



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“REINGENIERÍA DE UNA CAJA SECUENCIAL CON
MANDO NEUMÁTICO E IMPLEMENTACIÓN DE
MEDIDORES ELECTRÓNICOS Y SIMULACIÓN DE
FALLAS PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA
AUTOMOTRIZ”**

ALTAMIRANO NOVILLO LUIS GUALBERTO

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2016

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2014-06-25

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ALTAMIRANO NOVILLO LUIS GUALBERTO

Titulada:

**“REINGENIERÍA DE UNA CAJA SECUENCIAL CON MANDO NEUMÁTICO
E IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDORES ELECTRÓNICOS Y SIMULACIÓN
DE FALLAS PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Bolívar Cuaical Angulo
DIRECTOR

Ing. Andrea Razo Cifuentes
ASESOR

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ALTAMIRANO NOVILLO LUIS GUALBERTO

TÍTULO DE LA TESIS: “REINGENIERÍA DE UNA CAJA SECUENCIAL CON MANDO NEUMÁTICO E IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDORES ELECTRÓNICOS Y SIMULACIÓN DE FALLAS PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

Fecha de Examinación: 2015-12-02

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Celín Padilla Padilla PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Bolívar Cuaical Angulo DIRECTOR			
Ing. Andrea Razo Cifuentes ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Celín Padilla Padilla
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de Tesis que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Altamirano Novillo Luis Gualberto

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Altamirano Novillo Luis Gualberto, declaro que el presente trabajo de Tesis es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de Tesis.

Altamirano Novillo Luis Gualberto
Cedula de Identidad: 060381468-2

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado de manera muy especial a mi Hermana, Teresa Altamirano, que ha sabido ser mi segunda Madre, pilar fundamental en toda mi vida.

Mi Hermana eje principal durante el transcurso de todos mis estudios, quien con su amor, trabajo y dedicación supo guiarme e inclinarme a mi carrera profesión que es la Ingeniería en Automotriz.

Me llena de orgullo al saber que tengo una hermana, a la cual le debo todo mi respeto y admiración son para ti, Teresa.

También dedico mi trabajo a mi Esposa quien desde que unimos nuestras vidas ha sido el apoyo incondicional para el avance y culminación de mi carrera.

A mis dos Hijos que por quienes día a día me levanto y lucho por lograr uno de mis objetivos tan anhelados y que en mi vean un ejemplo a seguir para sus vidas.

Altamirano Novillo Luis Gualberto

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente al Creador Divino que está conmigo en todo momento de mi vida, y gracias a él, tengo a mis padres que son el ejemplo de lucha y perseverancia, al esforzarse para darnos educación y formación académica a mí y a mis hermanas.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y en especial a la Escuela de Ingeniería en Automotriz en conjunto con sus distinguidos Docentes, por brindar la oportunidad de adquirir conocimientos para el desarrollo de profesionales dignos, responsables y útiles para la sociedad.

A mi Padre, Madre y a mis tres hermanas que son el eje fundamental para que este proyecto se realice y culmine, mi agradecimiento es el más profundo hacia ustedes, lo único que me resta decirles, es que Dios les colme de felicidad por todo lo que han hecho por mí.

A mi esposa y a mis dos angelitos, mis dos hijos Mati y Luisito, por darme la fuerza del día a día para luchar por este sueño y así alcanzar un objetivo más en mi vida.

A Marco Estrada, mi gran amigo, por ser participe constante en el proceso para lograr este sueño tan anhelado.

A todas las personas que se unieron en uno u otro momento de mi vida para apoyarme con palabras de aliento y alegría, y así continuar con este trabajo.

Altamirano Novillo Luis Gualberto

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Caja de cambios	4
2.2 Clasificación de las cajas de cambios	4
2.2.1 <i>Caja de cambio mecánico de selección manual</i>	4
2.2.2 <i>Caja de cambios automática</i>	5
2.2.3 <i>Cambio mecánico</i>	5
2.2.4 <i>Cambio Automático</i>	6
2.3 El mecanismo sincronizador	6
2.4 Engranajes planetarios o epicicloidales	8
2.4.1 <i>Primer principio</i>	9
2.4.2 <i>Segundo principio</i>	9
2.4.3 <i>Tercer principio</i>	9
2.4.4 <i>Cuarto principio</i>	9
2.4.5 <i>Quinto principio</i>	9
2.5 Transmisión de potencia	9
2.5.1 <i>Punto muerto</i>	10
2.5.2 <i>Primera velocidad</i>	10
2.5.3 <i>Segunda velocidad</i>	10
2.5.4 <i>Tercera velocidad</i>	11
2.5.5 <i>Cuarta velocidad</i>	11
2.5.6 <i>Marcha atrás o reversa</i>	12
2.6 Elementos de mando	12
2.7 Elementos Hidráulicos	14
2.7.1 <i>Bomba de aceite</i>	15
2.7.2 <i>Embragues y frenos</i>	15
2.7.3 <i>Distribuidores, reguladores de presión, válvulas y electroválvulas</i>	16
2.8 Tipos de cajas secuenciales	16
2.8.1 <i>SMG (Caja de cambios Manual Secuencial)</i>	16
2.8.2 <i>Cambio de marchas en el volante</i>	17
2.8.3 <i>PKD (Transmisión de doble embrague de Porsche)</i>	18
2.9 Elementos Neumáticos	20
2.9.1 <i>Compresores</i>	20
2.9.2 <i>Filtro Regulador de Aire</i>	21
2.10 Elementos Electrónicos	22
2.10.1 <i>Control Lógico Programado (PLC)</i>	22
2.10.2 <i>Volante Genius</i>	23
2.10.3 <i>Sensor Inductivo</i>	23
2.10.4 <i>Sensor de Temperatura</i>	24
2.10.5 <i>Sensor de Presión</i>	25
2.11 Elementos de protección	25

2.11.1	<i>Electroválvulas</i>	25
2.12	Elementos de transporte	26
2.12.1	<i>Mangueras neumáticas</i>	26
2.12.2	<i>Cable eléctrico</i>	26
2.13	Elementos de trabajo	27
2.13.1	<i>Cilindros neumáticos</i>	27
3.	DISEÑO MECÁNICO Y NEUMÁTICO DEL SISTEMA.....	28
3.1	Cálculos de la Caja de Cambios Transversal del Suzuki Forsa I	28
3.1.1	<i>Cálculos con respecto a la potencia del motor</i>	29
3.1.2	<i>Resultados respecto a la potencia del motor</i>	31
3.1.3	<i>Velocidad del régimen</i>	31
3.2	Cálculos para la selección del actuador	32
3.3	Cálculo de consumo de aire de un cilindro	34
4.	DISEÑO ELECTRÓNICO DEL SISTEMA	41
4.1	Elementos para la configuración del volante Genius	41
4.2	Sensor de Velocidad (Inductivo)	45
4.3	Sensor de Temperatura	46
5.	IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA.....	48
5.1	Montaje del sistema neumático para accionamiento de la caja	48
5.2	Montaje del sistema electrónico para funcionamiento y control del banco 50	
5.3	Mejoramiento del Sistema	52
6.	ANÁLISIS DE COSTOS.....	54
6.1	Inversión Fija	54
6.1.1	<i>Costos de construcción</i>	54
6.1.2	<i>Costos de puesta en marcha</i>	54
6.1.3	<i>Costos de materiales</i>	54
6.1.4	<i>Imprevistos</i>	56
6.2	Costos de Operación	56
6.2.1	<i>Mano de Obra Indirecta (MOI)</i>	56
6.2.2	<i>Mano de Obra Directa (MOD)</i>	56
6.2.3	<i>Suministros</i>	57
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
7.1	Conclusiones	58
7.2	Recomendaciones	58

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Caja de cambios manual	5
2 Caja automática.....	5
3 Engranajes planetarios o epicicloidales	8
4 Primera velocidad	10
5 Segunda velocidad	11
6 Tercera Velocidad.....	11
7 Cuarta Velocidad	12
8 Marcha atrás o reversa	12
9 Elementos de Control.....	13
10 Embrague Hidraulico	15
11 Bomba de aceite	15
12 Embragues y frenos.....	15
13 Distribuidores, reguladores de presión, válvulas y electroválvulas	16
14 Tipos de cajas secuenciales	16
15 Compresor	20
16 Tanque de aire comprimido	21
17 Manómetro ubicado en el tanque de presión.....	21
18 Filtro Regulador de Aire	22
19 PLC EXM-12DC-DA-RT-WIFI	23
20 Volante Genius.....	23
21 Sensor Inductivo IPSI-12PO2B	24
22 Sensor de temperatura LM35	24
23 Sensor de presión	25
24 Válvulas electro neumáticas.....	25
25 Mangueras Neumáticas y terminales	26
26 Cable eléctrico.....	26
27 Cilindro Neumático	27
28 Unidad de Mantenimiento.....	35
29 Manómetro de la unidad de Mantenimiento	35
30 Cilindro Pequeño configurado de simple efecto	36
31 Conjunto de cilindros pequeños ubicados para la configuración de marchas.....	36
32 Cilindros medianos ubicados en el mecanismo de la palanca de cambios	37
33 Cilindro grande ubicado en el mecanismo del embrague	38
34 Tabla de resistencia y diametro de mangueras.....	39
35 Diagrama de flujo de la programación de los periféricos de entrada y salida.	41
36 Comprobación de la conexión del PLC con labview 2012	42
37 Proceso para la comprobación de la correcta conexión entre PLC y labview	42
38 Herramienta distribuit manager comprueba las entradas y salidas del PLC	43
39 Programacion de las variables por MODBUS	43
40 Caratula Principal elaborada en labview 2012.....	44
41 Programa principal interface del usuario.	44

42	Panel de Programación de la interface del usuario	45
43	Indicador de velocidad	45
44	Estructura de Programación de indicador de velocidad	46
45	Indicador de Sensor de temperatura	46
46	Selección del tipo de dato que leerá el sensor de temperatura.	47
47	Regulador y distribuidor de Aire.....	48
48	Electroválvulas neumáticas	48
49	Posición de los cilindros para reemplazar a la palanca de cambios.	49
50	Cilindro encargado de accionar el embrague	49
51	Diagrama Neumático de cilindros, válvulas.	49
52	Diagrama de diseño electrónico de entradas y salidas del PLC.....	50
53	Proceso de conexión entre computadora, PLC y volante.....	51
54	Volante genius y PLC	52
55	Interface del Usuario programado en Labview	52
56	Sistema eléctrico organizado con polaridad positiva y negativa.....	52
57	Colocación de cilindros neumáticos para producir marchas en la caja.....	52
58	Colocación y prueba de válvulas Electro neumática.....	53

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Datos técnicos Suzuki Forsa I	29
2 Datos de la relación de transmisión de la caja.....	30
3 Resultados respecto a la Potencia Máxima del Motor	31
4 Conexión de salidas del PLC a electroválvulas.....	51
5 Costos de construcción	54
6 Costos de materiales	55
7 Costos de puesta en marcha.....	54
8 Imprevistos	56
9 Costos de inversión fija	56
10 Mano de obra Indirecta.....	56
11 Mano de obra directa	56
12 Suministros	57
13 Costos de operación.....	57
14 Resumen de costos de inversión.....	57

LISTA DE ANEXOS

- A** Sistema anterior eléctrico, neumático, tacómetro, velocímetro
- B** Sistema actual eléctrico, neumático, tacómetro, velocímetro
- C** Diagrama del sistema neumático
- D** Programación del PLC en eSmsConfig
- E** Electrónico de bloques
- F** Manual de usuario
- G** Manual de mantenimiento en horas de trabajo
- H** Instrucciones de uso para encender la maquina
- I** Guía de practicas

RESUMEN

El presente trabajo de investigación es la reingeniería de una caja secuencial con mando neumático e implementación de medidores electrónicos y simulación de fallas para la escuela de ingeniería automotriz, que permite observar el funcionamiento y las posibles fallas de los componentes mecánicos, neumáticos y electrónicos instalados. La reingeniería se planificó en base a las técnicas de investigación como es la recolección de datos del banco de pruebas que actualmente está modificado y la observación del mismo, siendo esto el punto de partida del diseño del software que funciona conjuntamente con el PLC (Control Lógico Programable) que controla el funcionamiento de la caja de cambios por medio de dispositivos capaces de activar las diferentes marchas, además la instalación de medidores electrónicos mejorando el desempeño de todo el sistema, de tal manera que se pueda reutilizar o reemplazar piezas existentes para cumplir con el objetivo del presente trabajo de tesis. El resultado obtenido de la presente investigación es controlar el banco de pruebas a través de un software y evidenciar posibles fallas que de acuerdo a prácticas propuestas poder identificar las mismas por medio de sensores con el fin de realizar las correcciones pertinentes como son: medición de temperatura, velocidad, presión de aire, entre otros. A través del presente trabajo de investigación se obtuvo la correcta lectura y comprensión de los datos proporcionados por los sensores, de tal manera que la interface permite al usuario final la correcta lectura del funcionamiento de todo el sistema, debido a que al incorporar el simulador de fallas en el sistema electro neumático pueda ser dinámico en uso y trabajar satisfactoriamente.

PALABRAS CLAVE: <CAJA DE CAMBIOS MANUAL SECUENCIAL (SMG)>, <AIRE COMPRIMIDO>, <CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)>, <ELECTROVÁLVULAS>, <CILINDRO DE SIMPLE EFECTO>, <SENSOR DE TEMPERATURA>, <SENSOR DE PRESION>, <SENSOR INDUCTIVO>

ABSTRACT

The present research is the reengineering of a sequential box with pneumatic control and implementation of electronic meters and failures simulation for Automotive Engineering School, that allows to observe the functioning and the possible failures of mechanic components, pneumatic and electronic installed. The reengineering was planned based on research techniques like data collecting of test bed that currently is modified and observation of the same, being the starting point of software design that works with the PLC (programmable logic controller) that control the generator operation functioning by dispositive capable to activate the different gears, besides the electronic meter installation improving all system performance, so that it can replace or reuse some pieces in order to fulfil the objective of this research work. The obtained result is controlling the test bed through software and to evidence possible failures that according to proposed practices are identified the same by sensors in order to do the corrections like: temperature measurement, speed, air pressure, among others. Through this research the appropriate reading and comprehension of data provided by sensors was obtained, so the interfaz allows to the final user the correct reading of all system functioning, due to include the fault simulator in the electro-pneumatic system can be dynamic in use and operate successfully.

KEYWORDS: <MANUAL SEQUENTIAL GEARBOX (SMG)>, <COMPRESSED AIR>, <PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER)>, <ELECTROVALVES>, <SIMPLY ACTING CYLINDER>, <TEMPERATURE SENSOR>, <PRESSURE SENSOR>, <INDUCTIVE SENSOR>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Alrededor del año 2014, llega como donación a la escuela de ingeniería automotriz un motor del vehículo Suzuki Forza adaptado una caja de cambios mecánica, al parecer su activación procede gracias a un sistema neumático, el cual se encuentra en deplorables condiciones, dicho motor es proveniente de la Universidad Técnica Equinoccial del Ecuador.

La principal característica del presente proyecto es la ausencia de una palanca selectora, por lo tanto, es una caja automática acoplada, se observa además que posee un controlador lógico programable, válvulas electro neumáticas, cilindros de simple y de doble efecto, un tanque de almacenamiento de aire, cañerías y un dispositivo electrónico de selección y cambio de marchas, por lo tanto, sin previa verificación se entiende que es un motor con caja de cambios automática secuencial.

La función que realizan las cajas de cambios constituye de vital importancia en el vehículo, siendo las encargadas de modificar la velocidad del motor, en otros términos, pueden entregar fuerza a partir del giro que proporciona el cigüeñal o simplemente velocidad.

Desde el año de 1939 se registran las primeras patentes para el tipo de transmisión automática secuencial, pero solo hasta los años de 1970 en adelante, se logra establecer funcionalidad en varias marcas de vehículos alrededor del mundo, siendo la partida los autos de alta gama. En la actualidad su funcionalidad se puede apreciar en distintos tipos de vehículos, tomando como un ejemplo rápido, un auto de competencia, que posea una caja de velocidades secuencial, este tipo de vehículo ofrece un mejor desempeño en el momento de competir, dando como ventaja sobre sus oponentes, (que no dispongan de este tipo de caja) que es la de transmitir mucho más rápido el giro desde el motor hacia las ruedas, ganando así valioso tiempo.

1.2 Justificación

Considerando la falta de conocimientos de este tipo de elementos tecnológicos que son parte vital del automóvil, la poca experiencia en práctica sobre este tipo de cajas y a la vez que la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo debe estar en constante modernización de laboratorios e implementación de tecnología para el aprendizaje del alumnado cada vez más numeroso, se debe focalizar en el aporte de bancos didácticos y de pruebas para prácticas.

Con el presente trabajo de investigación se logrará motivar el aprendizaje del funcionamiento de este tipo de caja de cambios y observar el trabajo que realiza, así también como el desenvolvimiento de cada uno de sus componentes y posibles fallas de esta parte del vehículo.

Lamentablemente se observa que la gran mayoría de talleres mecánicos a nivel nacional no prestan servicios de reparación y mantenimiento de cajas secuenciales, ahondando aún más el problema de investigación y conocimientos prácticos de este tipo de cajas, es por esta razón que se busca impulsar la investigación y el estudio de estos elementos.

Los estudiantes graduados de la Escuela de Ingeniería Automotriz estarán preparados y con conocimiento teórico práctico en cajas secuenciales que analizará posibles fallas con sus respectivas reparaciones, además podrán determinar o dar su criterio para el arreglo de cualquier tipo de transmisión, siendo muy probable que sean en el futuro las más codiciadas, por sus grandes ventajas, entre las principales: menos peso, mayor vida útil y menor desgaste.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Realizar una reingeniería de una caja secuencial con mando neumático e implementación de medidores electrónicos y simulación de fallas para la Escuela de Ingeniería Automotriz.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Identificar y analizar los diferentes tipos de cajas de cambios con cada uno de sus componentes, funciones y mecanismos que son necesarios para su funcionamiento.

- Investigar y describir las clases de cajas de cambios secuenciales existentes en la industria automotriz.
- Implementar un sistema eléctrico y neumático mejorando el ya existente.
- Crear una interface amigable al usuario con ayuda del software Labview y eSmsConfig.
- Realizar pruebas para verificar su correcto funcionamiento y simular fallas en la caja de cambios.
- Diseñar manuales de mantenimiento, usuario para la correcta manipulación y funcionamiento de la máquina.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Caja de cambios

La caja de cambios es el elemento de transmisión que se interpone entre el motor y el resto de los elementos de transmisión en un vehículo para modificar el número de revoluciones en las ruedas, en invertir el sentido de giro cuando lo requieran las necesidades de circulación (Martínez, 2000).

Como el par motor y las revoluciones de este se transmiten a las ruedas originando en ellas una fuerza de impulsión capaz de vencer la resistencia del vehículo al movimiento, la potencia transmitida en todo momento deberá ser igual al par resistente en las ruedas y la velocidad de estas (Martínez, 2000).

Cualquier circunstancia de marcha, como lo hace el par resistente, contando para ello con un motor de una potencia que es capaz de absorber los diferentes regímenes de carga que se originan (Martínez, 2000).

Se dispone en los vehículos de las cajas de cambios de velocidades con el fin de obtener el par motor necesario en las diferentes condiciones de marcha, aumentando el par de salida en detrimento del número de revoluciones en las ruedas. (Martínez, 2000)

Con las cajas de velocidades se logra mantener, dentro de unas condiciones favorables, la potencia desarrollada por el motor. Actúan, como transformador de velocidad y convertidor mecánico (Martínez, 2000).

2.2 Clasificación de las cajas de cambios

Las cajas de cambio se pueden clasificar, en dos grandes grupos: cajas de cambio mecánico de selección manual y transmisión automática. (Martínez, 2000).

2.2.1 Caja de cambio mecánico de selección manual. Se denominan caja mecánica a aquellas que se componen de elementos estructurales (carcasas y mandos) y funcionales (Engranajes, ejes, rodamientos, etc.). En este tipo de cajas la selección de las diferentes

velocidades se realiza mediante mando mecánico, aunque éste puede estar automatizado (Meganeboy, 2014).

Figura 1. Caja de cambios manual



Fuente: (Domínguez, y otros, 2012)

2.2.2 Caja de cambios automática. Se denominan caja de cambio automática a aquella que utiliza engranajes epicicloidales y como elemento de conexión entre el motor y la propia caja utilizan un convertidor de par en vez del clásico embrague (Meganeboy, 2014).

Figura 2. Caja automática



Fuente: (Renault, 2016)

2.2.3 Cambio mecánico. En la actualidad las cajas de cambios en las transmisiones no automáticas utilizadas en vehículos de turismo son de engranajes helicoidales de tomas constantes y sincronizadas (Loaiza, 2015).

Se puede distinguir también entre diferentes tipos de transmisiones, según las disposiciones más habituales del motor y del eje de transmisión, se distingue:

- Motor longitudinal delantero y tracción trasera.
- Motor longitudinal delantero y tracción delantera.
- Motor transversal delantero y tracción delantera.
- Motor trasero y tracción trasera.

- Motor delantero y tracción a los dos ejes (Loaiza, 2015)

En las transmisiones de los dos ejes, existen múltiples variantes en la disposición y funcionamiento de los diferentes elementos de transmisión, como la puedan ser la reacción integral, integral permanente, selectiva, de accionamiento automático o manual, siendo además susceptible de diferentes posibilidades de control (Loaiza, 2015).

Cada disposición del sistema de tracción utilizado, emplea caja de cambios que aunque no difieren en esencia en su funcionamiento, si difieren al incorporar o no el mecanismo diferencias y la reducción final. En el caso de incorporarlo cabría distinguir también entre cajas de transmisión de par cónico o de par recto (Loaiza, 2015).

Otro de los elementos diferenciadores, lo podría constituir el tipo o sistema de sincronización para igualar el giro de los diferentes ejes a la hora de seleccionar una velocidad, así como el sistema de enclavamiento de la velocidad seleccionada o la propia selección de la velocidad (Loaiza, 2015).

2.2.4 Cambio Automático. Las transmisiones automáticas se caracterizan porque las distintas relaciones de cambio son seleccionadas en función de la velocidad del vehículo y del régimen del motor, sin que el conductor intervenga en la elección de la relación requerida en cada momento, ni realice ninguna operación (Martínez, 2000).

Además, descargan al conductor de atención en este campo de la conducción, por lo que la hace más segura y cómoda a la vez que flexible y económica sin interrupciones de la fuerza de tracción (Martínez, 2000).

Los cambios automáticos son de dos tipos: *mecánicas*, están constituidas por una correa envolvente de eslabones de acero articulado; o *hidráulicos* que emplean aceite a elevadas velocidades, pero con presiones relativamente bajas (Martínez, 2000).

2.3 El mecanismo sincronizador

En las primeras cajas de cambio utilizadas, el cambio de velocidades se establecida por

el desplazamiento de los engranajes, siendo estos de dientes rectos y haciéndolos engranar entre los del eje intermediario y los del eje secundario, contando con que la caja fuese de tres ejes de forma similar a como se hace hoy con los engranajes de la marcha atrás. Este sistema requería de tener prácticamente el vehículo para cambiar de velocidad y permitir la selección de otra relación (Martínez, 2000).

Con posterioridad se emplearon los collarines desplazables, similares a los que hoy utilizamos, pero sin el sincronizador. Aquí lo que se desplazaba tan solo era el collarín y los engranajes podían tener toma constante con lo que se introdujeron los engranajes helicoidales. Aun así, la habilidad del conductor era quien evitaba las averías en el cambio el doble embrague al reducir, con el fin de igualar las velocidades de los ejes, era casi imperativo.

Del estudio del cambio y de su funcionamiento, se deduce que:

- Al seleccionar una relación más larga, sería necesario frenar el primario o acelerar el secundario para igualarlos en su giro.
- Cuando pasáramos a una relación más corta cabría acelerar el primario o frenar el secundario.
- No podemos modificar la velocidad angular del secundario con el vehículo circulando ya que este va unido a las ruedas y gira solidario junto a ellas.

El objetivo de los sincronizadores es, pues, acelerar o frenar el eje primario para igualar su velocidad angular, en el momento de seleccionar una velocidad, con la del secundario.

Con los sincronizadores, las operaciones de cambio de velocidad se han simplificado en extremo y el conductor no tiene más que preocuparse de lo que pueda pasar al motor. Desde su implantación en los años 60 en las cajas de cambio y su nivel de seguridad en el funcionamiento, no han evolucionado sustancialmente.

Todos ellos basan su funcionamiento (a excepción del Sistema Porsche) en el principio de embrague cónico en los que un cono de poca inclinación permite transmitir con poco esfuerzo un par muy importante.

El sistema Porsche en lugar de utilizar conos de fricción, utiliza un anillo elástico.

Los principales tipos son:

- Sincronizador simple o sencillo.
- El sincronizador por bloqueo o Borg-Warner.
- El sincronizador tipo “Renault”.
- El sincronizador absoluto “New Process”.
- El sincronizador tipo “Porsche” (Martínez, 2000).

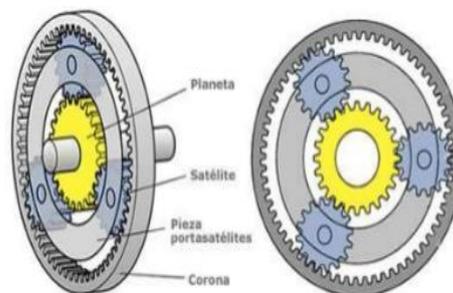
2.4 Engranajes planetarios o epicicloidales

Mediante varios juegos de engranajes planetarios se regula la transmisión del par proporcionado por el convertidor. Según el número de velocidades y las relaciones de transmisión, se montan en número y disposición. Lo habitual son dos o tres conjuntos (Arteaga, 2015).

El engranaje planetario está constituido por:

- Un piñón central llamado PLANETA.
- Un número variable de piñones, habitualmente tres, llamados SATÉLITE, que, girando libres en sus ejes, engranan alrededor del planeta, unidos entre sí por una armadura.
- Una corona, dentada en su parte interior, en la que engranan los satélites (Arteaga, 2015).

Figura 3. Engranajes planetarios o epicicloidales



Fuente: (Puello, y otros, 2014)

Principios de los engranajes epicicloidales. Considerando las diferentes condiciones de trabajo de los tres elementos fundamentales del sistema: corona, armadura de satélites y

planeta, se pueden establecer los principios básicos para el funcionamiento del conjunto y por tanto de la transmisión automática.

2.4.1 Primer principio. Cuando la armadura de satélites se une al secundario de la transmisión, haciéndola conducida, se obtiene siempre una reducción de velocidad.

Para ello, podemos fijar el planeta, haciendo a la corona conductora o podemos fijar la corona haciendo al planeta conductor. En ambos casos, el valor resultante será igual.

2.4.2 Segundo principio. Cuando la armadura de satélites es conductora, siendo por tanto unida al primario, se produce una multiplicación de par o aumento de velocidad.

Esta multiplicación será de un valor mayor si fijamos al planeta, haciendo conducir a la corona que cuando fijamos la corona, provocando que sea el planeta el conducido.

2.4.3 Tercer principio. Cuando la armadura de satélites permanece estacionaria, se consigue una inversión en el sentido de giro del eje fijo al elemento conducido. Así, manteniendo fijada la armadura y siendo conductora la corona, el planeta conducido girará en sentido inverso mientras que, si es el planeta el conductor, la corona será conducida en sentido inverso. En cualquiera de los dos supuestos el valor será igual.

2.4.4 Cuarto principio. Cuando los elementos del sistema están bloqueados dos a dos, se consigue una velocidad de giro en el eje conducido igual a la proporcionada por el eje conductor.

2.4.5 Quinto principio. Cuando en el sistema planetario todos los elementos pueden girar libremente, no hay transmisión de movimiento al eje conducido, es decir, el sistema está en punto muerto.

2.5 Transmisión de potencia

Como cada unidad planetaria solo permite conseguir una desmultiplicación y una marcha en directa en el mismo sentido de rotación del motor, en una caja de cuatro velocidades, para lograr las cuatro relaciones adelante, es preciso disponer de dos sistemas planetarios similares, conectados en serie, que proporcionen cada uno de ellos una reducción

diferente.

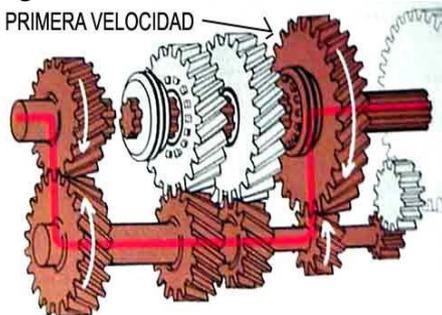
Se dispone, además, de un tercer sistema planetario, a continuación del segundo normal, cuyo bloqueo obliga a girar al eje secundario en sentido contrario al del eje primario, obteniéndose así la marcha atrás.

El primer conjunto planetario, toma su giro directamente del motor mediante la corona, y lo entrega al segundo planetario mediante su planeta a través del convertidor de par. El segundo planetario recibe su giro mediante la corona y lo entrega al secundario por el planeta. El tercer planetario recibe su giro de la corona del segundo planetario, y puede tomarlo mediante su corona y lo cede por su planeta o en otros sistemas al revés.

2.5.1 Punto muerto. El primer planetario no tiene fijados ninguno de sus elementos. Al poder girar libremente los engranajes del primer planetario, el movimiento no se transmite al resto del sistema porque los satélites giran sobre sus propios ejes.

2.5.2 Primera velocidad. Fijando el planeta del primer planetario, se hace conductora a la corona y conducida a la armadura, se obtiene una primera reducción que se entrega al planeta del segundo planetario, que mantiene bloqueada su corona, consiguiendo una segunda reducción en el secundario.

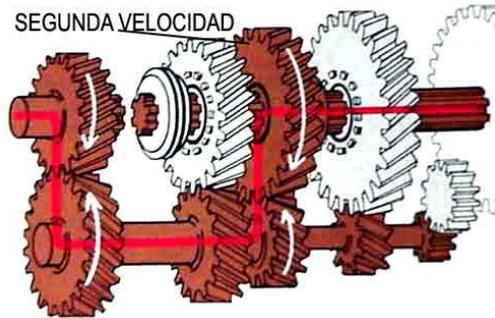
Figura 4. Primera velocidad



Fuente: (Automecánico, 2016)

2.5.3 Segunda velocidad. Fijando la armadura y el planeta del primer planetario, se hace conductora a la corona de este conjunto, y se entrega todo el giro al segundo planetario que tiene la corona fija, ocasionando una reducción por ser ahora el planeta de éste el conductor y la armadura la conducida.

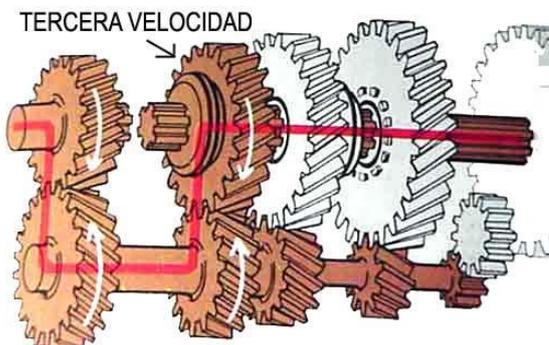
Figura 5. Segunda velocidad



Fuente: (Automecánico, 2016)

2.5.4 Tercera velocidad. Fijando el planeta del primer planetario, se hace conductora a la armadura y conducida a la armadura, lo que produce una reducción en este conjunto, y es entregada al segundo planetario que mantiene bloqueados su planeta y su armadura haciéndolos conductores, con lo que se transmite íntegramente el valor de la multiplicación del primer planetario a través de la armadura del segundo planetario ahora como conductora.

Figura 6. Tercera Velocidad

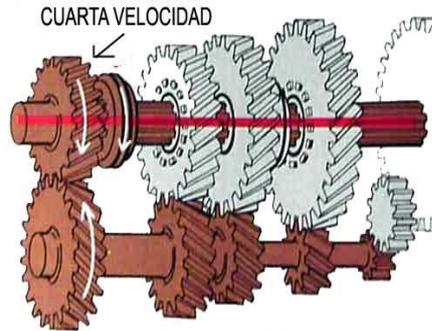


Fuente: (Automecánico, 2016)

2.5.5 Cuarta velocidad. En el primer planetario, se fijan el planeta y la armadura, constituye como conducidos y haciéndose conductora la corona, con lo que se transmite el giro íntegramente.

En el segundo planetario se fijan la corona y el planeta haciendo conducida la armadura, con o que el par o giro vuelven a transmitirse íntegramente.

Figura 7. Cuarta Velocidad



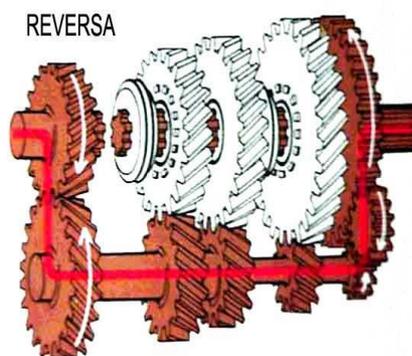
Fuente: (Automecánico, 2016)

2.5.6 Marcha atrás o reversa. En el primer planetario, al igual que en la primera velocidad, se fija el planeta, haciendo conductora a la corona y conducida a la armadura, estableciendo una reducción.

En el segundo planetario, libres ahora todos sus elementos, el planeta se constituye ahora como conductor y la corona como conducida, girando libres sobre sus ejes los satélites, permaneciendo la armadura fija y obteniendo una inversión del giro.

En el tercer planetario de marcha atrás, se ha fijado la corona, entregando el giro del segundo planetario al planeta, haciendo conducida la armadura, entregando al secundario la misma reducción invertida obtenida en el segundo planetario.

Figura 8. Marcha atrás o reversa



Fuente: (Automecánico, 2016)

2.6 Elementos de mando

La selección de la velocidad se establece automáticamente según las condiciones de marcha, cuanto se precisa para conducir un vehículo equipado con ellas se determina si se quiere marchar hacia delante o hacia atrás y a qué velocidad se quiere circular. Así

pues, el conductor solo dispone de dos pedales, uno para acelerar y otro para frenar y una palanca para determinar el sentido.

Figura 9. Elementos de Control



Fuente: (Actualidad Motor, 2012)

La palanca de selección de un cambio automático, suele tener seis o siete posiciones que se determinan de forma lineal y suelen corresponder a las posiciones PRND2(S)1(L) o PRND321 para tres o cuatro velocidades, respectivamente.

La primera posición P. Es común en todas las transmisiones automáticas, es la posición de estacionamiento. Con esta selección podrá accionarse el motor de arranque, se usa en los estacionamientos y solamente debe solicitarse estando el vehículo completamente detenido. El eje de salida queda bloqueado en esta selección mediante una rueda de aparcamiento dentada, solidaria con el secundario, y un trinquete accionado por un pulsador activado por la palanca en esta posición. El pulsador tiene su motivo porque en el caso de no engranar totalmente el trinquete en una de las muescas, lo mantendrá bajo tensión y hará que engrane con el menor movimiento del vehículo.

En la posición R marcha atrás. Se seleccionan los mecanismos de mando y el vehículo dará marcha atrás al accionar el acelerador. Solo debe seleccionarse con el vehículo para evitar saltos bruscos en sentido contrario. Se disponen mecanismos que eviten este problema y que bloquean esta posición si el vehículo mantiene una velocidad hacia adelante, por lo general superior a 10 km/h.

En la posición N-Punto muerto y posición de arranque. La transmisión no cede a las ruedas el giro del motor. El vehículo puede ser empujado o remolcado en trayectos

cortos.

En la posición D. En esta posición, se seleccionan automáticamente las velocidades de marcha adelante en función de la posición del acelerador y de la velocidad del vehículo. Modernamente se tienen en cuenta además parámetros de carga del motor, revoluciones, señales de freno, de temperatura y fuerzas de aceleración transversal y longitudinal.

En esta posición 3. Solo se producirán cambios entre las tres primeras relaciones de cambio en función de la velocidad y del régimen del motor, si se pasa a esta posición con el vehículo en marcha, solo se determinará esta selección cuando las condiciones de régimen, velocidad y posición del acelerador lo determinen, quedando después impuesta esta condición; para todo esto se cuenta con los llamados umbrales de paso que determinan cuándo una relación puede ser engranada o no.

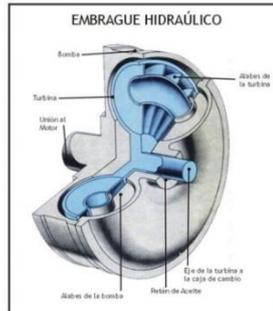
En el modo de segunda impuesta 2. Los cambios sólo se efectúan entre la 2da 1ra relación. Las condiciones de pasar a esta posición se determinan igual que para la posición tres.

En la posición de primera 1. Impuesta solamente actúa la 1ra velocidad, sin posibilidad de establecerse otra relación de cambio. Con el vehículo en marcha, esta posición solamente se puede seleccionar, por lo general, cuando se circula a velocidades inferiores a 50 km/h. Ha de destacarse el hecho de que la palanca selectora en las transmisiones automáticas va dotada de un dispositivo de bloqueo de posición para evitar el paso accidental a las posiciones P, R o 1

2.7 Elementos Hidráulicos

Los embragues y frenos hidráulicos bloqueando los elementos de los trenes epicicloidales, determina en cada momento cuál es la relación de cambio que se aplica a la salida de la caja.

Figura 10. Embrague Hidraulico



Fuente: (Geiserch, 2014)

2.7.1 Bomba de aceite. Suministra el aceite a los elementos de conexión y control del cambio, así como al convertidor de par. Posibilita además la lubricación del sistema y la refrigeración necesaria.

Figura 11. Bomba de aceite



Fuente: (Rexite, 2015)

2.7.2 Embragues y frenos. El aceite a presión acciona estos embragues de láminas, o frenos disco o de bandas, que son en definitiva los que bloquean o dejan libres los distintos elementos de los engranajes planetarios, posibilitando los cambios sin interrupción de la fuerza de tracción.

Figura 12. Embragues y frenos



Fuente: (Frenos y Embragues RB, 2016)

2.7.3 Distribuidores, reguladores de presión, válvulas y electroválvulas. Estos elementos de gobierno hidráulico, eléctrico o electrónico, se encargan de activar los embragues y frenos, de forma automática, según lo vayan requiriendo las condiciones de la marcha, las necesidades del motor y/o la voluntad del conductor.

Figura 13. Distribuidores, reguladores de presión, válvulas y electroválvulas



Fuente: (HN Tools, 2016)

2.8 Tipos de cajas secuenciales

Figura 14. Tipos de cajas secuenciales



Fuente: (Autocasión, 2015)

2.8.1 SMG (Caja de cambios Manual Secuencial). El SMG es aquel que combina la posibilidad de cambiar de marchas secuencialmente y de optar por la modalidad de cambios automáticos. De esta manera el conductor puede elegir entre un cambio secuencial (S) o cambio automático (A) (Tecnología del automóvil, 2013).

A diferencia de una caja de cambios automática, la transmisión SMG no dispone de un convertidor de par que consume mucha energía y reduce las prestaciones del automóvil.

Con esta caja SMG las prestaciones son ligeramente superiores a las logradas con la caja manual, y además los tiempos conseguidos siempre pueden repetirse. Esta transmisión

permite conducir con mayor seguridad y de manera más relajada, pues no hay que estar pendiente de los cambios de velocidad (Tecnología del automóvil, 2013).

La centralita del sistema SMG detecta la marcha que está puesta mediante un moderno sensor redundante de posiciones. Si es necesario efectuar un cambio de marcha, la centralita activa en milésimas de segundo las electroválvulas correspondientes que, a su vez, controlan la hidráulica del sistema (Tecnología del automóvil, 2013).

El aceite del sistema hidráulico sometido a alta presión (de hasta 85 bar) fluye hacia el cilindro del embrague a través de una electroválvula para embragar (el cilindro es idéntico al de la caja de cambios manual). Así las electroválvulas de la unidad hidráulica activan como máximo tres cilindros hidráulicos del actuador del cambio (Casañ, y otros, 2016).

La operación de cambio de marchas se ejecuta posicionando el árbol primario con máxima precisión para desplazarla hacia adelante o atrás con el fin de poner la marcha seleccionada. Esta operación es igual en las modalidades A y S (Tecnología del automóvil, 2013).

En caso de fallar un procesador de la unidad de mando de la caja, el sistema recurre de inmediato a las señales del procesador que funciona en paralelo, con lo que siempre se garantiza el buen funcionamiento del sistema (Tecnología del automóvil, 2013).

El sistema dispone de funciones de seguridad, entre ellas aquella que durante 4 segundos evita que se ponga en movimiento el coche mientras la puerta del conductor está abierta. Si durante los 4 segundos no se pisa el pedal del freno o del acelerador, la caja cambia a punto muerto hasta que el conductor elija una marcha. Además, si está abierto el capó, tampoco se puede poner en movimiento el coche (Tecnología del automóvil, 2013).

2.8.2 Cambio de marchas en el volante. La caja SMG combina la posibilidad de cambiar de marchas secuencialmente y de optar por la modalidad de cambios automáticos. Sus ventajas son evidentes:

- El conductor puede elegir en todo momento entre dos modalidades: cambio secuencial

(S) o cambio automático («A») (Tecnología del automóvil, 2013).

- La Drivelogic consigue adaptar las características del cambio de marchas del sistema SMG al estilo de conducción, recurriendo a un total de once programas diferentes (Tecnología del automóvil, 2013).
- Cuando el conductor baja de marcha, el sistema ejecuta automáticamente un desembrague doble (Tecnología del automóvil, 2013).
- Ya no es necesario embragar, con lo que ya no hay pedal de embrague. Además, a diferencia de una caja de cambios automática, la caja SMG no dispone de un convertidor de par que consume mucha energía y, en consecuencia, reduce las prestaciones del coche (Tecnología del automóvil, 2013).
- El placer al cambiar las marchas es mucho mayor, ya que la caja SMG permite hacerlo con gran rapidez, con lo que el conductor puede sentirse casi como al volante de un Fórmula 1 (Tecnología del automóvil, 2013).
- La nueva caja de cambios permite conducir con mayor seguridad, ya que el conductor no debe concentrarse tanto al cambio de marchas (Tecnología del automóvil, 2013).
- Los shift lights (diodos luminosos en el panel que indican el momento óptimo para el cambio de marchas) de la caja de cambios secuencial M permiten aprovechar al máximo la potencia del M3 (Tecnología del automóvil, 2013).

2.8.3 PKD (Transmisión de doble embrague de Porsche). Tecnología PDK de Porsche se trata del sistema desarrollado por la marca alemana para mejorar el rendimiento y la potencia de sus motores con un cambio de marchas que evita la interrupción en la potencia tracción (Flores, 2011).

El sistema se basa en dos cajas de cambio integradas en un solo cárter (la caja donde están los mecanismos del motor del vehículo), lo cual requiere tener también dos embragues. Este sistema de doble embrague une las dos cajas de cambio parciales con el motor a

través de dos árboles de transmisión independientes alternando la transmisión de la fuerza que mueve el motor (Flores, 2011).

El flujo de fuerza del motor discurre por una sola semicaja de cambio y un solo embrague, mientras que la marcha siguiente se engrana en la otra semicaja. De este modo en ningún momento se pierde potencia, no requiere embragar para meter la marcha y posteriormente desembragar, sino que el proceso es simultáneo en milisegundos (Flores, 2011).

Porsche desarrolló un sistema de tecnología automotriz para el automovilismo deportivo usado por primera vez en el mundo. En 2013, esta tecnología progresista de transmisión regresa al circuito automovilístico. Según la gama de modelos, más del 75% de todos los vehículos Porsche entregados cuentan con el sistema PDK (Chellew, 2013).

La transmisión de doble embrague de Porsche fue desarrollada por primera vez para el 962. La construcción de la caja de cambios superó la prueba en el campeonato mundial de larga distancia. En ese momento, el sistema no fue desarrollado para la producción estándar porque las capacidades de electrónica y computación todavía no habían sido perfeccionadas desde el punto de vista técnico como para cumplir con el estándar de gran confort para la operación de un vehículo de carretera (Chellew, 2013).

Cambios de velocidades adaptables con estrategias deportivas.

El sistema PDK ofrece al conductor del nuevo 911 GT3 la alternativa de dejar el cambio de velocidades a la merced del control de transmisión adaptable. Básicamente, el DSG del nuevo 911 GT3 tiene únicamente dos estrategias de cambios de velocidades: Sports y RaceTrack. Con estas estrategias, los cambios de velocidades del nuevo 911 GT3 siempre son rápidos (Chellew, 2013).

Menor relación de transmisión: mejores tiempos en la vuelta norte del circuito Nürburgring (Chellew, 2013).

Los cambios mecánicos del 911 GT3 con PDK en comparación con las transmisiones de doble embrague de los demás modelos de Porsche afectan principalmente la estructura interna. Al usar engranajes y piñones más livianos, el dinamismo de par motor del motor

de alto par tiene un apoyo óptimo. Por otra parte, el peso total del PDK se redujo en dos kilogramos (Chellew, 2013).

2.9 Elementos Neumáticos

2.9.1 Compresores. Los compresores son máquinas especialmente diseñadas y construidas para aumentar la presión en los gases. Lo más común es que se comprima aire, pero en la industria es frecuente la necesidad de comprimir otros gases. A veces se utiliza de manera intermitente (un taller, llantera, restaurante, planta procesadora, etc. (Starline Air Compressor, 2012).

Existen diversas formas de comprimir aire, dando esto a que existan muchos tipos de compresores, todo dependiendo del mecanismo que utilicen. Los compresores a pistón o émbolo (alternativos), son los de uso más difundido y por su diseño, los compresores de aire de pistón producen altas presiones en volúmenes pequeños, y generalmente se utilizan para aplicaciones domésticas e industriales (Starline Air Compressor, 2012).

Como se elige el compresor. La mayoría de herramientas neumáticas requieren cerca de 90 PSI.

Para descubrir la potencia que genera un compresor debemos ver qué tipo de fuente de alimentación tenga, es decir si es de 110Vca va tener una potencia de 2HP y si posee una fuente de 220 Vca tendrá 5HP, pero para esto se necesita 24 amperios.

Figura 15. Compresor



Fuente: (Indura, 2016)

En el siguiente proyecto no se dispone de un compresor, pero a su vez tenemos un tanque de aire el cual almacena aire comprimido hasta de 100 PSI para efectuar el trabajo correctamente.

Figura 16. Tanque de aire comprimido



Fuente: Autor

Figura 17. Manómetro ubicado en el tanque de presión.



Fuente: Autor

2.9.2 Filtro Regulador de Aire. Diseñados para impedir contaminantes sólidos y líquidos que están en el aire. Los filtros se pueden solicitar con distintos elementos, incluidos modelos coalescentes que pueden eliminar los aerosoles y partículas de hasta $0,3 \mu\text{m}$.

Unidad compacta filtro/regulador (EMEIA, 2015).

- Elemento de $5\mu\text{m}$ de larga vida
- Separador centrífugo
- Respuesta rápida
- Campana de policarbonato BS 6005
- Para montaje en línea, panel o soporte

- Buenas características de regulación y caudal
- Protector de campana opcional
- Acabado epoxi negro para protección (EMEIA, 2015)

Figura 18. Filtro Regulador de Aire



Fuente: (Dino-power Industry, 2015)

2.10 Elementos Electrónicos

2.10.1 Control Lógico Programado (PLC) EXM-12DC-DA-RT-WIFI. Este PLC tiene las siguientes características:

Posee una alimentación de 12 a 24VDC, tiene cuatro entradas digitales y cuatro entradas analógicas, para que las entradas sean registradas deben tener un valor de 10,8 a 28,8 VDC, los valores de señal "0" deben medir un voltaje Max. 3 V DC, 1mA y los valores de señal "1" deben medir un voltaje Max.8 V DC, 1,5 mA.

Sus salidas son 2 Relay (10A) y 2 transistores (PNP)/0. 3ª, posee una protección contra corto circuitos, pero el fusible externo es necesario, su frecuencia de conmutación es Relevó: 2 Hz con carga resistiva; Transistor: 1KHZ 0,5 Hz con carga inductiva. Posee un modelo WIFI ethernet y serial vía 232, un panel LCD, como también un RTC, la salida Q3 y Q4 tienen una velocidad de 1K HZ conectándose de forma Modbus RTU / ASCII / TCP. Tiene la capacidad de aumentar sus entradas y salidas conectando un módulo llamado ELC12-E. El control de salida es un control de la lógica del programa. Trabaja 100 horas a una temperatura de 25°C La temperatura ambiente debe variar 0 °C a 55 °C.

La pantalla del LCD tiene una pantalla de respuesta de 3s y el grado de protección es de IP20, sus dimensiones son 95mm de ancho, 90mm largo, 68mm espesor.

Figura 19. PLC EXM-12DC-DA-RT-WIFI



Fuente: (Charter Controlls, 2016)

2.10.2 *Volante Genius*. Volante de carreras de Genius. Su diseño le permite utilizarlo con juegos de carreras para PC, PS3, Wii y GameCube. Dispone de 11 botones programables incorporados que ofrecen funciones como: la bocina, frenos de emergencia, luces, mapas entre otras. Las dos palancas manuales especialmente diseñadas, se encuentran en la parte trasera del volante, este le permite cambiar de marchas rápidamente, el pedal ergonómico incluye acelerador y freno (KYE Systems Corp., 2011).

El brazo en forma de C se ajusta a cualquier mesa o escritorio. Trió Racer F1 cuenta con función plug-and-play, para que pueda jugar de forma inmediata sin requerir la instalación de controlador (KYE Systems Corp., 2011).

Figura 20. Volante Genius



Fuente: (Genius, 2015)

2.10.3 *Sensor Inductivo*. Son aquellos que sirve para detectar materiales metálicos ferrosos. Tiene una corriente (i) que circula a través de un hilo conductor, crea un campo magnético que está asociado a ella (Canto, 2010).

Dos cables de AC, tres cables de CC y cuatro hilos DC Múltiples modelos de la gama de sensores.

- PNP o NPN Salidas
- Latón niquelado Construcción
- Estado de salida de 360 ° es visible desde cualquier ángulo
- Protección contra polaridad invertida
- M12 Micro Tipo de conector, Nano Tipo de conector y Tipo de cable
- N / S & N / C salidas gratuitas en la mayoría de las unidades.
- Versiones blindados y no blindados
- Protección IP67 (Canto, 2010).

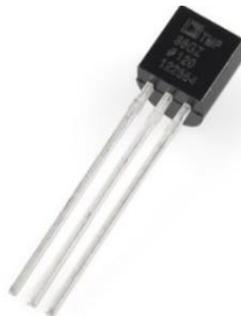
Figura 21. Sensor Inductivo IPSI-12PO2B



Fuente: (MakePolo, 2014)

2.10.4 Sensor de Temperatura. Son dispositivos que convierten los cambios de temperatura en cambios en señales eléctricas que son procesados por equipo eléctrico o electrónico” (PCE Ibérica, 2015).

Figura 22. Sensor de temperatura LM35



Fuente: (Electronilab, 2015)

2.10.5 Sensor de Presión. Suelen estar basados en la deformación de un elemento elástico cuyo movimiento es detectado por un transductor que convierte pequeños desplazamientos en señales eléctricas analógicas, más tarde se pueden obtener salidas digitales acondicionando la señal (Ulloa, y otros, 2012).

Figura 23. Sensor de presión



Fuente: (Nivelsis, 2016)

2.11 Elementos de protección

2.11.1 Electroválvulas. Son válvulas electromecánicas, diseñada para controlar el paso de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería, está formada de dos partes, un solenoide (bobina) y un cuerpo de válvula con 2 o 3 vías que sirve para abrir o cerrar el paso de un fluido a través de una señal eléctrica (SIRAI, 2015).

Figura 24. Válvulas electro neumáticas



Fuente: (Direct Industry, 2014)

2.12 Elementos de transporte

2.12.1 Mangueras neumáticas. Una manguera es un tubo hueco flexible diseñado para transportar fluidos de un lugar a otro (Tomkns Company, 2009).

Figura 25. Mangueras Neumáticas y terminales



Fuente: (Hidráulica y Neumática S.A., 2014)

2.12.2 Cable eléctrico. Conductores de corriente eléctrica. Los primeros cables estaban constituidos por un conductor de cobre protegido con una envoltura de gutapercha revestida con yute impregnado de alquitrán. Se empleó como aislante una mezcla compuesta por 50 partes de alquitrán de Trinidad refinado, 50 partes de aceite de semillas de algodón y 5-10 partes de azufre (Motorgiga, 2013).

Actualmente, los cables están formados por una trenza de alambres de cobre electrolítico protegida por una envoltura aislante de materia plástica. Frecuentemente, el recubrimiento aislante es de cloruro de polivi-nilo (Motorgiga, 2013).

Las conexiones eléctricas requieren precisión en la fase de montaje y controles sucesivos durante el funcionamiento. Una pérdida de corriente causada por un aislamiento inadecuado provoca la descarga de la batería (Motorgiga, 2013).

Figura 26. Cable eléctrico



Fuente: (Damia Solar, 2015)

2.13 Elementos de trabajo

2.13.1 Cilindros neumáticos. Conocidos como cilindro de aire, son dispositivos mecánicos los cuales producen fuerza conjuntamente con movimiento y se accionan con gas comprimido. Para que su función se realice, los cilindros neumáticos imparten fuerza convirtiendo energía potencial de gas comprimido en energía cinética (Tornero, 2009).

El cilindro es una pieza hecha con metal fuerte que soporta a lo largo de su vida útil un trabajo a alta temperatura con explosiones constantes de aire, aceite y combustibles. Una agrupación de cilindros en un motor forma el núcleo del mismo, conocido como bloque del motor (Tornero, 2009).

Figura 27. Cilindro Neumático



Fuente: (Direct Industry, 2016)

CAPÍTULO III

3. DISEÑO MECÁNICO Y NEUMÁTICO DEL SISTEMA

3.1 Cálculos de la Caja de Cambios Transversal del Suzuki Forsa I

La representación graficas de las diferentes marchas, se obtienen de una manera manual, obteniendo cálculos de los valores de desmultiplicación, de cada marcha de la caja de cambios, estos valores se encuentran en función del eje de entrada, con respecto a la salida.

$$\text{Relación de transmisión } (rt) = \frac{\text{Piñón conductor}}{\text{Piñón conducido}}$$

Donde:

(rt)= Relación de transmisión

Piñón Conductor (Z2) = Número de dientes del piñón conductor

Piñón Conducido (A1) = Número de dientes del piñón conducido

NOTA: El piñón conductor es el que transmite el movimiento, y el piñón conducido es el que recibe el movimiento.

La transmisión por ruedas dentadas tiene la siguiente misión:

- Transmitir la fuerza motriz en pares de un eje a otro.
- Modificar el número de revoluciones por diferencia de tamaño en los diámetros de los piñones.

La transmisión mediante engranajes se obtiene:

Avance. Es aumentar las revoluciones y disminuir el par de salida, con respecto a la entrada, esto se consigue con un engranaje de mayor diámetro y un engranaje más pequeño. Reducción. Es disminuir las revoluciones y aumentar el par. Los cálculos de la relación de transmisión también se los obtienen mediante fórmulas:

- Por las revoluciones de las ruedas dentadas.

$$rt = \frac{n_1}{n_2} \quad (1)$$

rt= Relación de transmisión

n1= Revoluciones de piñón conductor

n2= Revoluciones del piñón conducido.

- Por el número de dientes.

$$rt = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (2)$$

Z1= Número de dientes del piñón conductor

Z2= Número de dientes del piñón conducido.

Tabla 1. Datos técnicos Suzuki Forsa I

Motor	
Tipo	G10a sohc
Posición	Transversal
Desplazamiento	993 cc
Nº cilindros	3 en línea
Diámetro por carrera	74 x 77 mm
Potencia neta (din)	53 hp / 5.700 rpm
Torque neto (din)	7.7 kg-m (76 n-m) / 3,300rpm
Relación de compresión	9.5 : 1
Transmisión	
Tipo	Mono disco seco
Accionamiento	Mecánica (secuencial)
Caja de cambios	
Tipo	Manual 4 velocidades y 1 reversa
Relaciones	1a. 3,416
	2a. 1,894
	3a. 1,280
	4a. 0,914
	Rev. 2,916
Sincronización	1ra. A 4ta.
Palanca de cambios	Al piso
Relación de eje	4,388 : 1

Fuente: (Abad, y otros, 2010)

3.1.1 Cálculos con respecto a la potencia del motor. Las gráficas se obtienen mediante los respectivos cálculos, partiendo de los datos del banco de pruebas objeto de la presente tesis.

Tabla 2. Datos de la relación de transmisión de la caja

Motor	
Potencia neta (DIN)	53 HP / 5.700 RPM
Transmisión	
Tipo	Mono disco seco
Accionamiento	Mecánica (secuencial)
Caja de cambios	
Tipo	Manual 4 velocidades y 1 reversa
Relaciones	1A. 3,416
	2A. 1,894
	3A. 1,280
	4A. 0,914
	REV. 2,916
Sincronización	1ra. A 4ta.
Palanca de cambios	Al piso
Relación de eje	4,388: 1

Fuente: (Abad, y otros, 2010)

Relación total de desmultiplicación total.

- R_t = Relación de la velocidad x relación de grupo
- R_t = Relación Total
- r_v = Relación de la velocidad
- r_g = Relación del grupo (cono – corona)
- $R_{t1} = (1/3,416) \times (1/4,388) = 0,066804$
- $R_{t2} = (1/1,894) \times (1/4,388) = 0,120384$
- $R_{t3} = (1/1,280) \times (1/4,388) = 0,178068$
- $R_{t4} = (1/0,914) \times (1/4,388) = 0,249432$
- $R_{tREV} = (1/2,916) \times (1/4,388) = 0,07818$

Número de revoluciones de cada marcha. A la máxima potencia del motor, en la ecuación siguiente se calculará el número de revoluciones de cada marcha a la potencia máxima del motor.

$$N^\circ \text{ RPM} = rT \times (P \text{ max rpm del motor}) \quad (3)$$

rT = Relación Total

P max rpm = Revoluciones del motor en potencia máxima

$$N^{\circ} \text{RPM}_1 = 0,066804 \times 5700 = 380,783$$

$$N^{\circ} \text{RPM}_2 = 0,120384 \times 5700 = 686,189$$

$$N^{\circ} \text{RPM}_3 = 0,178068 \times 5700 = 1014,988$$

$$N^{\circ} \text{RPM}_4 = 0,249432 \times 5700 = 1421,762$$

$$N^{\circ} \text{RPM}_{\text{REV}} = 0,078189 \times 5700 = 445,679$$

3.1.2 Resultados respecto a la potencia del motor. Potencia máxima de 5700 revoluciones por minuto, se mostrarán los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 3. Resultados respecto a la Potencia Máxima del Motor

Marcha	rt (Caja de cambios)	rt (Diferencial)	rT	N° rpm a P max (5700)
1	0,293	0,228	0,066804	380,783
2	0,528	0,228	0,120384	686,189
3	0,781	0,228	0,178068	1014,988
4	1,094	0,228	0,249432	1421,762
REV.	0,343	0,228	0,078189	445,679

Fuente: Autor

3.1.3 Velocidad del régimen. Se denomina así el régimen de giro del motor comprendido entre el máximo par y la máxima potencia, el rendimiento del motor se aprovecha al máximo.

Cuando el vehículo sube una cuesta su velocidad tiende a disminuir, si disminuye su velocidad también lo hace la potencia desarrollada por el motor, con lo que el vehículo tiende a pararse, debe disponer pues de un mecanismo que permita girar al motor a la velocidad de régimen, sin que ello signifique necesariamente un aumento de velocidad del vehículo, ya que lo que se pretende es aprovechar al máximo la energía desarrollada por el motor. Disponemos para ello del cambio de velocidades.

3.2 Cálculos para la selección del actuador

Cuando se trata de seleccionar un actuador, se realizan las siguientes operaciones básicas de cálculo:

- Cálculo de la fuerza
- Verificación del pandeo (pandeo es un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, y que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión.)
- Capacidad de amortiguación
- Consumos de aire comprimido
- Fuerzas radiales

Para calcular el área del cilindro de simple efecto tenemos que aplicar la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (4)$$

Donde:

D es el diámetro del cilindro.

Para el cálculo del área de un cilindro de doble efecto se tendrá la siguiente ecuación

$$A = \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} \quad (5)$$

Donde:

D sigue siendo el diámetro del cilindro en metros

d es el diámetro del embolo en metros.

La fuerza desarrollada por un cilindro es función del diámetro del émbolo, de la presión del aire de alimentación y de la resistencia producida por el rozamiento. La fuerza

teórica se calcula por la siguiente ecuación:

$$F_{teor} = A \times P \quad (6)$$

Donde;

Fteor = Fuerza teórica del émbolo en N.

A = Área en m^2 (metros cuadrados)

P = Presión relativa en Pa (N/m²) Pascal Newton por metro cuadrado.

Para determinar la fuerza real hay que tener en cuenta los rozamientos. En condiciones normales de servicio (presiones entre 4 y 8 bar) las fuerzas de rozamiento representan de un 3 a un 20 % de la fuerza calculada.

Se calcula la fuerza teórica de un cilindro que posee un diámetro de 10 mm y una presión de trabajo de 7 bar.

Desarrollo;

Transformamos el diámetro de *mm a m*

$$10\text{mm} * \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} = 0.01\text{m}$$

Calculamos el área del cilindro

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * 0.01^2}{4} = 7.85 * 10^{-5} m^2$$

Ahora transformamos la presión a Pa (Pascales)

$$7\text{bar} * \frac{100000\text{Pa}}{1\text{Bar}} = 700000 \text{ Pa}$$

El cálculo para la Fuerza teórica

$$F_{teor} = A * P$$

$$F_{teor} = 7.85 * 10^{-5} * 700000$$

$$F_{teor} = 54,95 \text{ N}$$

3.3 Cálculo de consumo de aire de un cilindro

Para calcular el consumo de aire que necesita un cilindro de simple efecto tenemos la siguiente fórmula.

$$q = \frac{d^2 * \pi}{4} * S * n * \text{relación de presión} \left(\frac{l}{m}\right) \quad (7)$$

Donde;

q = es el consumo del cilindro medido en litros por minuto l/min

S = es la longitud de trayectoria del pistón

N = son los ciclos de trabajo por minuto

Para calcular el consumo de aire para un cilindro de doble efecto se tiene la ecuación

$$q = \left(\frac{D^2 * \pi}{4} * S + \frac{(D^2 - d^2) * \pi}{4} * S\right) * n * \text{relación de compresión} \left(\frac{l}{m}\right) \quad (8)$$

Donde;

D = diámetro del cilindro

d = diámetro del vástago

S = recorrido del pistón

N = número de ciclos por minuto

En el proyecto existe una unidad de mantenimiento que esta calibrada para que deje pasar 6 bar de presión.

Figura 28. Unidad de Mantenimiento



Fuente: Autor

Figura 29. Manómetro de la unidad de Mantenimiento



Fuente: Autor

Se tiene 2 cilindros pequeños que tienen un diámetro de 10mm (diámetro de vástago 8mm), son cilindros de doble efecto, pero están configurados de simple efecto su longitud de carrera es de 30mm y tiene una presión de trabajo de 6 bar (600kPa) constantemente. ¿Cuál será el consumo real de aire a 15 ciclos por minuto (1/m)?

Figura 30. Cilindro Pequeño configurado de simple efecto



Fuente: Autor

Figura 31. Conjunto de cilindros pequeños ubicados para la configuración de marchas



Fuente: Autor

Se debe primero obtener la relación de compresión se calcula aplicando la ecuación.

$$\text{Relación de compresión} = \frac{\text{Constante del aire} + \text{Presión de trabajo}}{\text{Constante del aire}} \quad (9)$$

$$\text{Relación de compresión} = \frac{101.3 \text{ KPa} + 600 \text{ KPa}}{101.3 \text{ KPa}}$$

$$\text{Relación de compresión} = 6.92$$

Aplicamos la fórmula para conocer el consumo del cilindro;

$$q = \left(\frac{100 \text{ mm}^2 * \pi}{4} * 30 \text{ mm} * 15 \text{ min}^{-1} * 6.92 \right)$$

$$q = 244572.99 \text{ mm}^3/\text{min}$$

Transformamos los mm^3 a litros;

$$q = 244572.99 \text{ mm}^3/\text{min} * (1\text{cm})^3 / (10\text{mm})^3 * 1\text{lit} / (1000\text{cm}^3)$$

$$q = 0.245 \text{ l/min}$$

Como son dos cilindros la q_{T1} va ser:

$$q_{T1} = q * 2 \quad (10)$$

$$q_{T1} = 0.49 \text{ l/min}$$

Los cilindros medianos tienen un diámetro de 15 mm (10mm de vástago) y una carrera del pistón de 43mm y ciclos de trabajo de 10.

Figura 32. Cilindros medianos ubicados en el mecanismo de la palanca de cambios



Fuente: Autor

La relación de compresión será la misma para los 3 tipos de mecanismos 6.92 ya que todos los cilindros tendrán la misma presión de ingreso;

$$q = \left(\frac{D^2 * \pi}{4} * S + \frac{(D^2 - d^2) * \pi}{4} * S \right) * n * \text{relacion de compresion} \quad (11)$$

$$q = \left(\frac{(15\text{mm})^2 * \pi}{4} * 43\text{mm} + \frac{((15\text{mm})^2 - (10\text{mm})^2) * \pi}{4} * 43\text{mm} \right) * 10\text{min}^{-1} * 6.92$$

$$q = 817960.77 \text{ mm}^3/\text{min}, \text{ transformamos a litros/ minuto};$$

$$q = 817960.77\text{mm}^3/\text{min} * (1\text{cm})^3 / (10\text{mm})^3 * 1\text{lit} / (1000\text{cm}^3)$$

$$q = 0.818 \text{ l/m}$$

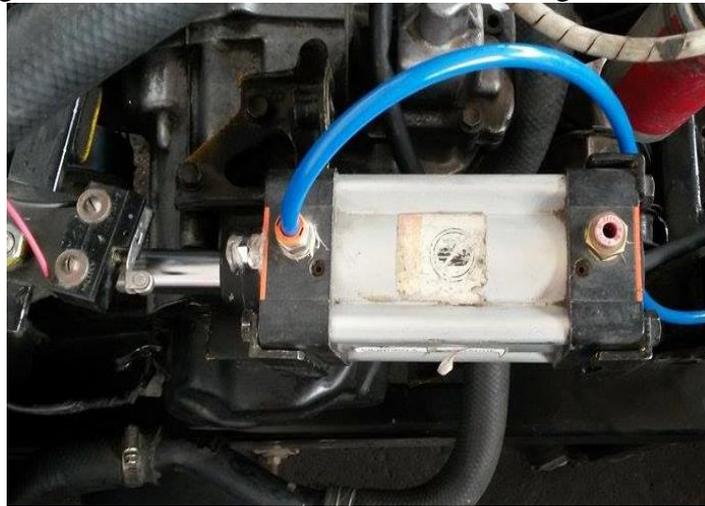
Como son 2 cilindros tendremos que para este mecanismo el resultado es;

$$q_{T2} = q * 2 \quad (12)$$

$$q_{T2} = 1,64 \text{ l/min}$$

Y un cilindro grande que funciona como disco de embrague tiene una configuración de un cilindro de simple efecto con un diámetro 24mm y una salida de embolo de 50 mm y un ciclo de trabajo de 15 veces por minuto.

Figura 33. Cilindro grande ubicado en el mecanismo del embrague



Fuente: Autor

$$q_3 = \left(\frac{(24\text{mm})^2 * \pi}{4} * 50\text{mm} * 15\text{min}^{-1} * 6.92 \right)$$

$$q_3 = 2347900.68\text{mm}^3/\text{min} \quad \text{Transformamos a litros/minuto;}$$

$$q_3 = 2.347 \text{ l/m}$$

El consumo de todos los cilindros seria la suma total de todos los sistemas;

$$q_{\text{Total}} = 0.49 + 1.64 + 2.347$$

$$q_{\text{Total}} = 4.47 \text{ l/m}$$

Caída de presión de aire por las mangueras. La fórmula para el cálculo de la presión en las mangueras es:

$$h_{pl} = f * \frac{L * V^2}{D * 2g} \quad (13)$$

Siendo;

h_{pl} = caída de presión en bar.

f = coeficiente de fricción del material en este caso del plástico 0.002, presión en bar.

D = diámetro de la tubería

G = aceleración de la gravedad

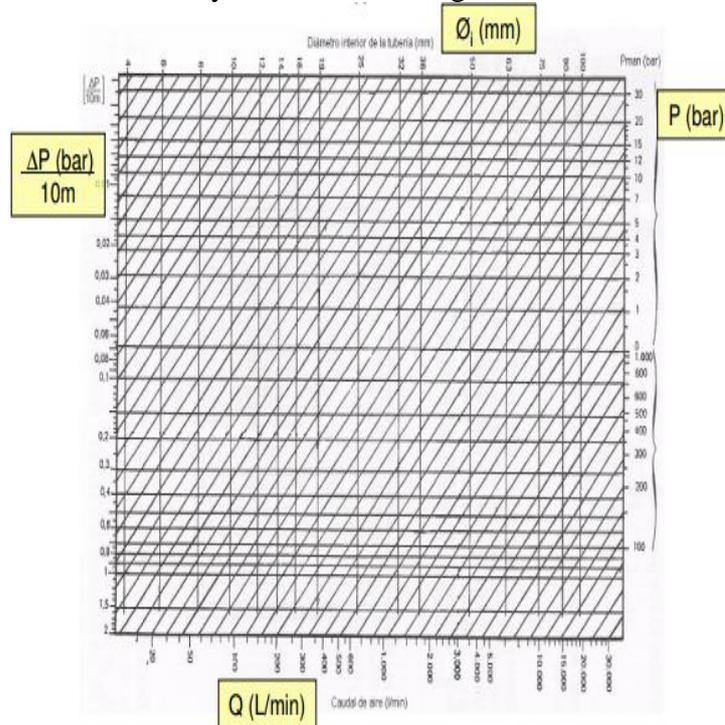
V = velocidad del fluido esta viene dada en l/m

D = diámetro de la tubería en mm.

L = longitud de la tubería en m.

Para evitar el problema de longitudes y cambios de magnitud se crearon unas tablas.

Figura 34. Tabla de resistencia y diametro de mangueras.



Fuente: (Gomafiltros, 2016)

Calcular la pérdida de carga de la tubería conociendo lo siguiente; El diámetro de la tubería de 8mm con una longitud de la manguera de 1.5m, una presión de 6 bar con un flujo de aire de 2.347 l/m que es el que se consume en el cilindro que se ocupa como

disco de embrague.

Con ayuda de la tabla nos ubicamos en la presión de 6 bar, que está a la derecha de la tabla y como si ubicamos pares coordenados en el plano cartesiano buscamos el caudal L/mi

La pérdida de la tubería sería:

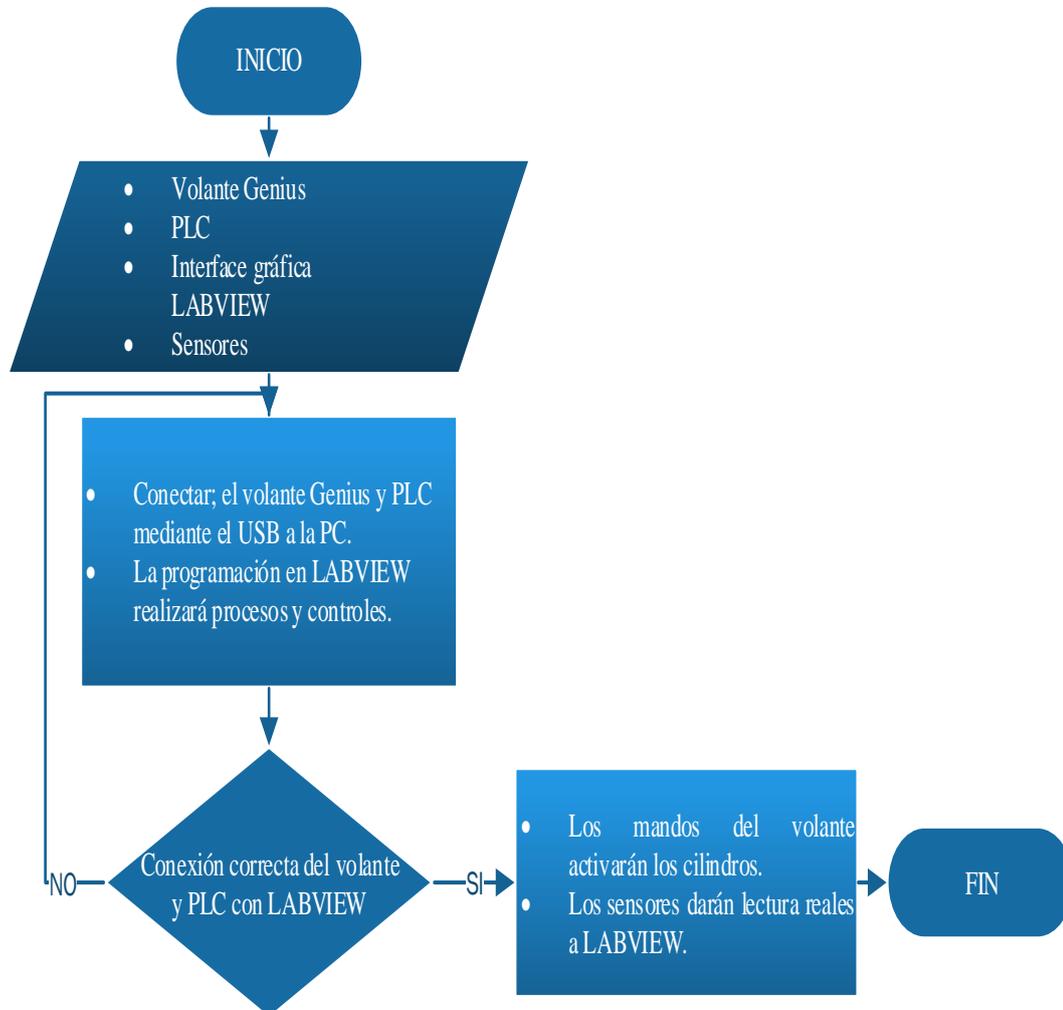
$$h_{pl} = 0.03 \text{ bar/ m}$$

Cada metro se pierde 0.03 bar.

CAPITULO IV

4. DISEÑO ELECTRÓNICO DEL SISTEMA

Figura 35. Diagrama de flujo de la programación de los periféricos de entrada y salida.



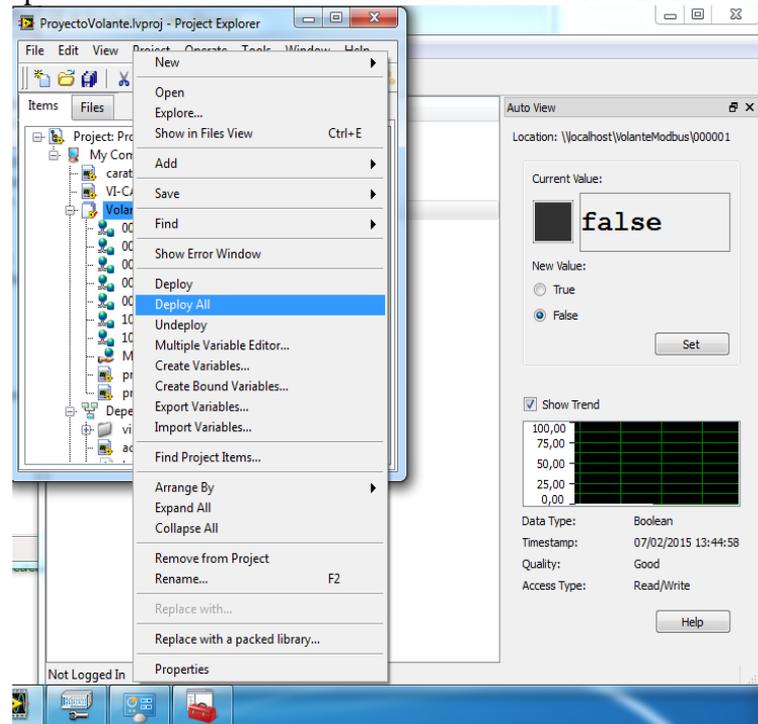
Fuente: Autor

4.1 Elementos para la configuración del volante Genius

Para comprobar la conexión del PLC EXM-12DC-DART-WIFI debemos realizar lo siguiente:

Abrimos el programa Labview colocando realizar un nuevo proyecto luego de eso en la parte que dice nombre del proyecto ponemos click derecho y buscamos en el menú DEPLOY ALL.

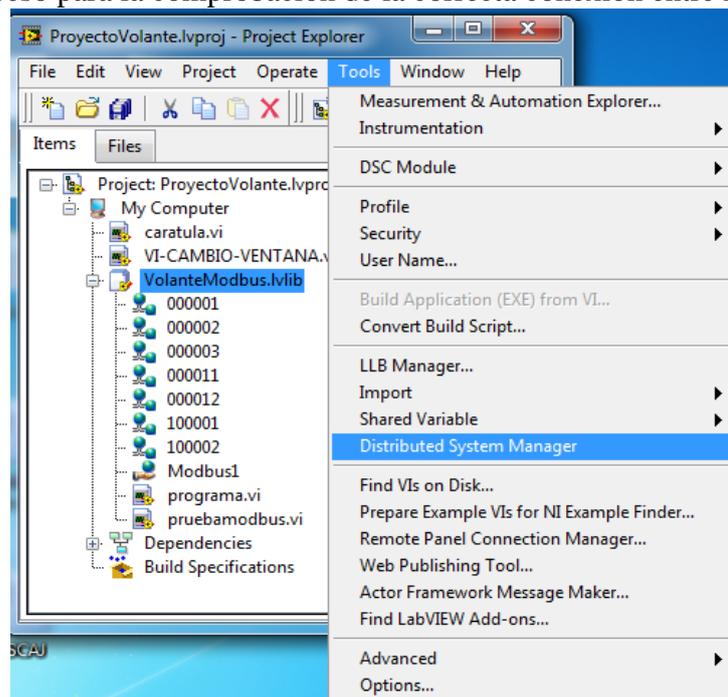
Figura 36. Comprobación de la conexión del PLC con labview 2012



Fuente: Autor

Nos ubicamos en la pestaña TOOLS que se encuentra en la parte superior del software labview y escogemos en el menú una herramienta la que dice DISTRIBUTED SYSTEM MANAGER.

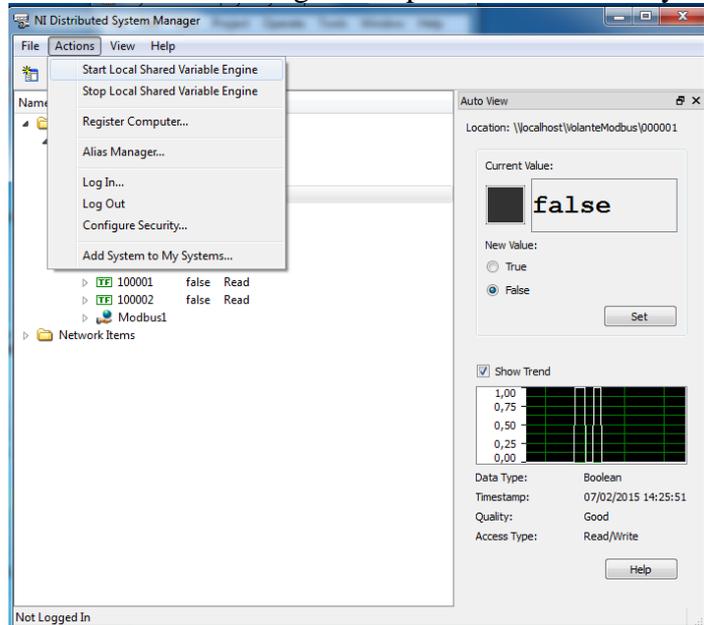
Figura 37. Proceso para la comprobación de la correcta conexión entre PLC y labview



Fuente: Autor

Esta herramienta nos permite ver las variables que programamos, deben dar un valor false/true comprobando así la conexión eficiente y procediendo a seguir nuestra programación.

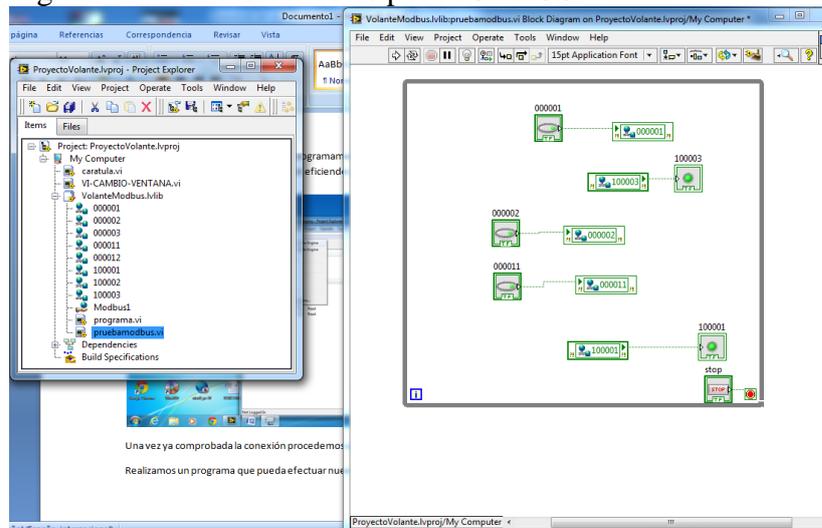
Figura 38. Herramienta distribuit manager comprueba las entradas y salidas del PLC



Fuente: Autor

Una vez ya comprobada la conexión procedemos a programar en labview estas variables. Realizamos un programa que pueda efectuar nuestros requerimientos en la pantalla de programación, hacemos click en los valores de modbus de las entradas o salidas y colocamos diferentes botones e indicadores.

Figura 39. Programacion de las variables por MODBUS

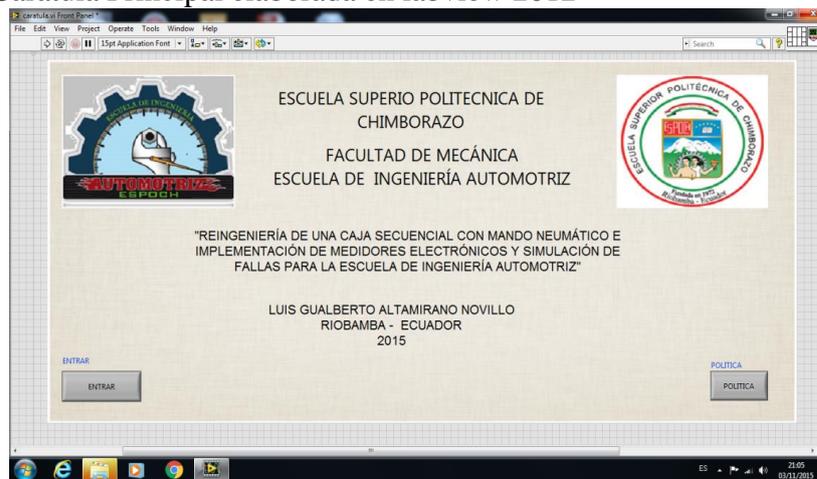


Fuente: Autor

Nuestro programa principal va ser realizado en labview 2012 es decir este se va encargar de todo el control que va a realizar nuestro proyecto, para lo cual vamos a configurar el volante Genius F1 PS2.

Primero realizamos una caratula respectiva que nos indica los datos más relevantes del sistema donde va constatar varios botones como: encender, pruebas de los controles, acerca del programa, botón de pare.

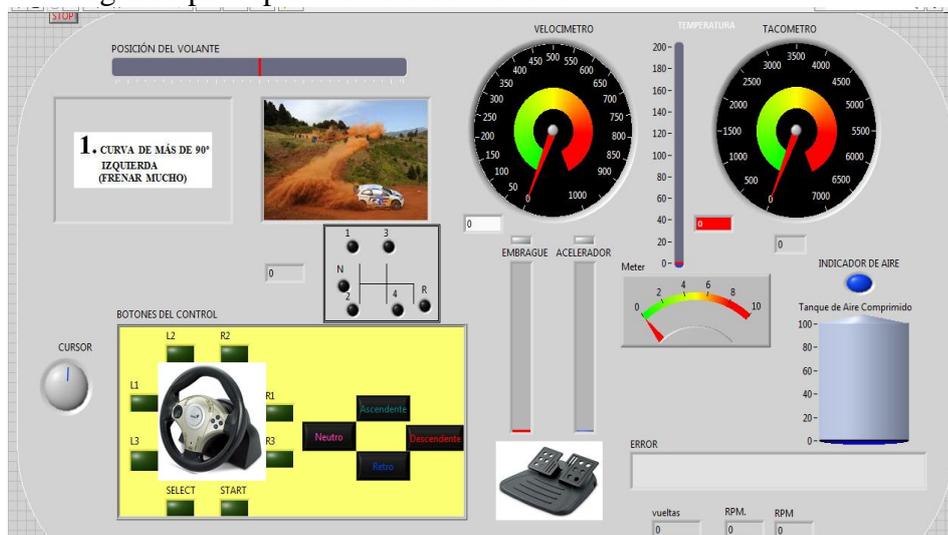
Figura 40. Caratula Principal elaborada en labview 2012



Fuente: Autor

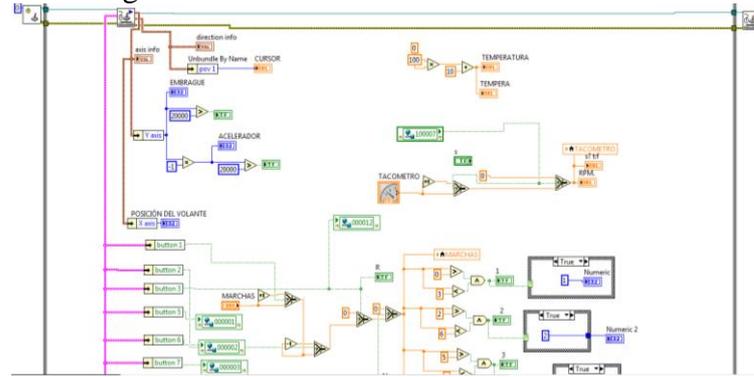
Cuando damos click en el botón ENTRAR el programa automáticamente saltara a otra ventana en la cual poseemos indicadores que son medidores de los sensores y también una interface que nos indica los botones que accionamos del volante genius USB.

Figura 41. Programa principal interface del usuario.



Fuente: Autor

Figura 42. Panel de Programación de la interface del usuario



Fuente: Autor

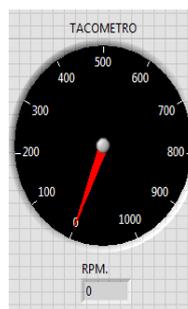
Cuando se accione la palanca derecha que está ubicada debajo del volante las marchas del motor se irán incrementándose de forma ascendente es decir 1ra, 2da, 3ra, 4ta prendiéndose en la pantalla de la pc el botón rojo y si se acciona la palanca izquierda regresaran de forma decreciente es decir 4ta, 3ra, 2da y 1ra encendiéndose el botón rosa, teniendo en cuenta que la caja de cambios también posee marcha de reversa cuando aplastemos el botón R1, R2, R3 y para que se accione o se coloque el sistema en Neutro aplastaremos cualquiera de los botones L1, L2, L3.

Para accionar las marchas también colocamos un embrague que será activado cuando aplastemos el pedal de la izquierda activándose un indicador que nos dirá que el embrague está siendo activado.

4.2 Sensor de Velocidad (Inductivo)

En nuestro PLC poseemos entradas que logran leer bits booleanos es decir entre 0 y 1 lógicos de forma rápida estas son el Pin 7 y el Pin 8 que son capaces de escribir los datos de la entrada hasta en 60khz.

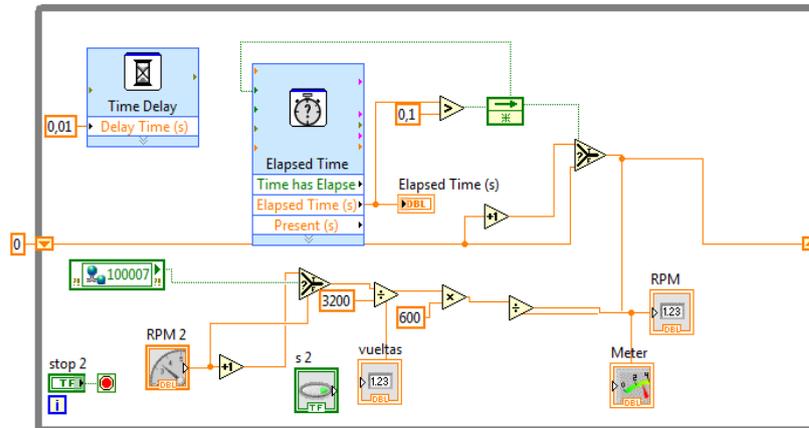
Figura 43. Indicador de velocidad



Fuente: Autor

Para la programación en labview realizamos lo siguiente

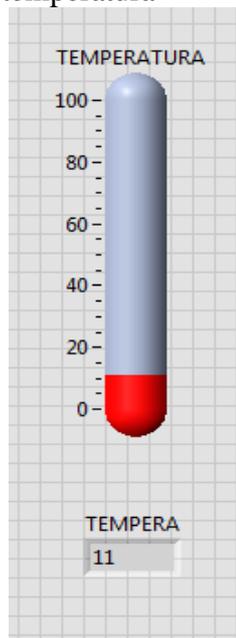
Figura 44. Estructura de Programación de indicador de velocidad



Fuente: Autor

4.3 Sensor de Temperatura

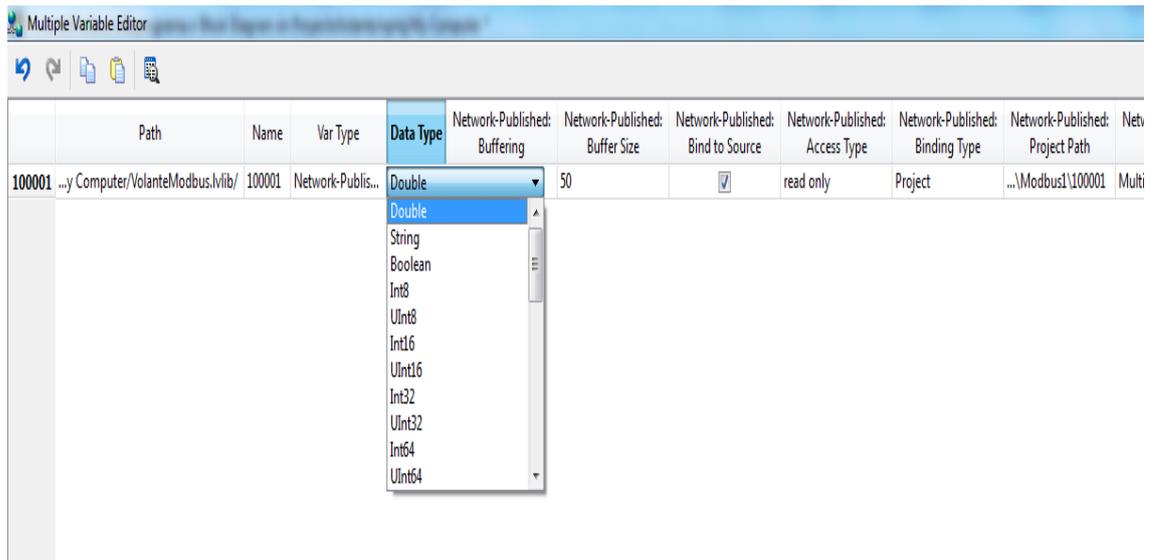
Figura 45. Indicador de Sensor de temperatura



Fuente: El Autor

Antes debemos ver el dato de entrada que tenemos que colocar en la entrada analógica de nuestro PLC esta puede ser desde la A1 hasta la A4 y cuando realicemos la conexión al modbus describimos que el dato sea un Double este dato nos da una correcta lectura del sensor de temperatura (Corporation, 2006).

Figura 46. Selección del tipo de dato que leerá el sensor de temperatura.



Fuente: Autor

CAPÍTULO V

5. IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA

5.1 Montaje del sistema neumático para accionamiento de la caja

A la salida del compresor conectamos un regulador que nos sirve para eliminar las impurezas y el agua generada por el mismo, siendo este que permite el paso del flujo de aire de manera óptima para el desempeño de las válvulas y cilindros.

Está conectado a un distribuidor de aire que posee seis salidas.

Figura 47. Regulador y distribuidor de Aire



Fuente: Autor

Colocamos seis electroválvulas de manera uniforme aún costado del motor, lo más cercano a los cilindros que actuarán activando la caja de cambios de manera neumática y el embrague.

Figura 48. Electroválvulas neumáticas



Fuente: Autor

Instalamos dos cilindros en forma vertical los cuales producen un movimiento de arriba hacia abajo realizando primera y segunda marcha, los dos cilindros que están colocados

de manera horizontal nos ayudan hacer el cambio de marchas de segunda a tercera y de tercera a cuarta como también neutro y retro, los dos primeros cilindros actúan como simple efecto ya que poseen una entrada de aire y un silenciador, los otros dos cilindros colocados de manera horizontal son cilindros de doble efecto , esto quiere decir que tienen dos entradas de aire las que permiten realizar el trabajo de entrada y salida del vástago dependiendo de la presencia de aire en las terminales.

Figura 49. Posición de los cilindros para reemplazar a la palanca de cambios.



Fuente: Autor

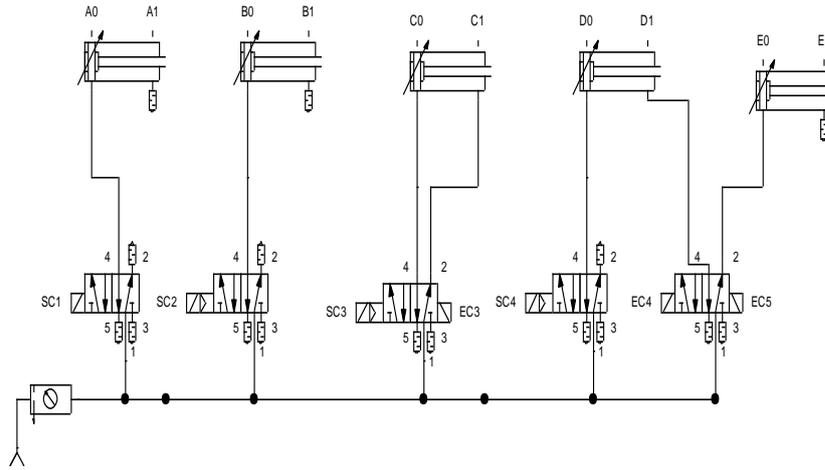
Cada marcha debe ser activada por el embrague, el cual nos ayuda a no forzar la caja de cambios, Este cilindro es de doble efecto, pero como tiene un accionamiento mecánico le hace salir al vástago de una manera automática.

Figura 50. Cilindro encargado de accionar el embrague



Fuente: Autor

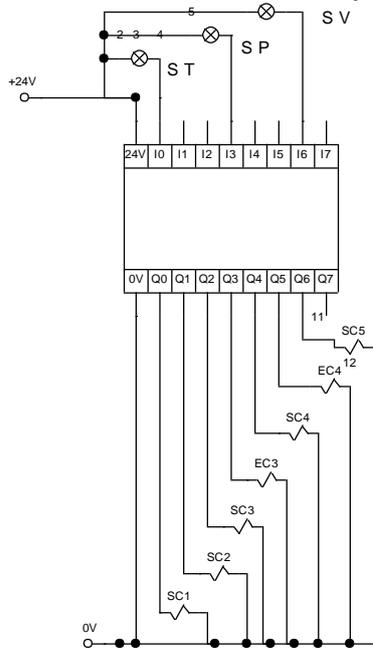
Figura 51. Diagrama Neumático de cilindros, válvulas.



Fuente: Autor

5.2 Montaje del sistema electrónico para funcionamiento y control del banco

Figura 52. Diagrama de diseño electrónico de entradas y salidas del PLC



Fuente: Autor

Figura 53. Proceso de conexión entre computadora, PLC y volante



Fuente: Autor

Este sistema posee una fuente de alimentación de 12 voltios de corriente continua, posee tres entradas principales que son: la señal del sensor de temperatura (ST), sensor de presión (SP) y sensor de velocidad (SV), sus salidas van activar la entrada de cada cilindro el cual forman el sistema de caja de cambios de forma secuencial.

En la siguiente tabla mostramos los elementos y la nomenclatura que se van a acoplar en la conexión del PLC hacia cada una de los cilindros.

Tabla 4. Conexión de salidas del PLC a electroválvulas

Marca de electroválvula	Conexión a salida PLC	Acción
SC1	Q0	Salida del cilindro 1
SC2	Q1	Salida del cilindro2
SC3	Q2	Salida del cilindro3
EC3	Q3	Entrada de cilindro 3
SC4	Q4	Salida del cilindro4
EC4	Q5	Entrada de cilindro 4
SC5	Q6	Salida del cilindro5

Fuente: Autor

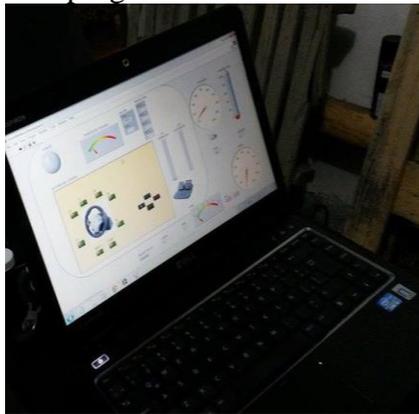
5.3 Mejoramiento del Sistema

Figura 54. Volante genius y PLC



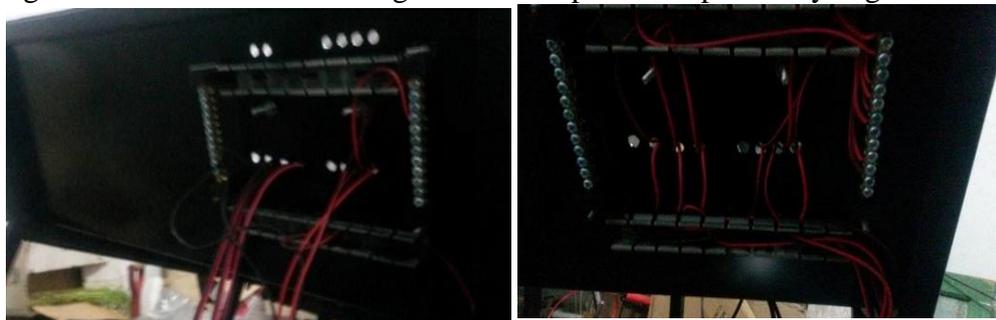
Fuente: Autor

Figura 55. Interface del Usuario programado en Labview



Fuente: Autor

Figura 56. Sistema eléctrico organizado con polaridad positiva y negativa



Fuente: Autor

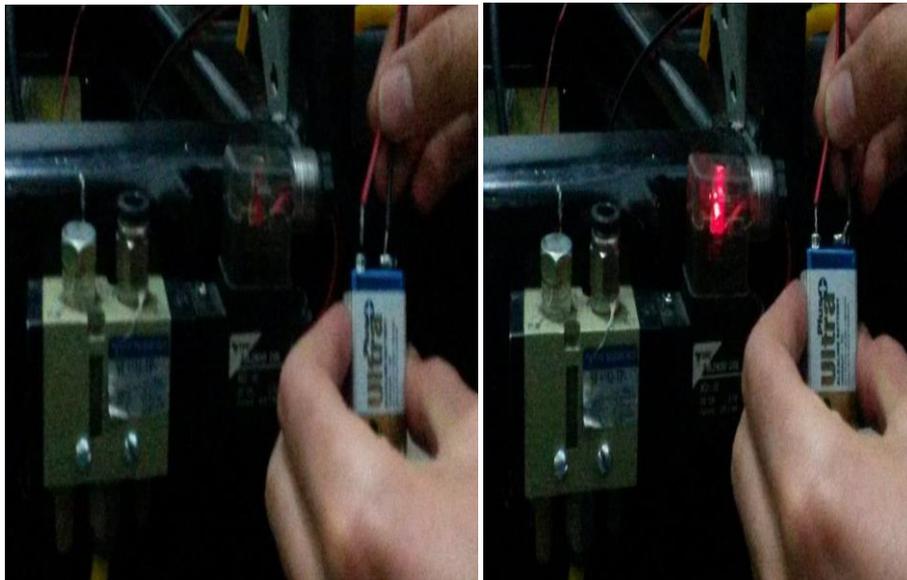
Figura 57. Colocación de cilindros neumáticos para producir marchas en la caja

secuencial



Fuente: Autor

Figura 58. Colocación y prueba de válvulas Electro neumática



Fuente: El Autor

CAPÍTULO VI

6. ANÁLISIS DE COSTOS

6.1 Inversión Fija

Este rubro es el dinero que se necesita para poner en marcha el proyecto, dentro del cual se insertan los valores correspondientes a: Costos de construcción, costos de maquinaria y equipos, puesta en marcha e imprevistos.

6.1.1 Costos de construcción. En estos costos tomaremos en cuenta el transporte del motor, elementos faltantes del motor (bandas, engranajes, poleas).

Tabla 5. Costos de construcción

Rubro	Precio (USD)
Transporte del motor	15,00
Elementos del motor	300,00
Total	315,00

Fuente: Autor

6.1.2 Costos de puesta en marcha. Los costos que aquí ubicamos son aquellos que nos sirven para que nuestra maquina funcione como por ejemplo baterías, fuentes, gasolina, etc.

Tabla 6. Costos de puesta en marcha

Descripción	Costo (USD)
Batería	90,00
Fuente 12Vcd	20,00
Gasolina	3,00
Total	113,00

Fuente: Autor

6.1.3 Costos de materiales. Estos costos son de materiales ocupados para la construcción de la mesa donde se descansará el motor, materiales eléctricos, materiales para la reconstrucción del sistema neumáticos y electrónicos. Todos los valores incluyen IVA.

Tabla 7. Costos de materiales

Materiales	Cantidad	Aplicación	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Planchas de tol	2x1 metros	Mesa de trabajo	20,00	20,00
Barra de aluminio hueca	6 metros	Mesa de trabajo	3,00	18,00
Latas de pintura negra	2 latas	Mesa de trabajo	3,50	7,00
Alambre eléctrico negro/rojo	20 metros	Sistema Eléctrico	0,50	10,00
Canaleta Ranurada Gris 25x25	1 unidad	Sistema Eléctrico	3,19	3,19
Riel Din	1 unidad	Sistema Eléctrico	2,12	2,12
Barra de Tierra 9x6mm	2 unidad	Sistema Eléctrico	1,98	3,96
Pegamento	2 unidad	Sistema Eléctrico	5,30	5,30
Alambre de timbre	4 metros	Sistema Eléctrico	0,50	2,00
Estaño	2 metros	Sistema Eléctrico	0,50	1,00
Sensor Inductivo	1 unidad	Sistema Eléctrico	40,00	40,00
Sensor Temperatura	1 unidad	Sistema Eléctrico	5,00	5,00
Sensor de presión	1 unidad	Sistema Eléctrico/Neu	15,00	15,00
Electroválvula monoestable 12V	1 unidad	Sistema Neumático	67,20	67,20
Regulador de flujo 1/8	2 unidad	Sistema Neumático	8,00	16,00
Tapones para válvula 1/8	1 unidad	Sistema Neumático	1,50	1,50
Escape a la atmosfera	2 unidad	Sistema Neumático	2,50	5,00
Conector reductor 8mm a 5mm	1 unidad	Sistema Neumático	1,00	1,00
Manguera neumática 8mm	10 metros	Sistema Neumático	2,50	25,00
Manguera neumática 5mm	1metro	Sistema Neumático	0,75	0,75
Juego de conectores Neumáticos	1 juego	Sistema Neumático	9,00	9,00
Broca de acero 5/16	2 unidad	Mesa de trabajo	1,92	3,84
Broca de acero 5/32	4 unidad	Mesa de trabajo	0,70	2,80
Perno 8x1.25	8 unidad	Sistema Neumático	0,68	5,47
Tuerca acero 5/16	9 unidad	Sistema Neumático	0,05	0,45
Tornillo de estufa 5/32	26 unidad	Sistema Neumático	0,03	0,78
Aran plana5/32	26 unidad	Sistema Neumático	0,01	0,34
Tornillo 4x50	6 unidad	Sistema Neumático	0,09	0,54
Perno ex 5/16	9 unidad	Sistema Neumático	0,05	0,54
Aran plana5/16	5 unidad	Sistema Neumático	0,02	0,10
Perno 10x	1 unidad	Sistema Neumático	0,50	0,50
PLC x-messenger y módulo expansor	1unidad	Sistema Eléctrico de control	500,00	500,00
Computador	1 unidad	Sistema Eléctrico de control	600,00	600,00
Volante Genius	1 unidad	Sistema Eléctrico de control	40,00	40,00
Total				1.413,38

Fuente: Autor

6.1.4 Imprevistos. Este valor se toma de elementos pequeños que no se han considerado en otros rubros, como a la variación de precios de los materiales por el tiempo en ejecución del proyecto, se dice que este valor es el 5% de los valores calculados anteriormente.

Tabla 8. Imprevistos

Descripción	Costo (USD)
Imprevistos	76,32

Fuente: Autor

En resumen, los costos de nuestra inversión fija son:

Tabla 9. Costos de inversión fija

Descripción	Costo (USD)
Costos de Construcción	315,00
Costos de materiales	1.413,38
Costos de puesta en marcha	113,00
Costos de Imprevistos	76,32
Inversión fija	1.917,70

Fuente: Autor

6.2 Costos de Operación

Son los valores que asume el tesista para que la máquina empiece su funcionamiento.

6.2.1 Mano de Obra Indirecta (MOI). Este valor es el que se cancela de forma eventualmente a un personal contratado en este caso será a maestro soldador, y técnico del motor.

Tabla 10. Mano de obra Indirecta

Descripción	Costo de obra (USD)
Maestro Soldador	25,00
Técnico de motores	15,00
Total MOI	40,00

Fuente: Autor

6.2.2 Mano de Obra Directa (MOD). Este rubro es el que se cancela a las personas que ayudaron en su gran mayoría a la construcción en este caso de la investigación, las personas que ayudaron fueron un especialista electrónico, ingeniero neumático.

Tabla 11. Mano de obra directa

Descripción	Costo de investigación (USD)
Especialista electrónico	150,00

Ingeniero neumático	50,00
Total MOD	200,00

Fuente: Autor

6.2.3 Suministros. Este valor es el que se consumió en energía eléctrica.

Tabla 12. Suministros

Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo mensual (USD)	Costo x obra 4 meses (USD)
Energía eléctrica KW/mes	200KW	0,11	22,00	88,00
Total				88,00

Fuente: Autor

Los costos de operación son:

Tabla 13. Costos de operación

Descripción	Costos (USD)
Mano de obra indirecta	40,00
Mano de obra directa	200,00
Suministros	88,00
Total	328,00

Fuente: Autor

En resumen, los costos de inversión:

Tabla 14. Resumen de costos de inversión

Descripción	Costo de Inversión (USD)
Inversión fija	1.917,70
Costos de Operación	328,00
Total	2.245,70

Fuente: Autor

Para nuestro proyecto de tesis necesitamos una inversión de \$2.245,70

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se identificó los diferentes tipos de cajas de cambio con sus funciones y mecanismos logrando el perfecto funcionamiento de nuestra caja de cambios secuencial.

Existen dos tipos de cajas de cambio como son: Caja de cambio mecánico selección manual y Caja de cambio automática las cuales permiten la selección de las diferentes velocidades, la primera mediante un mando mecánico y la segunda utiliza engranajes epicicloidales.

Para correcta lectura y comprensión de los datos adquiridos por los sensores, realizamos una interface que permite al usuario final la correcta lectura del funcionamiento de todo el sistema (Sistema eléctrico y neumático).

El sistema que se incorporó nos permite simular fallas tanto en el sistema eléctrico como en el sistema neumático. Con una fiabilidad del 99% determinando que se encuentra en óptimas condiciones para su funcionamiento comprobando la hipótesis planteada.

El software incorporado nos permite controlar el funcionamiento de la caja de cambios de forma secuencial y tener una visión en la medición de temperatura, velocidad, presión de la máquina.

7.2 Recomendaciones

Leer los manuales de usuario y mantenimiento para no tener dificultades en el futuro con el funcionamiento de todo el sistema implementado.

Tener en cuenta que en nuestro sistema neumático debe existir aire comprimido provenientes de un compresor o de un tanque.

Antes de poner en marcha nuestro sistema eléctrico verificamos que tenga continuidad todo el sistema eléctrico para evitar problemas futuros.

Comprobar que nuestra batería este en perfecto estado.

Verificar el correcto funcionamiento del motor.

Comprobar la conexión que exista entre el PLC y el Software Labview con la herramienta del programa llamada distribuit manager.

Comprobar que le volante Genius esté conectado con la interface en Labview.

Bajo ninguna circunstancia no se debe manipular el sistema neumático cuando exista aire en el interior de los conductos.

BIBLIOGRAFIA

ABAD GRANDA, Darwin Nixon; et al. *Implementación de un banco didáctico para pruebas funcionales de una caja de transmisión mecánicas transejes, con diagramas de resultados.* [En línea] (Tesis). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingenierías, Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz. Cuenca, Ecuador. 2010. pp. [Consulta: 2015-09-11]. Disponible en:
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4840/1/UPS-CT001905.pdf>

TALLER VIRTUAL. *Cómo conducir un coche con cambio automático.* [En línea]. España, 3 de septiembre 2012. [Consulta: 2015-09-19]. Disponible en:
<http://www.actualidadmotor.com/como-conducir-un-coche-con-cambio-automatico/>

ARTEAGA, Cesar. *La Transmisiones Automaticas y sus tipos* [blog]. [Consulta: 2015-02-22]. Disponible en: <http://cesararteaga1995.blogspot.com/2015/02/la-transmisiones-automaticas-y-sus-tipos.html?view=flipcard>

CELIS, Enrique. *Caja de velocidades manual – Standard Transmission.* [En línea]. 2015. [Consulta: 2015-10-01]. Disponible en: <http://automecanico.com/auto2003/transma2.html>

CANTOS, Carlos. *Sensores Inductivos.* [En línea]. 2010. [Consulta: 2015-02-01]. Disponible en: http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/24_SENSORES_INDUCTIVOS.PDF

IFPS. *Cajas de cambios robotizadas.* [En línea]. Valencia, 2010. [Consulta: 2015-08-11]. Disponible en:
<https://www.comforp.net/index.php/component/rsfiles/previsualizar.html?path=concurso%252Ftransmision%252F2007-376-01-b.pdf>

CHARTER CONTROLS. *Charter Controls.* [En línea]. Hertfordshire, 2015. [Consulta: 2015-08-12]. Disponible en: <http://www.findtheneedle.co.uk/companies/charter-controls>

EDITORIAL POR LA DEMOCRACIA. *Historia de éxito del sistema PDK de Porsche.* [En línea]. 2013. [Consulta: 2015-04-15]. Disponible en: http://www.prensa.com/cerokm/Historia-exito-sistema-PDK-Porsche_7_3639456022.html

NATIONAL INSTRUMENTS. *Labview Basico 1.* Estados Unidos: Corporation National Instruments, 2006.

SOLAR, Damia. *La importancia del tamaño del cable a utilizar en la instalación solar.* [En línea]. Brasil, 29 de julio del 2015. [Consulta: 2015-09-13]. Disponible en: <http://www.directindustry.es/prod/hui-bao-enterprise-36315.html>.

DOMINGUEZ, Esteban; & FERRER, Julian. *Cajas de cambios manuales Sistemas de transmisión y frenado.* Madrid: EDITEX, 2012, pp. 15-20

FLORES, Javier. *Tecnología PDK de Porsche, así funciona el doble embrague.* [En

línea]. Madrid, 2011. [Consulta: 2015-06-30]. Disponible en: <http://www.muyinteresante.es/innovacion/articulo/innovacion-automocion-tecnologia-pdk-de-porsche-asi-funciona-el-doble-embrague>

ALIRIO, Gil. *Embrague*. [En línea]. Bogotá., 2014. [Consulta: 2015-09-26]. Disponible en: <http://geiserh.com/ALISTAMIENTO11.htm>

GIL, Hermogenes. *Manual del automóvil*. Madrid: Cultural S.A., 2000, pp. 25-30

HNTTOOLS. *Compresores e instalaciones neumáticas*. [En línea]. Medellín, 2016. [Consulta: 2015-10-04]. Disponible en: <http://www.hntools.es/>

LOAIZA ZAPATA, Carlos Andres. *Automatico y Mecanico: una caja, dos estilos de conducción*. [blog]. Medellín: 2012 [Consulta: 2015-01-30]. Disponible en: <http://www.sura.com/blogs/autos/caja-automatica-mecanica.aspx>

MakePolo. *IBEST M12 Proximity Switch, Proximity Sensor*. [En línea]. USA, 2014. [Consulta: 2015-06-23]. Disponible en: <http://1119854.en.makepolo.com/products/IBEST-M12-Proximity-Switch-Proximity-Sensor-p57829187.html>

MARTINEZ, Hermogenes Gill. *Manual del Automovil, Reparacion y Mantenimiento*. Madrid: Cultural S.A., 2000

MEGANEBOY, Dani. *Cajas de cambio*. [En línea]. USA, 2014. [Consulta: 2015-01-30]. Disponible en: <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>

MotorGiga. *Cables electrónicos – Definicion – Significado*. [En línea]. 2013. [Consulta: 2015-07-11]. Disponible en: https://motorgiga.com/?utm_source=web&utm_campaign=menu_estatico&utm_medium=motorgiga.com

PCE INSTRUMENTS. *Sensores de temperatura*. [En línea]. España, 2015. [Consulta: 2015-02-02]. Disponible en: <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/sistemas/sensores-temperatura.htm>

PUELLO, Jhon; & JINETE, Rodrigo. *Engranajes*. [En línea]. España, 2014. [Consulta: 2015-10-21]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/jotafr/engranajes-37960993>

RENAULT. *Caja de cambios automática EDC*. [En línea]. España, 2016. [Consulta: 2015-10-21]. Disponible en: <http://www.renault.es/gama-renault/renault-vehiculos-turismos/nuevo-megane-berlina/caja-de-cambios-automatica-EDC/>

SIRAI. *Electroválvulas para aplicaciones generales*. [En línea]. Barcelona, 2015. [Consulta: 2015-02-02]. Disponible en: <http://www.panelserver.net/pertegazsl/ElectroValvulas.pdf>

¿Qué es un compresor? [En línea]. Mexico: Starline air compressor, S.A., 2012. [Consulta: 2015-08-11]. Disponible en: http://www.starline.com.mx/?page_id=161

TECNOLOGIA DEL AUTOMOVIL. *Los 4 tipos de cajas de cambios.* [blog]. [Consulta: 2015-01-22]. Disponible en: <http://autastec.com/blog/organos-elementos/4-tipos-caja-cambios/>

GATES DE MÉXICO, S. A. *Master Mangueras Industriales.* [En línea]. México, 2009. [Consulta: 2015-02-03]. Disponible en: http://www.gates.com.mx/pdf/MASTER_MANG_IND_0409MXRED.pdf

ESCALERA, Manuel; & RODRIGUEZ, Antonio. *Actuadores Neumáticos.* [En línea]. México, 2009. [Consulta: 2015-02-15]. Disponible en: <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos%20IM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Esacalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>