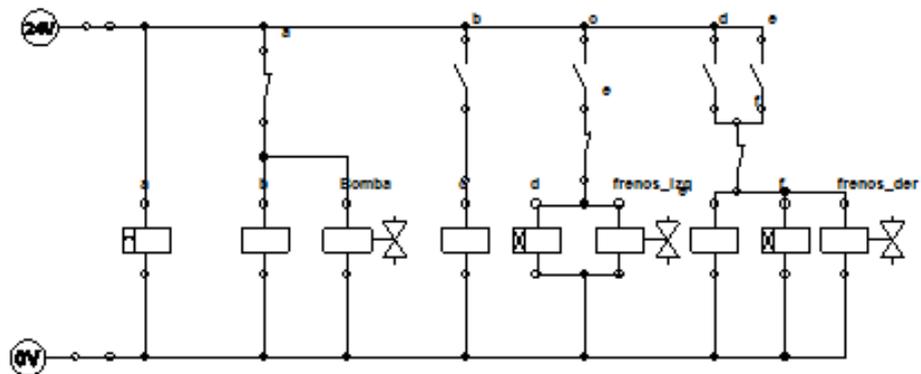


Figura 25 Diagrama eléctrico del cuerpo de válvulas del ABS

### 3.3.2.3 Diagrama de flujo del comportamiento del sistema

- En la figura 26, se observa el diagrama de flujo del comportamiento electrónico del sistema

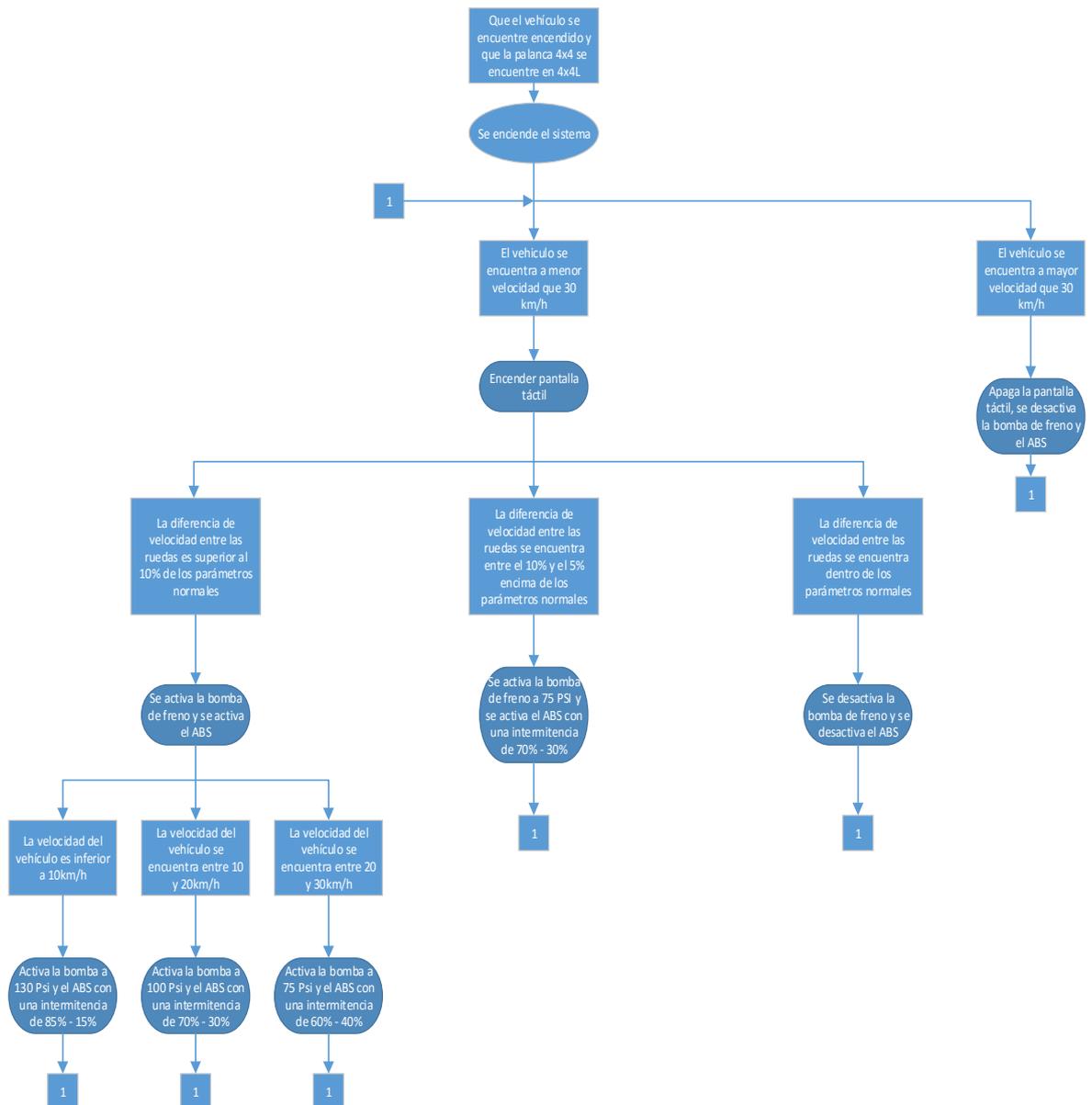


Figura 26 Diagrama de flujo del circuito electrónico

### 3.3.2.4 Esquema del sistema electrónico y selección del cableado eléctrico de potencia

- En la figura 27 se encuentra el diagrama del circuito electrónico central realizado en Proteus.

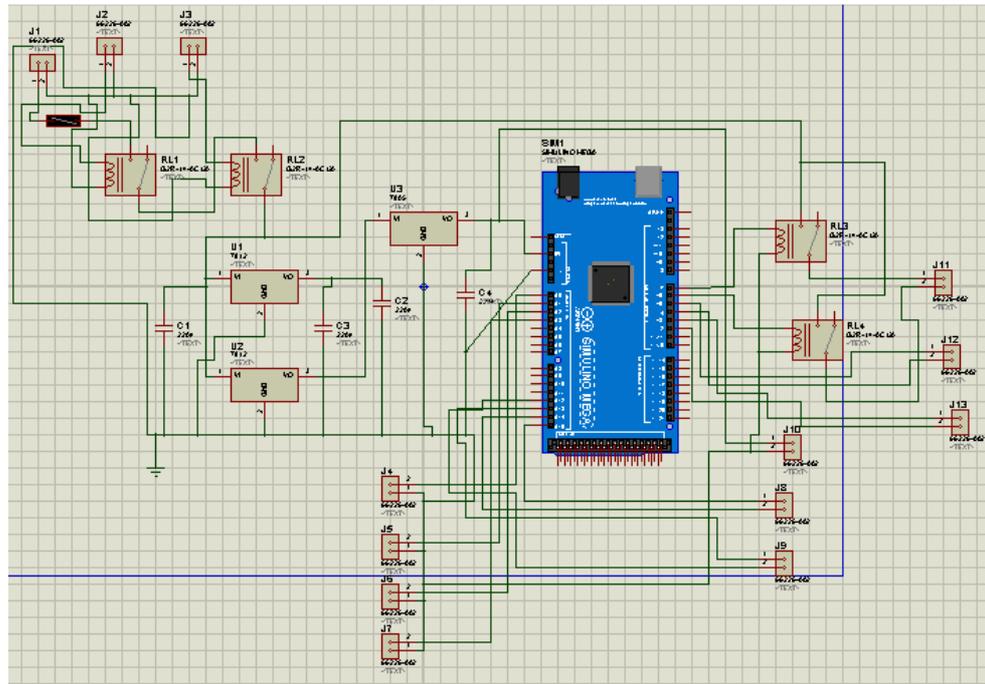


Figura 27 Diagrama en proteus del circuito electrónico del procesador central

- En la figura 28, se aprecia el diagrama del circuito electrónico del ABS realizado en Proteus.

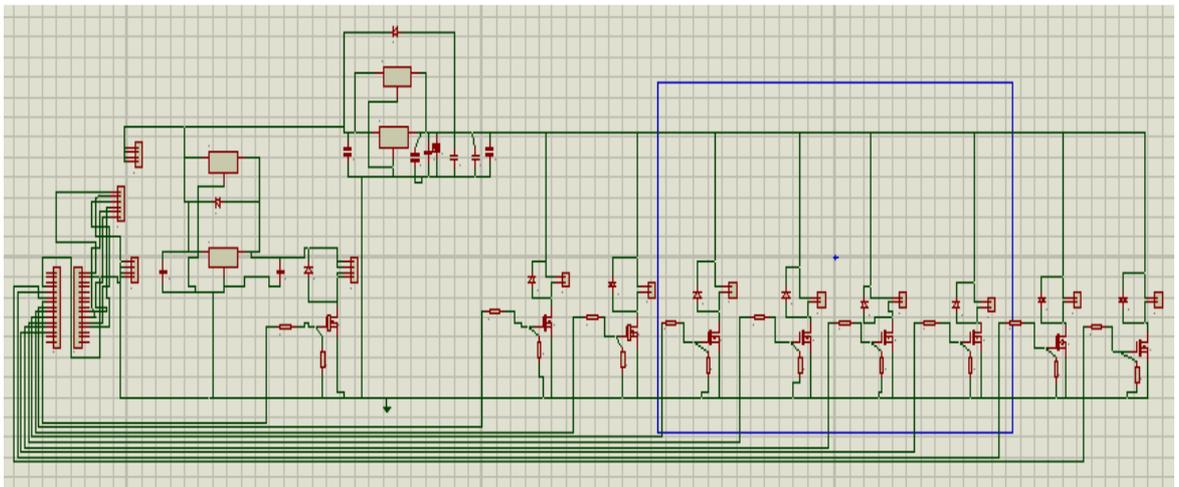


Figura 28 Diagrama en proteus del circuito electrónico del ABS

- Tipo de cables:

Sección del cable	Intensidad máxima	Potencia máxima en 12 Vcc	Potencia máxima en 24 Vcc	Potencia máxima en 48 Vcc	Potencia máxima en 220 Vac
1,5 mm <sup>2</sup>	11 A	132 W	264 W	528 W	2.420 W
2,5 mm <sup>2</sup>	15 A	180 W	360 W	720 W	3.300 W
4 mm <sup>2</sup>	20 A	240 W	480 W	960 W	4.400 W
6 mm <sup>2</sup>	25 A	300 W	600 W	1.200 W	5.500 W
10 mm <sup>2</sup>	34 A	408 W	816 W	1.632 W	7.480 W
16 mm <sup>2</sup>	45 A	540 W	1.080 W	2.160 W	9.900 W
25 mm <sup>2</sup>	59 A	708 W	1.416 W	2.832 W	12.980 W

*Figura 29 Tipo de cables de acuerdo al diámetro*

Se seleccionó, por medio de la figura 29, un cable multi-filar de 1.5 mm<sup>2</sup> debido que el consumo de energía del sistema es de 96W de corriente continua.

Para los sensores se usó cable de micrófono con revestimiento y armadura.

### 3.3.2.5 Reglas de la Lógica Difusa

- Componentes:

Variables de entrada S1, S2, S3 y S4. Las cuales son recibidas de los sensores tipo hall de rueda fónica que se encuentran sobre las mordazas de los frenos estas son las velocidades de las ruedas.

Variables de salida M y Fs1, Fs2, Fs3 y Fs4. Donde M es el motor eleva vidrios 12V DC y las demás salidas son las válvulas de control del cuerpo de válvulas del ABS (CV).

Variables proporcionales X1, X2, X3 y X4 Las cuales se determinaran posteriormente a través de las fórmulas de variación de velocidad entre ruedas.

- Reglas:

Si  $S_1 > S_2 + X_1$  entonces  $M = 100\%$  & ACTIVAR DEL CV  $F_{S1} = 80\%$ ;  $F_{S2} = 20\%$

Si  $S_2 + X_1 > S_1 > S_2 + X_2$  entonces  $M = 50\%$  & ACTIVAR DEL CV  $F_{S1} = 50\%$ ;  $F_{S2} = 50\%$

Si  $S_2 > S_1 + X_1$  entonces  $M = 100\%$  & ACTIVAR DEL CV  $F_{S2} = 80\%$ ;  $F_{S1} = 20\%$

Si  $S_1 + X_1 > S_2 > S_1 + X_2$  entonces  $M = 50\%$  & *ACTIVAR DEL CV*  $F_{S1} = 50\%$ ;  $F_{S2} = 50\%$

Si  $S_3 > S_4 + X_3$  entonces  $M = 100\%$  & *ACTIVAR DEL CV*  $F_{S3} = 80\%$ ;  $F_{S4} = 20\%$

Si  $S_4 + X_3 > S_3 > S_4 + X_4$  entonces  $M = 50\%$  & *ACTIVAR DEL CV*  $F_{S4} = 50\%$ ;  $F_{S3} = 50\%$

Si  $S_4 > S_3 + X_3$  entonces  $M = 100\%$  & *ACTIVAR DEL CV*  $F_{S4} = 80\%$ ;  $F_{S3} = 20\%$

Si  $S_3 + X_3 > S_4 > S_3 + X_4$  entonces  $M = 50\%$  & *ACTIVAR DEL CV*  $F_{S4} = 50\%$ ;  $F_{S3} = 50\%$

Si  $S_4 > 30$  &  $S_3 > 30$  entonces  $M = 0\%$  & *ACTIVAR DEL CV*  $F_{S4} = 0\%$ ;  $F_{S3} = 0\%$

Si  $S_1 > 30$  &  $S_2 > 30$  entonces  $M = 0\%$  & *ACTIVAR DEL CV*  $F_{S1} = 0\%$ ;  $F_{S2} = 0\%$

Si  $S_4 = 0$  &  $S_3 = 0$  entonces  $M = 0\%$  & *ACTIVAR DEL CV*  $F_{S4} = 0\%$ ;  $F_{S3} = 0\%$

Si  $S_1 = 0$  &  $S_2 = 0$  entonces  $M = 0\%$  & *ACTIVAR DEL CV*  $F_{S1} = 0\%$ ;  $F_{S2} = 0\%$

- Cálculos de las variables proporcionales:

Para las variables  $X_1$  y  $X_2$  se necesita saber los ángulos máximos de giro de las ruedas delanteras para esto se determina que

$$\alpha = 29^\circ$$

$$\beta = 23^\circ$$

$$a = 1.435 \text{ m}$$

$$b = 2.725 \text{ m}$$

Donde  $\alpha$  es el ángulo máximo de curvatura de la rueda delantera que se encuentra en el interior de la curva,  $\beta$  es el ángulo de curvatura resultante en la rueda delantera que se encuentra en el lado exterior de la curva, a es la distancia entre las ruedas del lado del copiloto y del lado del piloto y b es la distancia entre las ruedas delanteras y las traseras, como se muestra en la siguiente figura.

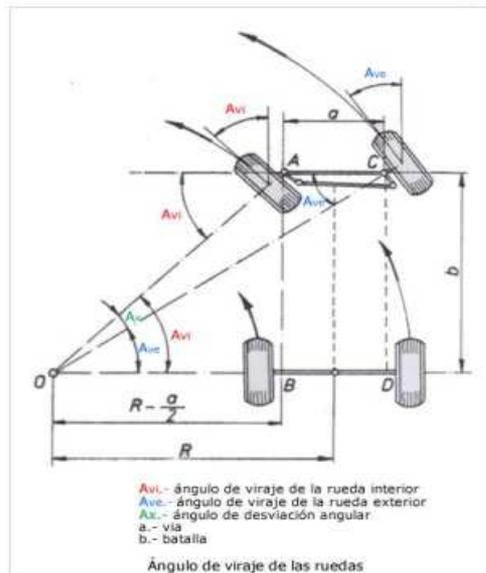


Figura 30 Diagrama de la trayectoria de curvatura de un vehículo

Fuente: (meganeboy, 2014)

Entonces

$$w_1 = w * r_1 \quad (29)$$

$$w_2 = w * r_2 \quad (30)$$

$$w_3 = w * r_3 \quad (31)$$

$$w_4 = w * r_4 \quad (32)$$

Donde  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  y  $w_4$  son las velocidades de la rueda en función de  $w$  que es la velocidad del angular del vehículo.  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  y  $r_4$  son los radios de curvatura de las ruedas A,C,B y D en ese respectivo orden.

$$r_1 = \frac{b}{\text{sen}(\alpha)} = \frac{2.725}{\text{sen}(29)} = 5.63m \quad (33)$$

$$r_2 = \frac{b}{\text{sen}(\beta)} = \frac{2.725}{\text{sen}(23)} = 6.92m \quad (34)$$

$$r_3 = \sqrt{-b^2 + r_1^2} = \sqrt{-2.725^2 + 5.63^2} = 4.92m \quad (35)$$

$$r_4 = r_3 + a = 6 + 4 = 6.36m \quad (36)$$

$$r = \sqrt{\left(r_3 + \frac{a}{2}\right)^2 + \frac{b^2}{4}} = \sqrt{\left(3.94 + \frac{1.47}{2}\right)^2 + \frac{2.755^2}{4}} = 5.8m \quad (37)$$

Donde r es el radio de curvatura del vehículo

$$V = w * r \quad (38)$$

Donde V es la velocidad máxima del vehículo la  $V = 30 \frac{km}{h}$  y el radio de la rueda es de  $r_r = 0.36 m$

$$w = \frac{V}{r} = \frac{30}{3.6} = 1.71 \frac{rad}{s} \quad (37)en (38)$$

$$V_1 = w * r_1 = 1.71 * 5.63 = 9.63 \frac{m}{s} \quad (38) y (33)en (39)$$

$$V_2 = w * r_2 = 1.71 * 6.92 = 11.84 \frac{m}{s} \quad (38) y (34)en (40)$$

$$V_3 = w * r_3 = 1.71 * 4.92 = 8.42 \frac{m}{s} \quad (38) y (35)en (41)$$

$$V_4 = w * r_4 = 1.71 * 6.36 = 10.88 \frac{m}{s} \quad (38) y (36)en (42)$$

$$w_1 = \frac{V_1}{r_r} = \frac{9.63}{0.36} = 26.75 \frac{rad}{s} \quad (39)en (43)$$

$$w_2 = \frac{V_2}{r_r} = \frac{11.84}{0.36} = 32.89 \frac{rad}{s} \quad (40)en (44)$$

$$w_3 = \frac{V_3}{r_r} = \frac{8.42}{0.36} = 23.39 \frac{rad}{s} \quad (41)en (45)$$

$$w_4 = \frac{V_4}{r_r} = \frac{10.88}{0.36} = 30.22 \frac{rad}{s} \quad (42)en (46)$$

$$X_1 = |w_1 - w_2| * 1.15 = |255.46 - 314.1| * 1.15 = 67.44 rpm \quad (43) y (44)en (47)$$

$$X_2 = |w_1 - w_2| * 1.05 = |255.46 - 314.1| * 1.05 = 61.57 rpm \quad (43) y (44)en (48)$$

$$X_3 = |w_3 - w_4| * 1.15 = |223.38 - 288.61| * 1.15 = 75.02 rpm \quad (45) y (46)en (49)$$

$$X_4 = |w_3 - w_4| * 1.05 = |223.38 - 288.61| * 1.05 = 68.49 rpm \quad (45) y (46)en (50)$$

## CAPÍTULO 4 CONSTRUCCIÓN Y PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL DE TRACCIÓN

### 4.1 Construcción, ensamble y pruebas preliminares del sistema de accionamiento de la bomba de frenado

#### 4.1.1 Diagrama de operaciones

El diagrama de operaciones se encuentra en la figura 31 en página n°56.

#### 4.1.2 Compra y manufactura de los elementos

El requerimiento de materiales para la compra se encuentra en la tabla 18.

*Tabla 18*  
*Lista de materiales para la compra*

Descripción de los materiales	Medidas	Cantidad
Acople de tanque	U	1
Acoples manómetro estándar	U	16
Neplos rosca 10mm	U	4
Cable eléctrico N°14	M	12
bocines medidas en los planos	U	2
Manómetros de líquidos corrosivos 600psi	U	4

El requerimiento de materiales en stock se encuentra en la tabla 19.

*Tabla 19*  
*Lista de materiales de bodega*

Descripción de los materiales	Medidas	cantidad
Pernos cabeza hexagonal 14mm con tuerca de 6cm	u	14
Bomba 15/16 Toyota* de un tanque	u	1
Motor eléctrico eleva vidrios de 12V 24W	u	1
Sangreros estándar	u	6
Tubería de freno diámetro 10mm	m	0.2

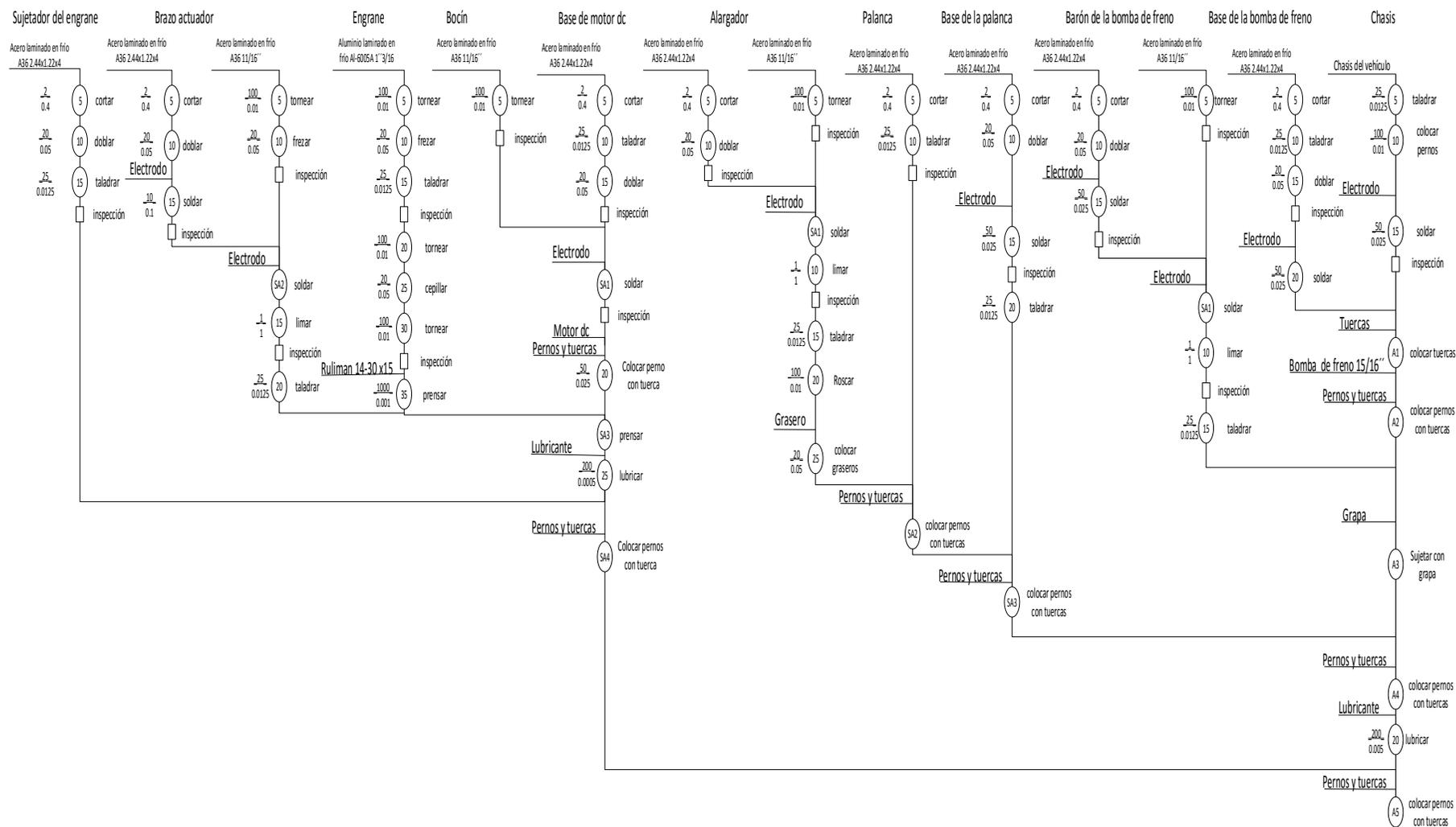


Figura 31 Diagrama de operaciones para el montaje del mecanismo de activación de la bomba de freno, en la camioneta Toyota Crown 1970.

El requerimiento de piezas manufacturadas se encuentra en la tabla 20.

*Tabla 20*  
*Elementos de manufactura*

Elementos	medidas	Cantidad
Base de bomba de freno especificaciones en plano	u	1
Barón de la bomba de freno especificaciones en plano	u	1
Base de la palanca especificaciones en plano	u	1
Palanca especificaciones en plano	u	2
Alargador especificaciones en plano	u	3
Base de motor especificaciones en plano	u	1
Bocín especificaciones en plano	u	2
Engrane especificaciones en plano	u	1
Brazo actuador especificaciones en plano	u	1
Sujetador de engrane especificaciones en plano	u	1

Las hojas de ruta de los elementos manufacturados se encuentran a partir de la tabla 21 a la 31.

*Tabla 21*  
*Sujetador del engrane*

Hoja de ruta:				12/06/2015	
Nombre del componente:		Sujetador del engrane		Número de parte:	AB-11
Ordinales	No. Operación	Descripción de la operación	Nombre de la maquina	Piezas/hora	Horas/pieza
1	5	cortar rectángulo 300*400	amoladora	2	0.4
2	10	doblar en las 3 secciones a 90°	dobladora de tol	20	0.05
3	15	taladrar broca:3/8"	taladro de pedestal	40	0.025

Tabla 22  
Brazo actuador

Hoja de ruta:				12/06/2015	
Nombre del componente:		Brazo actuador		Número de parte:	AB-10
Ordinales	No. Operación	Descripción de la operación	Nombre de la maquina	Piezas/hora	Horas/pieza
1	5	cortar 2 rectángulos 50*60mm	amoladora	2	0.4
2	10	doblar en las 2 secciones a 90°	dobladora de tol	20	0.05
3	15	soldar rectángulos	soldadora SMAW	100	0.01
4	20	tornear el eje a 18mm	torno	20	0.05
5	25	frezar cremallera en el eje d:12 m:2	freza	1	0.6
6	30	soldar rectángulos con el eje	soldadora SMAW	100	0.01
7	35	limar imperfecciones	lima gruesa	3	0.33333333
8	40	taladrar broca: 1"	taladro de pedestal	40	0.025

Tabla 23  
Engrane

Hoja de ruta:				12/06/2015	
Nombre del componente:		Engrane		Número de parte:	AB-09
Ordinales	No. Operación	Descripción de la operación	Nombre de la maquina	Piezas/hora	Horas/pieza
1	5	tornear el eje a 80mm	torno	20	0.05
2	10	frezar cremallera en el eje z:48 m:2	freza	1	0.6
3	15	taladrar broca: 1" 1/8	taladro de pedestal	40	0.025
4	20	mandrinar a 30mm	torno	20	0.05
5	25	cepillado 4mm	cepilladora	1	0.6
6	30	refrenar	torno	20	0.05
7	35	prensar ruliman	prensa hidráulica	100	0.01

Tabla 24  
Bocín

Hoja de ruta:					12/06/2015
Nombre del componente:		Bocín		Número de parte:	AB-08
Ordinales	No. Operación	Descripción de la operación	Nombre de la maquina	Piezas/hora	Horas/pieza
1	5	tornear el eje a 30mm	torno	20	0.05
2	10	mandrinar a 18mm	torno	20	0.05

Tabla 25  
Base de motor

Hoja de ruta:					12/06/2015
Nombre del componente:		Base de motor		Número de parte:	AB-07
Ordinales	No. Operación	Descripción de la operación	Nombre de la maquina	Piezas/hora	Horas/pieza
1	5	cortar rectángulo 200*300	amoladora	2	0.4
2	10	taladrar broca 3/8 y 1''1/8	taladro de pedestal	100	0.01
3	15	doblar en el punto	dobladora	20	0.05
4	20	soldar bocín	soldadora smaw	100	0.01

Tabla 26  
Alargador

Hoja de ruta:					12/06/2015
Nombre del componente:		Alargador		Número de parte:	AB-06
Ordinales	No. Operación	Descripción de la operación	Nombre de la maquina	Piezas/hora	Horas/pieza
1	5	cortar rectángulo 40*30	amoladora	25	0.04
2	10	tornear el eje a 30mm	torno	100	0.01
3	15	mandrinar a 18mm	torno	100	0.01
4	20	soldar plancha al tubo	soldadora smaw	50	0.02

Tabla 27  
Palanca

Hoja de ruta:					12/06/2015
Nombre del componente:		Palanca		Número de parte:	AB-05
Ordinales	No. Operación	Descripción de la operación	Nombre de la maquina	Piezas/hora	Horas/pieza
1	5	cortar rectángulo 50*300	amoladora	25	0.04
2	10	taladrar broca 3/8	taladrar	100	0.01

Tabla 28  
Base de palanca

Hoja de ruta:					12/06/2015
Nombre del componente:		Base de palanca		Número de parte:	AB-04
Ordinales	No. Operación	Descripción de la operación	Nombre de la maquina	Piezas/hora	Horas/pieza
1	5	cortar 3 rectángulo 50*40	amoladora	25	0.04
2	10	taladrar broca 3/8	taladrar	100	0.01
3	15	doblar en las marcas	dobladora	20	0.05
4	20	soldar rectángulos	soldadora smaw	40	0.025

Tabla 29  
Barón de la bomba

Hoja de ruta:					12/06/2015
Nombre del componente:		Barón de la bomba		Número de parte:	AB-03
Ordinales	No. Operación	Descripción de la operación	Nombre de la maquina	Piezas/hora	Horas/pieza
1	5	cortar 2 rectángulos 50*60mm	amoladora	2	0.4
2	10	doblar en las 2 secciones a 90°	dobladora de tol	20	0.05
3	15	soldar rectángulos	soldadora SMAW	100	0.01
4	20	tornear el eje a 18mm	torno	20	0.05
5	25	soldar rectángulos con el eje	soldadora SMAW	100	0.01
6	30	limar imperfecciones	lima gruesa	3	0.33333333
7	35	taladrar broca: 1"	taladro de pedestal	40	0.025

Tabla 30  
Base de la bomba de freno

<b>Hoja de ruta:</b>				<b>12/06/2015</b>	
<b>Nombre del componente:</b>		Base de la bomba de freno		Número de parte:	AB-02
<b>Ordinales</b>	No. Operación	Descripción de la operación	Nombre de la maquina	Piezas/hora	Horas/pieza
<b>1</b>	5	cortar rectángulo 200*300mm	amoladora	2	0.4
<b>2</b>	10	doblar en la sección a 90°	dobladora de tol	20	0.05
<b>3</b>	15	taladrar broca: 1/2"	taladro de pedestal	40	0.025

Tabla 31  
Chasis

<b>Hoja de ruta:</b>				<b>12/06/2015</b>	
<b>Nombre del componente:</b>		Chasis		Número de parte:	AB-01
<b>Ordinales</b>	No. Operación	Descripción de la operación	Nombre de la maquina	Piezas/hora	Horas/pieza
<b>1</b>	5	taladrar broca: 1/2"	taladro de pedestal	5	0.2
<b>2</b>	10	soldar	dobladora de tol	10	0.1

#### Elementos manufacturados:

Los siguientes elementos, que se encuentran a partir de la figura 32 a la 36, fueron realizados por una metalmecánica, la cual se comprometió en entregar las piezas en 3 semanas por un costo de 280 dólares. La empresa se demoró alrededor de 5 semanas en entregar las mismas, lo cual retraso la tesis. Las demás piezas se realizaron en la empresa DBR, esto ayudó a disminuir los costos de fabricación.

Para la frezada de las piezas se contrató a otra compañía, la cual se encargó desde ese momento en la parte de frezado y torneado de las piezas, debido que se necesitó tornear y frezar muchas piezas más y su costo era mucho menor que la primera empresa contratada.



*Figura 32 Soporte de la bomba de freno*



*Figura 34 Brazo de palanca*



*Figura 33 Alargadores*

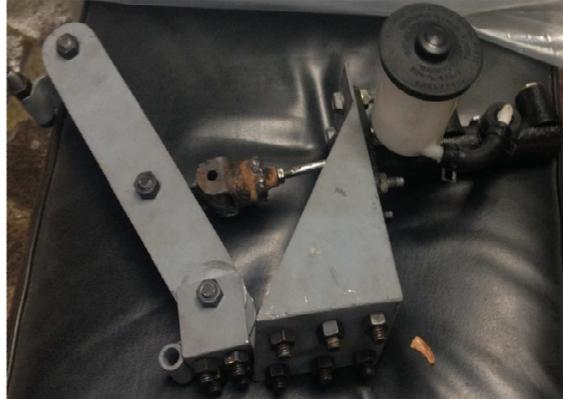


*Figura 35 Base de palanca*



*Figura 36 Cremallera sin frezar*

En la figura 37 se observa el conjunto ensamblado con la bomba y el barón:



*Figura 37 Ensamble de las piezas sin frezar*

#### 4.1.3 Ensamble del mecanismo

Ensamble de las piezas:

En la tabla 32, se encuentra los trabajos realizados para ensamblar el mecanismo.

*Tabla 32  
Ensamble*

<b>Trabajo</b>	<b>medidas</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Colocar grasero</b>	u	8
<b>Soldar pernos al chasis 16mm</b>	u	10
<b>Ensamblar piezas</b>	u	25

Para el ensamble del mecanismo se necesitó perforar el chasis y soldar los pernos al mismo. Este trabajo tomó un tiempo de 3 horas sobre el tiempo estimado, esto debido al material que constituye el chasis, el cual es un acero reforzado de alguna aleación que lo endurece.

En la figura 38, se puede apreciar el ensamble en el vehículo (incluido motor, engrane, cremallera).



*Figura 38 Ensamble parcial en el vehiculo*

#### 4.1.4 Protocolo de la primera prueba del sistema de activación de la bomba

##### *4.1.4.1 Objetivos*

- Comprobar el correcto funcionamiento del mecanismo.
- Medir la presión resultante a la salida de la bomba de freno.

##### *4.1.4.2 Alcance*

En la primera prueba se desea comprobar que el motor seleccionado de la bodega funcione correctamente y genere la suficiente fuerza para frenar las ruedas del vehículo, para ello la presión a la salida de la bomba debe superar los 5 bares.

Se utilizara dos manómetros de 600 psi para la lectura de la presión a la salida de la bomba y se accionara el motor directamente a través de una batería de 12V.

#### 4.1.4.3 Recursos necesarios y requisitos previos

##### 4.1.4.3.1 Materiales:

- Aceite de freno.
- Batería de 12V.

##### 4.1.4.3.2 Humanos:

Se necesita de dos personas como mínimo para la realización de la prueba.

- Uno que revise los manómetros
- Otro que sostenga la batería y los cables sobre los bornes

##### 4.1.4.3.3 Herramientas, equipos e instrumentos:

Se necesita de llaves hexagonal número: 10, 11, 12, 14, 16, 19 y de dos manómetros.

##### 4.1.4.3.4 Requisitos previos:

- La batería deberá estar en buen estado y con carga.
- Sistema de activación de bomba montado y ensamblado sobre el chasis del vehículo.

#### 4.1.4.4 Procedimiento de elaboración de la prueba parcial n°1

1. Conectar los dos cables al motor eléctrico y conectar las tuberías de freno a la bomba de freno con las llaves hexagonales para poder activar la bomba de freno.

2. Conectar un manómetro de presión en cada extremo de la tubería para poder medir la presión.
3. Conectar los dos otros extremos de los cables a la batería de 12V para comprobar que el mecanismo funcione y no posea interferencia.
4. Intercambiar la polaridad de los cables para obtener el movimiento contrario.
5. Desconectar los cables de la batería para evitar sobrecalentar el motor.
6. Colocar líquido de freno en el tanque de la bomba de freno.
7. Realizar la conexión de los cables a 12V hasta llegar a máximo del mecanismo.
8. Verificar la presión en el manómetro.
9. Intercambiar la polaridad de los cables hasta desactivar la bomba de freno.
10. Comprobar que la presión en el manómetro haya descendido a 0 bar.
11. Desconectar el manómetro, las tuberías y los cables.

#### 4.1.4.5 Hoja de resultados

En la tabla 33, se encuentran los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al primer ensamble del mecanismo.

*Tabla 33*  
*Resultados de la pruebas n°1*

Número de intentos	Presión de las ruedas delanteras	Presión de las ruedas traseras	Observaciones:
1	10	9	Cumple
2	9	9	Cumple
3	10	9	Cumple
4	10	9	Cumple
5	10	9	Cumple
6	9	9	Cumple
7	9	8	Cumple
8	8	8	Cumple
9	8	7	Cumple
10	10	9	Cumple
<b>Promedio</b>	9.3	8.6	Cumple

En las figuras 39 y 40, se observan respectivamente los manómetros durante la prueba número 9 y al finalizar la prueba número 10



*Figura 39 Prueba número 9*



*Figura 40 Final de las pruebas*

## 4.2 Construcción, ensamble y pruebas preliminares del sistema de accionamiento de frenado conectado al cuerpo de válvulas del ABS

### 4.2.1 Diagrama de operaciones

En la figura 41, se observa el diagrama de operaciones de la segunda etapa de construcción y ensamble.

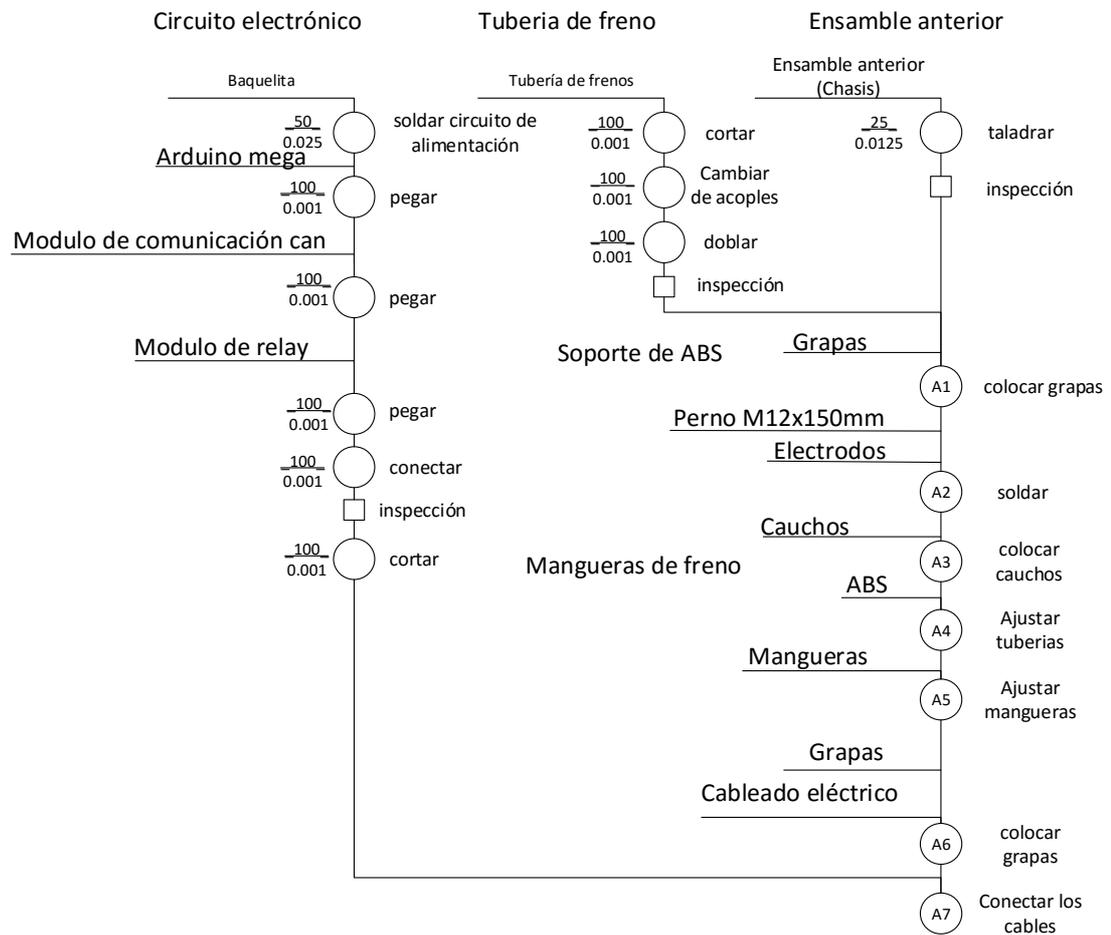


Figura 41 Diagrama de operaciones del ensamblaje del cuerpo de válvulas del ABS y construcción del circuito electrónico.

#### 4.2.2 Compra de materiales

El requerimiento de materiales para la compra se encuentra en la tabla 34.

*Tabla 34*  
*Lista de materiales para la compra*

<b>Descripción de los materiales</b>	<b>medidas</b>	<b>cantidad</b>
<b>Arduino Mega</b>	u	2
<b>Módulo de comunicación CAN estándar V1.0</b>	u	1
<b>Cable Ethernet blindado</b>	u	10
<b>Cable unifilar n°14</b>	m	20
<b>Pantalla táctil 4.3in</b>	u	1
<b>Neplos 10mm</b>	u	10
<b>Mangueras de 10mm</b>	m	5
<b>Mordazas posteriores de Mercedes modelo 108</b>	u	2
<b>Pastillas de freno para las mordazas</b>	u	1

El requerimiento de materiales en stock se encuentra en la tabla 35.

*Tabla 35*  
*Lista de materiales para bodega*

<b>Descripción de los materiales</b>	<b>medidas</b>	<b>cantidad</b>
<b>Cuerpo de válvulas del ABS Chevrolet SZ 4wd</b>	U	1
<b>Tubería de frenos 10mm</b>	M	15
<b>Cilindro de freno de tambor de Fiat Uno</b>	U	2
<b>Pernos cabeza hexagonal de 8mm</b>	U	16
<b>Cauchos de soporte de escape</b>	U	2
<b>Platina de soporte para los cilindros</b>	U	2

La lista de elementos manufacturados se encuentra en la tabla 36.

*Tabla 36*  
*Elementos manufacturados*

<b>Elementos</b>	<b>medidas</b>	<b>cantidad</b>
<b>Tubería de freno</b>	M	15
<b>Circuito electrónico</b>	U	1

Las hojas de ruta de los elementos manufacturados se encuentran a partir de la tabla 37 a la 38.

Tabla 37  
Circuito electrónico

Hoja de ruta:				12/06/2015	
Nombre del componente:		Circuito electrónico		Número de parte:	SA-01
Ordinales	No. Operación	Descripción de la operación	Nombre de la maquina	Piezas/hora	Horas/pieza
1	5	soldar circuito de alimentación	cautín	3	0.3
2	10	pegar módulo de comunicación	cinta doble fas	1000	0.001
3	15	pegar módulo de relay	cinta doble fas	1000	0.001
4	20	pegar arduino mega	cinta doble fas	1000	0.001
5	25	conectar los cables	N/A	2	0.5
6	30	cortar baquelita	drimel	4	0.25

Tabla 38  
Tubería de freno

Hoja de ruta:				12/06/2015	
Nombre del componente:		Tubería de freno		Número de parte:	SA-02
Ordinales	No. Operación	Descripción de la operación	Nombre de la maquina	Piezas/hora	Horas/pieza
1	5	cortar tubería en la longitud especifica	cierra	100	0.01
2	10	cambiar acoples	N/A	10	0.1
3	15	doblar tubería	dobladora de tubo de freno	5	0.2

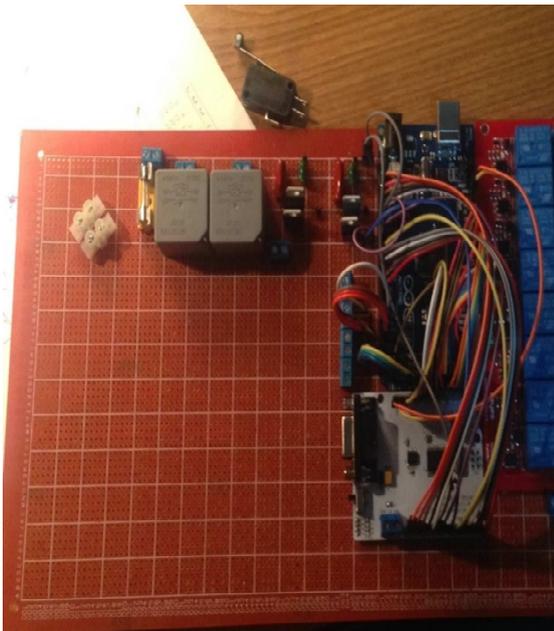
#### 4.2.3 Ensamble del mecanismo con el cuerpo de válvulas del ABS y del Circuito Electrónico

El ensamble de las piezas se encuentra en la tabla 39.

*Tabla 39*  
*Ensamble de tubería y circuito electrónico*

<b>Trabajo</b>	<b>medidas</b>	<b>cantidad</b>
<b>Soldar pernos de 10mm al chasis</b>	u	2
<b>Cablear y conectar</b>	u	45
<b>Colocar base para el fin de carrera</b>	u	1
<b>Colocar tubería de frenos por todo el vehículo con soportes seguir la tubería original</b>	u	10

Circuito electrónico:



*Figura 42 Circuito electrónico con todos los módulos pegados*



*Figura 43 Cuerpo de válvulas del ABS conectado*

En la figura 42, se muestra el ensamble del circuito electrónico con todos sus componentes colocados y pegados, mientras que en la figura 43 se muestra el correcto ensamble del módulo de ABS.

Se debe tener especial cuidado conectando las mangueras y tuberías de freno al ABS, debido que si no se encuentran cuadradas correctamente, el acople puede ingresar en una posición incorrecta dañando la rosca del ABS.

#### 4.2.4 Protocolo de pruebas preliminares del sistema de accionamiento de frenado conectado al cuerpo de válvulas del ABS

##### 4.2.4.1 *Objetivos*

- Poder controlar la presión de la tubería para cada rueda.
- Probar la comunicación entre el arduino y el cuerpo de válvulas del ABS.

##### 4.2.4.2 *Alcance*

En la segunda prueba parcial se desea comprobar la comunicación entre el controlador arduino y el cuerpo de válvulas, logrando controlar la presión en las tuberías de freno.

Se utilizarán cuatro manómetros para la lectura de la presión de cada una de las tuberías que van a cada una de las ruedas y el sistema se accionará por medio del sistema eléctrico del vehículo, con el vehículo encendido para evitar que se descargue la batería del mismo.

##### 4.2.4.3 *Recursos necesarios y requisitos previos*

###### 4.2.4.3.1 *Materiales:*

- Líquido de frenos
- Computadora

#### 4.2.4.3.2 *Humanos:*

Mínimo se necesitan tres personas para realizar la prueba una en la cabina con la computadora y las otras dos personas observan los manómetros.

- Una persona se debe encargar de verificar los manómetros delanteros.
- Otra persona debe encargarse de verificar los manómetros traseros.
- Una última persona se debe encargar de activar el sistema desde la computadora a través del módulo de arduino.

#### 4.2.4.3.3 *Herramientas, equipos e instrumentos:*

Se necesita de llaves número: 10, 11, 12, 14, 16, 19 y de cuatro manómetros.

#### 4.2.4.3.4 *Requisitos previos:*

- Haber instalado el cuerpo de válvulas del ABS y conectado las cañerías a él.
- Tener instalado las cañerías en el vehículo.
- Haber cableado desde la batería hasta el sitio donde ira el circuito electrónico.
- Haber colocado el fin de carrera en la palanca de cambios de la doble transmisión para la activación del sistema en 4x4L.
- Haber cableado desde el switch hasta el circuito electrónico para activar el sistema solo cuando el carro se encuentra encendido.
- Haber conectado correctamente el circuito electrónico.
- Descargar una programación base para controlar el sistema presente a través de la computadora.
- Encender el vehículo y colocarlo en posición de 4x4L.

#### *4.2.4.4 Procedimiento de elaboración de la prueba parcial n°2*

1. Conectar las cuatro tuberías de salida del ABS a los 4 manómetros.
2. Llenar el tanque de la bomba con líquido de frenos.
3. Conectar el arduino al módulo de ABS.
4. Mandar accionar el motor de freno con una sola rueda sin frenar.
5. Quitar la presión del sistema.
6. Mandar presión en el sistema con otra rueda sin frenar (diferente a la anterior rueda).
7. Quitar la presión del sistema.
8. Mandar presión en el sistema con otra rueda sin frenar (diferente a las dos anteriores).
9. Quitar la presión del sistema.
10. Mandar presión en el sistema con la rueda que ha pasado frenado.
11. Quitar la presión del sistema, comprobar que la presión en el manómetro haya descendido a 0 bar.
12. Desconectar el manómetro, las tuberías y los cables del arduino y batería.

#### *4.2.4.5 Hoja de resultados*

La tabla 40, presenta los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en la segunda parte del montaje del sistema.

Tabla 40  
Resultados pruebas n°2

Número de intentos	Presión de la rueda del. izq.	Presión de la rueda del. der.	Presión de la rueda tras. izq.	Presión de la rueda tras. der.	Observaciones:
1	6	6	4	6	Optimo
2	6	6	6	4	Optimo
3	6	4	6	6	Optimo
4	4	6	6	6	Optimo
5	6	6	6	4	Optimo
6	6	6	4	6	Optimo
7	6	4	6	6	Optimo
8	4	6	6	6	Optimo

Nota: la presión de 4 alcanzada a la prueba significó que la rueda se encuentra “libre”.

El resultado muestra un control independiente a cada una de las ruedas.

### 4.3 Ensamble y prueba del desempeño del vehículo

#### 4.3.1 Diagrama de operación

En la figura 44, se encuentra el diagrama de operación de la etapa final del sistema.

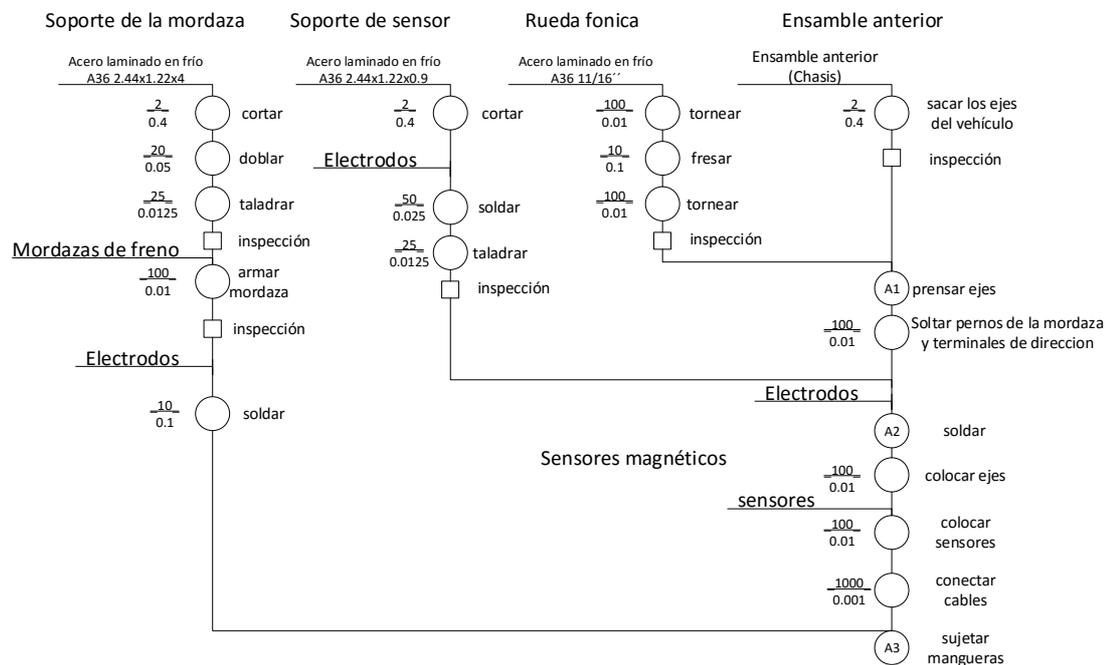


Figura 44 Diagrama de operación de la construcción y ensamble de las mordazas de freno y de los sistemas de detección de la velocidad de cada rueda.

#### 4.3.2 Ensamble de la pantalla táctil, el arduino de control manual, protector del sistema, disipador de calor y binchas de sujeción

El requerimiento de materiales para la compra se encuentra en la tabla 41.

Tabla 41  
Lista de materiales para la compra

Descripción de los materiales	medidas	cantidad
Malla para evitar interferencias 1.2x0.6	m	2
Cable de micrófono blindado	m	17
Fin de carrera	u	1

El requerimiento de materiales en stock se encuentra en la tabla 42.

*Tabla 42*  
*Lista de materiales para la bodega*

<b>Descripción de los materiales</b>	<b>medidas</b>	<b>cantidad</b>
<b>Sicaflex</b>	u	3
<b>Disipador de calor del tubo de escape</b>	u	1
<b>Binchas</b>	u	17
<b>Sensores de velocidad tipo hall</b>	u	4

Los elementos manufacturados se encuentran en la tabla 43.

*Tabla 43*  
*Elementos manufacturados*

<b>Elementos</b>	<b>medidas</b>	<b>cantidad</b>
<b>Soporte de la mordaza especificaciones en plano</b>	u	2
<b>Soporte del sensor de la rueda fónica especificaciones en plano</b>	u	4
<b>Rueda fónica especificaciones en el plano</b>	u	4

Las hojas de ruta de los elementos manufacturados se encuentran a partir de la tabla 44 a la 46.

Tabla 44  
Rueda fónica

<b>Hoja de ruta:</b>				<b>12/06/2015</b>	
<b>Nombre del componente:</b>		Rueda fónica		Número de parte:	EF-01
<b>Ordinales</b>	No. Operación	Descripción de la operación	Nombre de la maquina	Piezas/hora	Horas/pieza
<b>1</b>	5	tornear a 150mm	torno	100	0.01
<b>2</b>	10	fresar 48 dientes M=2	fresa	1	0.8
<b>3</b>	15	mandrinar 176mm	torno	100	0.01
<b>4</b>	20	cortar en 4 engranes	torno	100	0.01

Tabla 45  
Soporte de sensor

<b>Hoja de ruta:</b>				<b>12/06/2015</b>	
<b>Nombre del componente:</b>		Soporte de sensor		Número de parte:	EF-02
<b>Ordinales</b>	No. Operación	Descripción de la operación	Nombre de la maquina	Piezas/hora	Horas/pieza
<b>1</b>	5	cortar 4 rectángulos de 50*10	amoladora	20	0.05
<b>2</b>	10	soldar piezas	soldadora SMAW	100	0.01
<b>3</b>	15	taladrar broca 3/8	taladro de pedestal	40	0.025

Tabla 46  
Soporte de la mordaza

<b>Hoja de ruta:</b>				<b>12/06/2015</b>	
<b>Nombre del componente:</b>		Soporte de la mordaza		Número de parte:	EF-03
<b>Ordinales</b>	No. Operación	Descripción de la operación	Nombre de la maquina	Piezas/hora	Horas/pieza
<b>1</b>	5	cortar pieza según la forma del plano	amoladora	4	0.25
<b>2</b>	10	doblar según la forma del plano	dobladora	4	0.25
<b>3</b>	15	taladrar m17	taladro	5	0.2
<b>4</b>	20	soldar refuerzo	soldadora SMAW	10	0.1

El ensamble de las piezas se encuentra en la tabla 47.

*Tabla 47*  
*Ensamble*

<b>Trabajo</b>	<b>medidas</b>	<b>cantidad</b>
<b>Colocar la moldura, los dos arduinos y la pantalla con sus respectivas sujeciones y protecciones</b>	u	1
<b>Colocar el cableado N°14 y el cableado blindado siguiendo el cableado del vehículo</b>	u	1
<b>Colocar el disipador de calor y el protector del sistema</b>	u	4
<b>Colocar los sensores de velocidad y el fin de carrera</b>	u	4
<b>Colocar el cable del arranque al circuito</b>	u	1
<b>Engrasar piezas</b>	u	25
<b>Embreado</b>	u	1
<b>Programar</b>	u	3



*Figura 45 Cilindro del sistema de control de tracción*

En la figura 45, se muestra el ensamble del cilindro dentro del tambor de la rueda trasera derecha del vehículo.

### 4.3.3 Protocolo de prueba general del desempeño del vehículo

#### 4.3.3.1 *Objetivos*

- Comprobar el correcto funcionamiento de todo el sistema.
- Exponer a los dueños el funcionamiento del sistema y el manejo del mismo a través de la interfaz HMI.

#### 4.3.3.2 *Alcance*

En la prueba final se desea demostrar el completo funcionamiento del sistema

#### 4.3.3.3 *Recursos necesarios y requisitos previos*

##### 4.3.3.3.1 *Materiales:*

- Líquido de freno

##### 4.3.3.3.2 *Humanos:*

- Una persona

##### 4.3.3.3.3 *Herramientas, equipos e instrumentos:*

- Elevador de carro o trípodes para embancar el vehículo

#### 4.3.3.3.4 *Requisitos previos:*

- Haber ensamblado todo el sistema.
- Haber puesto liquido de freno en el sistema
- Haber sangrado el sistema
- Haber instalado el sistema electrónico
- Haber programado el sistema electrónico
- Haber suspendido en el aire al vehículo

#### 4.3.3.4 *Elaboración de la prueba en la empresa.*

1. Colocar el vehículo encendido y en modo 4x4L.
2. Poner en primera marcha al vehículo.
3. Poner en modo manual.
4. Seleccionar las dos izquierdas ruedas.
5. Evaluar el desempeño.
6. Poner en modo automático el sistema.
7. Poner en modo manual.
8. Seleccionar las dos derechas ruedas.
9. Evaluar el desempeño.
10. Poner en modo automático el sistema.
11. Poner en modo manual.
12. Seleccionar la rueda delantera izquierda y la rueda posterior derecha.
13. Evaluar el desempeño.
14. Poner en modo automático el sistema.
15. Poner en modo manual.
16. Seleccionar la rueda delantera derecha y la rueda posterior izquierda.
17. Evaluar el desempeño.
18. Poner en modo automático el sistema.

#### 4.3.3.5 Hoja de resultados:

En la tabla 48, se muestra la cuantificación para su posterior calificación, en la tabla 49, por parte los propietarios de la empresa auspicante de la prueba de funcionamiento del mecanismo realizada en la empresa.

Tabla 48  
Cuantificación

Cuantificación	Puntuación
Nada satisfactorio	1
Poco satisfactorio	2
Satisfactorio	3
Muy satisfactorio	4
Totalmente satisfactorio	5

Tabla 49  
Resultados en la empresa

Descripción	Valoración				
Tiempo de respuesta	1	2	3	4	5
Funcionamiento del sistema	1	2	3	4	5
Facilidad de uso	1	2	3	4	5
Apariencia del sistema	1	2	3	4	5
Repetitividad	1	2	3	4	5
<b>TOTALES</b>		2		8	10
<b>TOTAL</b>		20/25=8/10			

#### 4.3.3.6 Elaboración de la prueba en campo.

1. Colocar el vehículo encendido y en modo 4x4H.
2. Poner en primera marcha al vehículo.
3. Recorrer el camino establecido.
4. Evaluar el desempeño.
5. Colocar el vehículo encendido y en modo 4x4L.
6. Poner en primera marcha al vehículo.

7. Recorrer el camino establecido.
8. Evaluar el desempeño.

#### 4.3.3.7 Hoja de resultados:

En la tabla 50, se muestra la cuantificación para su posterior calificación, en la tabla 51, de la prueba de desempeño del vehículo en un trayecto “off-road”.

Tabla 50  
Cuantificación de desempeño

Cuantificación	Puntuación
No logro atravesar	1
Logro atravesar con mucha dificultad	2
Logro atravesar con dificultad	3
Logro atravesar con poca dificultad	4
Logro atravesar sin dificultad	5

Tabla 51  
Resultados de desempeño en campo

Descripción	Valoración				
Desempeño del vehículo sin funcionar el sistema (Ds)	1	2	3	4	5
Desempeño del vehículo funcionando el sistema (Dc)	1	2	3	4	5
<b>TOTAL (Dc-Ds+1)</b>	4/5=8/10				

En la tabla 52, se muestra la cuantificación para su posterior calificación, en la tabla 53, de los resultados obtenidos del vehículo en un trayecto “off-road”.

Tabla 52  
Cuantificación de la satisfacción en campo

Cuantificación	Puntuación
Nada satisfactorio	1
Poco satisfactorio	2
Satisfactorio	3
Muy satisfactorio	4
Totalmente satisfactorio	5

Tabla 53  
Resultados de campo

Descripción	Valoración				
	1	2	3	4	5
Desempeño del vehículo	1	2	3	4	5
Eficiencia	1	2	3	4	5
Facilidad de uso en campo	1	2	3	4	5
<b>TOTALES</b>		2		4	5
<b>TOTAL</b>	11/15=7.34/10				

#### 4.3.3.8 Calificación del sistema:

En la tabla 54, se presenta los totales obtenidos en las dos pruebas finales y una calificación del sistema de control de tracción.

Tabla 54  
Resultados totales

Descripción	Valoración	Calificación
Resultado en campo	60%	7.34/10
Resultados en la empresa	40%	8/10
<b>TOTAL</b>	7.61/10=76%	

## CAPÍTULO 5 ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

### 5.1 FUENTES Y USOS

En este capítulo se presentarán todos los costos implicados en la elaboración del proyecto.

Para la aprobación del presente proyecto, se presentó una proforma a la empresa DBR, por un monto de 4030 dólares para la compra de materiales, el cual no se lo pudo cumplir, debido al alza de los precios de los materiales el año pasado.

El costo del proyecto se encareció un 30% en la compra de materiales, en el área de manufactura fue de un 15%. Este aumento de precio fue aceptado por la empresa, ya que fue motivada por el alza en los impuestos de importación, lo que causó un incremento en los precios de todos los productos que se requerían.

#### 5.1.1 Fuentes de los fondos

En la tabla 55, se presentan las fuentes de donde proviene el dinero.

*Tabla 55*  
*Liquidación de gastos de la empresa*

<b>FUENTE DE CAPITAL PARA EL PROYECTO DE GRADO</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MONTO</b>	<b>ESPE</b>	<b>ESTUDIANTE</b>	<b>EMPRESA</b>
<b>MANO DE OBRA</b>	834.418	0	196.85	637.568
<b>MATERIALES</b>	3926.03	0	0	3926.03
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	1075.3	1040	0	35.3
<b>TOTAL</b>	5835.748	1040	196.85	4598.898

## 5.1.2 Estructura del costo

### 5.1.2.1 Costo de los materiales directos

A continuación se presenta en la tabla 56 referente a los materiales utilizados para la elaboración del proyecto con los costos ajustados.

Tabla 56  
Compras

<b>Lista de materiales</b>				
<b>Material</b>	<b>unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>precio unitario</b>	<b>precio final</b>
<b>Acople de tanque</b>	u	1	20	20
<b>Acoples manómetro de Cobre</b>	u	16	2	32
<b>Alargadores</b>	u	3	28	84
<b>Arduino</b>	u	2	35	70
<b>Barón del motor dc</b>	u	2	28	56
<b>Bocines</b>	u	2	20	40
<b>Bomba 15/16 Toyota*</b>	u	1	50	50
<b>Cable eléctrico n 12</b>	m	12	0.78	9.36
<b>Cable eléctrico n 14</b>	m	20	0.64	12.8
<b>Cable electrono n 18 blindado</b>	m	12	0.86	10.32
<b>Cable Ethernet categoría 5</b>	m	10	2	20
<b>Cauchos de soporte de escape*</b>	u	2	0.75	1.5
<b>Cilindro de freno de tambor de Fiat Uno*</b>	u	2	25	50
<b>Cremallera</b>	u	16	2	32
<b>Cuerpo de válvulas del ABS Chevrolet SZ*</b>	u	1	1500	1500
CONTINUACIÓN				

<b>Disipador de aluminio para el calor del tubo de escape*</b>	u	3	30	90
<b>Engrane 36 dientes diámetro de 80 mm</b>	u	36	2	112
<b>Expansores de mordaza</b>	u	2	40	80
<b>Graseros*</b>	u	6	20	120
<b>Guías de la mordaza</b>	u	2	20	40
<b>Malla aislante de ruido</b>	u	2	2.5	5
<b>Mangueras de freno 100 Psi</b>	m	5	20	100
<b>Manómetros de 500 Psi</b>	u	4	20.5	82
<b>Módulo de comunicación CAN</b>	u	1	35	35
<b>Moldura para soporte de la pantalla táctil</b>	u	1	50	50
<b>Mordazas posteriores de Mercedes modelo 108</b>	u	2	50	100
<b>Motor eléctrico eleva vidrios*</b>	u	1	50	50
<b>Neplos para tubería de freno de rosca de 10mm</b>	u	14	2.5	35
<b>Palanca</b>	u	2	28	56
<b>Pantalla táctil</b>	u	1	15	15
<b>Paquete de pastillas de freno para las mordazas</b>	u	1	15	15
<b>Pernos cabeza hexagonal 10mm con tuerca*</b>	u	16	0.5	8
<b>Pernos cabeza hexagonal 14mm con tuerca *</b>	u	14	0.5	7
<b>Plancha protectora para el sistema de 800x400x6mm*</b>	u	1	10	10
<b>Platina de aluminio de 300x400x2mm*</b>	u	2	7.5	15
<b>Rueda fónica de 80mm</b>	u	4	106	424
<b>Sensores de velocidad tipo hall*</b>	u	4	50	200
<b>Soldadura en frío: Sicaflex *</b>	u	3	15	45
<b>Soporte de la bomba</b>	u	1	56	56
<b>Soporte de la palanca</b>	u	1	28	28
<b>CONTINUACIÓN</b>				

<b>Soportes anti vibratorios para arduinos*</b>	u	4	2.5	10
<b>tope de fin de carrera</b>	u	1	0.5	0.5
<b>Tubería de freno de 8mm en acero galvanizado*</b>	m	15.2	9	136.8
<b>Vinchas*</b>	u	17	0.75	12.75
<b>Total de materiales</b>				<b>3926.03</b>

### 5.1.2.2 Costo de la mano de obra directa

En la tabla 57, se presentan los costos de la mano de obra directa.

Tabla 57

Costos de manufactura y ensamble

<b>Mano de obra</b>			
<b>Descripción del trabajo</b>	<b>t</b>	<b>S.h.i.</b>	<b>precio final</b>
<b>Cablear y conectar</b>	0.4	6.86	2.744
<b>Colocar base para el fin de carrera</b>	0.1	4.3	0.43
<b>Colocar cilindros dentro del tambor</b>	2	30	60
<b>Colocar el cable del arranque al circuito</b>	1	6.86	6.86
<b>Colocar el cableado N°14 y el cableado blindado siguiendo el cableado del vehículo</b>	1	6.86	6.86
<b>Colocar el dissipador de calor y el protector del sistema</b>	6	4.3	25.8
<b>Colocar la moldura, los dos arduinos y la pantalla con sus respectivas sujeciones y protecciones</b>	3	30	90
<b>Colocar los sensores de velocidad y el fin de carrera</b>	5	30	150
<b>Colocar grasero</b>	1	6.86	6.86
<b>Colocar tubería de frenos por todo el vehículo con soportes</b>	4	4.3	17.2
<b>Corte del soporte base del motor</b>	6	4.3	25.8
<b>Embreado de las piezas protectoras</b>	3	4.3	12.9
<b>Engrasar piezas</b>	0.2	6.86	1.372
<b>Ensamblar piezas</b>	0.1	6.86	0.686
<b>Manufacturar base de mordazas de freno</b>	8	30	240
<b>Manufacturar soporte de circuito electrónico</b>	1	4.3	4.3
<b>Manufacturar soporte de motor</b>	6	4.3	25.8
<b>Programar el arduino</b>	20	6.86	137.2
<b>Soldar 10 pernos al chasis</b>	1	4.3	4.3
<b>Soldar 2 pernos al chasis</b>	0.1	4.3	0.43

CONTINUACIÓN



<b>Taladrar 4 orificios en el soporte</b>	0.1	6.86	0.686
<b>Taladrar en el chasis 10 orificios</b>	2	4.3	8.6
<b>Taladrar en el chasis 2 orificios</b>	0.3	4.3	1.29
<b>Taladrar y soldar 4 orificios en el chasis</b>	1	4.3	4.3
<b>Total M.O.D</b>			834.418

### 5.1.2.3 Costos indirectos de fabricación

En la tabla 58 se presentan los costos indirectos de fabricación.

Tabla 58  
Costos indirectos de fabricación

<b>Costos indirectos de fabricación</b>				
<b>Descripción de los materiales</b>	<b>unidades</b>	<b>cantidad</b>	<b>precio unitario</b>	<b>precio final</b>
<b>Broca Hexagonal de 3/8'</b>	u	2	0.65	1.3
<b>Waípe</b>	u	5	0.1	0.5
<b>Lijas</b>	u	10	0.3	3
<b>Electrodos</b>	kg	1	3.6	3.6
<b>Brea</b>	L	1	7	7
<b>Depreciación de las maquinas</b>		<b>Horas de uso</b>	<b>precio por hora</b>	<b>precio final</b>
<b>Soldadora</b>		3	2.5	7.5
<b>Esmeril</b>		1	1.15	1.15
<b>Amoladora</b>		5	2.25	11.25
<b>Tutoría</b>		<b>Horas</b>	<b>precio por hora</b>	<b>precio final</b>
<b>Correcciones del proyecto de grado</b>		52	20	1040
<b>Total de costos indirectos</b>				<b>1075.3</b>

### 5.1.2.4 Costo total de fabricación

En la tabla 59 se presentan los costos totales.

Tabla 59  
Costo total

<b>Costo total</b>	
<b>costo de materiales</b>	3926.03
<b>costo de mano de obra</b>	834.42
<b>costos indirectos</b>	1075.3
<b>TOTAL</b>	<b>5835.75</b>

El costo final del Proyecto tiene un costo total de 5838.75 dólares.

## 5.2 Justificación de gastos

Todas las facturas fueron realizadas a nombre de la empresa y presentadas para su respectiva contabilidad, lo cual se demuestra en los anexos, una carta de la empresa que presenta la liquidación total de los gastos, donde no existió problema con el dinero expendido para la elaboración de la presente tesis, por lo cual se mantuvo un orden en la contabilidad de la organización, igualmente se indica en la misma la total satisfacción con el producto obtenido.

## 5.3 Análisis Financiero

### 5.3.1 T.M.A.R. del negocio

Se obtendrá la tasa mínima aceptable de retorno para la empresa para saber cuál es el costo de oportunidad. Este nos permitirá obtener el punto de equilibrio para que el proyecto sea rentable.

Los datos de inflación, riesgo país, la tasa activa y la tasa pasiva, tabla 61, fueron obtenidos de la página web del Banco Central del Ecuador.

Los datos de inflación, riesgo y la tasa pasiva utilizados en la tabla 60 fueron obtenidos del Banco Produbanco.

*Tabla 60*  
*Cálculo del capital propio*

<b>Inflación</b>	<b>3.67%</b>
<b>Riesgo</b>	5.69%
<b>tasa pasiva</b>	5.32%
<b>Total</b>	14.68%

*Tabla 61*  
*Tasas de interés del Ecuador*

<b>tasa activa</b>	<b>18 al 24</b>
<b>tasa pasiva</b>	4 al 6
<b>Inflación</b>	5,16
<b>riesgo país</b>	5% a 10%

*Tabla 62*  
*Tasa mínima aceptable de rentabilidad*

	<b>financiamiento</b>	<b>TMAR de C/U</b>	<b>ponderación</b>
<b>capital propio</b>	21%	14.68%	3.07205%
<b>crédito</b>	79%	15.00%	11.86098%
<b>total</b>	100%	30%	14.93%

Por medio de los anteriores cuadros, se calculó la tasa mínima aceptable de retorno, tabla 62, para la empresa auspiciante, la cual resultó del 14.93%, lo cual establece que el proyecto debe generar una rentabilidad mayor que el resultado obtenido.

### 5.3.2 Teórico Punto de equilibrio

En la tabla 63, se muestra los valores obtenidos en el análisis de costos y con ellos se calcula el punto de equilibrio en caso que los productos se vendan en 5800 dólares.

Tabla 63  
Cálculo del punto de equilibrio

<b>COSTO FIJO TOTAL</b>	<b>9600.00</b>
<b>PRECIO</b>	5800
<b>COSTO VARIABLE UNITARIO</b>	4778.57
<b>CANTIDAD PARA EQUILIBRIO</b>	9.39856985
<b>INGRESO TOTAL</b>	54511.7051

$$Q = \frac{\text{CostoFijo}}{\text{Precio} - \text{CostoVariable}} = \frac{9600}{5800 - 4778.57} = 9.39u \quad (51)$$

$$Q \approx 10u$$

El punto de equilibrio para que el proyecto resulte rentable debe ser de 10 productos vendidos en un año, en caso contrario el proyecto generaría pérdida para la empresa.

## CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- Se logró diseñar, mediante SolidWorks, un sistema de control de tracción que ocupa 18000 cc, el cual es compatible con el vehículo Toyota Crown, año 1970, que se encuentra modificado.
- Se calculó las máximas variaciones de velocidad entre las ruedas, permitiendo generar con ellas las reglas del control difuso, que a su vez permitió crear e implementar el programa de arduino.
- Se construyó los elementos del sistema de control total, respetando las tolerancias de los planos, permitiendo un ensamble correcto y sin problemas.
- Se seleccionó los sensores Inductivos que vienen en los vehículos Toyota Prado, éstos nos entregan una señal de acuerdo al movimiento de la rueda fónica colocada en los ejes de las ruedas.
- Se implementó correctamente los programas en sus respectivos controladores, permitiéndonos controlar mediante la pantalla táctil el sistema de control de tracción total, igualmente se logró diseñar una fácil interfaz humano-maquina.
- Mediante los protocolos de prueba se evaluó la fiabilidad del sistema y se verificó que no existan problemas durante y posterior al uso del sistema.
- Se observaron los resultados prácticos obtenidos por los sensores y se validó respecto a los cálculos teóricos obteniendo un resultado satisfactorio.

## 6.2 Recomendaciones

- En el montaje de este sistema, en otro próximo vehículo, se recomienda el uso de cuatro bombas independientes, siempre que exista el espacio disponible, debido a la dificultad que se tiene en la programación del arduino, para lograr que el ABS funcione como una electroválvula.
- Se recomienda buscar una empresa de torno y fresa con cierto carácter de cumplimiento y responsabilidad, debido que las compañías que se utilizaron en el proyecto no cumplieron con los requisitos al momento de la entrega de las piezas.
- Se recomienda a la empresa DBR un estudio individualizado por cada vehículo 4x4 que se desee instalar el producto, esto se debe a que el estudio actual representa solo un caso particular y para generalizarlo se requiere un estudio más exhaustivo.

## Bibliografía

- Arduino. (10 de 9 de 2010). *Arduino*. Obtenido de Arduino:  
<http://www.arduino.cc/es/pmwiki.php?n=>
- Boss, t. B. (25 de 10 de 2010). *blogger*. Obtenido de blogger:  
[http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din\\_rotacion/rozamiento/disco2.gif](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din_rotacion/rozamiento/disco2.gif)
- CONSTRUMATICA. (2014). *construpedia:CONSTRUMATICA*. Obtenido de  
 CONSTRUMATICA: <http://www.construmatica.com/construpedia/>
- Fuxion. (03 de 01 de 2015). *Mercadolibre*. Obtenido de  
[http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-578556704-caliper-mordaza-freno-sprinter-cdi-308311313-mercedes-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-578556704-caliper-mordaza-freno-sprinter-cdi-308311313-mercedes-_JM)
- InformaticaModerna.com. (2015). *LA PANTALLA TFT*. Obtenido de LA PANTALLA TFT:  
[http://www.informaticamoderna.com/Pantalla\\_TFT.htm](http://www.informaticamoderna.com/Pantalla_TFT.htm)
- Joseph E. Shigley, R. G. (2012). Load and Stress Analysis. En R. G. Joseph E. Shigley, *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley* (págs. 67-141). Mexico: MCGRAW-HILL.
- meganeboy, D. (2014). *Aficionados a la Mecánica*. Obtenido de  
<http://www.aficionadosalamecanica.net/images-direcc/angulo-viraje.jpg>
- Meganeboy, D. (2014). *Diferenciales autoblocantes: Aficionados a la mecánica*. Obtenido de Aficionados a la mecánica: <http://www.aficionadosalamecanica.net/diferencial-autoblocante.htm>
- Meganeboy, D. (2014). *Sistema de control de tracción EDS: Aficionados a la mecánica*. Obtenido de Aficionados a la mecánica: <http://www.aficionadosalamecanica.net/eds.htm>
- MOTORGIGA. (8 de octubre de 2010). *Definición - Significado: MOTORGIGA*. Obtenido de MOTORGIGA: <http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/>
- OCIO, U. (2007). *Diferenciales. El porqué de los giros*. (Ocio Networks SL., Editor) Obtenido de Diferenciales. El porqué de los giros: <http://www.ocio.net/tecnologia/diferenciales-el-porque-de-los-giros/>
- Paredes Guevara, R. (2010). Sistemas de Freno. En R. Paredes Guevara, *Técnico en Mecánica & Electrónica Automotriz* (págs. 277-306). Colombia: Ediseli Editores.
- Pastelleto, I. S. (3 de 10 de 2012). *DISEÑO DE CONTROLADORES FUZZY*. Obtenido de DISEÑO DE CONTROLADORES FUZZY:  
<http://usuarios.fceia.unr.edu.ar/~spastel/CavII%20-%20Dise%C3%B1o%20de%20Controladores%20Fuzzy.pdf>
- Quantum, J. (16 de 04 de 2007). *Ciencias Galilei*. Obtenido de  
<http://www.acienciasgalilei.com/public/forobb/viewtopic.php?f=45&t=4761&view=next>
- Real Academia Española. (1 de Octubre de 2014). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Diccionario de la lengua española: <http://lema.rae.es/drae/>

- Repuestos El Jaguar. (2015). *Allbiz*. Obtenido de <http://www.gt.all.biz/img/gt/catalog/9090.jpeg>
- repuestos600.com.ar. (2015). *repuestosfiat600.com.ar*. Obtenido de <http://www.repuestos600.com.ar/rubro.php?offset=9&vid=6&titulom=Frenos&>
- SainSmart. (2015). *Amazon*. Obtenido de SainSmart 4.3" inch TFT LCD Display for Arduino DUE MEGA 2560 UNO R3 (4"3 LCD + MEGA TFT/SD Shield + MEGA 2560 R3): [http://www.amazon.com/gp/product/B00JUXDFLE/ref=ox\\_sc\\_act\\_title\\_1?ie=UTF8&psc=1&smid=A10EAPE4CAYC9P](http://www.amazon.com/gp/product/B00JUXDFLE/ref=ox_sc_act_title_1?ie=UTF8&psc=1&smid=A10EAPE4CAYC9P)
- TodoMazda. (2014). *TodoMazda*. Obtenido de [http://mlv-s2-p.mlstatic.com/modulo-abs-mazda-3-reparacion-7565-MLV5227850842\\_102013-O.jpg](http://mlv-s2-p.mlstatic.com/modulo-abs-mazda-3-reparacion-7565-MLV5227850842_102013-O.jpg)
- Vazquez, F. (01 de 2013). *Taringa*. Obtenido de Taringa: <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/16174598/Transmision-3ra-parte.html>
- Vidal, T. A. (4 de 4 de 2014). *Introducción a la Lógica Difusa*. Obtenido de Introducción a la Lógica Difusa: <http://profesores.elo.utfsm.cl/~tarredondo/info/soft-comp/Introduccion%20a%20la%20Logica%20Difusa.pdf>

## ANEXOS

- Programaciones:

- Certificado de la empresa

- Planos mecánicos