

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL
EJÉRCITO
ESPE - LATACUNGA**



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

PROYECTO DE GRADO

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
CONTROL ELECTRÓNICO PARA OPTIMIZAR EL
SISTEMA DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA DE UNA
CAMIONETA LUV 2.3 L”**

KLÉBER OSWALDO LÓPEZ PAREDES

LATACUNGA - ECUADOR

2008

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo teórico - práctico fue elaborado en su totalidad por el señor Kléber Oswaldo López Paredes, bajo nuestra dirección y codirección, como requisito para la obtención del título de Ingeniero en Mecánica Automotriz.

Ing. Germán Erazo
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Euro Mena
CODIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

En la vida nada es posible alcanzarlo sin la bendición de Dios, y si uno no aprende a fortalecer los cimientos del conocimiento, mas aún los valores que guían nuestras vidas pues no todos tenemos la habilidad de transitar estos conocimientos tan valiosos para la formación de nuestros modelos que a futuro hagan la diferencia.

Por eso dedico con todo mi cariño a mis padres Juan y Marina por el esfuerzo y sacrificio que supieron dar ellos para seguir adelante, abriendo paso por el arduo camino de la vida hasta obtener la siempre soñada y bendita felicidad.

Como olvidar a mi abuelita Rosa, que aunque no esta físicamente conmigo, espiritualmente esta en todo momento.

Kléber López

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios, por su infinita bondad de darme el don de la vida, a mis Padres, Hermanos y Familia que han sabido guiarme por el camino del éxito dándome su apoyo moral y espiritual para poder culminar una etapa más en mi carrera estudiantil.

Mi agradecimiento más sincero y profundo a la Escuela Politécnica del Ejército por haberme acogido en sus aulas, a mis maestros que a lo largo de mi carrera supieron compartirme sus conocimientos académicos y éticos.

El agradecimiento profundo a mi Director y Codirector de tesis, quiénes me supieron guiarme para el desarrollo de este proyecto.

Aquellas personas compañeros y amigos que de una u otra manera me ayudaron con la culminación de este trabajo.

Kléber López

ÍNDICE

CAPÍTULO I.- PROYECTO DE ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL A UNA DIRECCIÓN HIDRÁULICA	1
1.1.- Antecedentes	1
1.2.- Justificación	2
1.3.- Objetivo	3
1.3.1.- Objetivo general	3
1.3.2.- Objetivos específicos del proyecto	3
CAPÍTULO II.- SISTEMAS DE DIRECCIÓN	4
2.1.- Misión del sistema de dirección	4
2.2.- Componentes del sistema de dirección hidráulica	4
2.2.1.- Bomba de presión	4
2.2.2.- Válvulas	7
2.2.2.1.- Válvula rotativa	7
2.2.2.2.- Válvula tipo carrete	9
2.2.3.- Enfriador de la dirección hidráulica	9
2.2.4.- Mangueras de la dirección hidráulica	10
2.2.5.- Fluído de dirección hidráulica	11
2.2.6.- Pistón hidráulico	12
2.2.7.- Mecanismo de mando	13
2.2.7.1.- Volante de la dirección	13
2.2.7.2.- Columna de la dirección	13
2.2.7.3.- Brazo de mando o pitman	14
2.2.7.4.- Biela de dirección	15
2.2.7.5.- Palanca de ataque	16
2.2.7.6.- Barra de acoplamiento	16
2.3.- Tipos de sistemas de dirección	17
2.3.1.- Dirección hidráulica integral de piñón y cremallera	17

2.3.2.- Dirección hidráulica eléctrica de piñón y cremallera	20
2.3.3.- Mecanismo integral de dirección hidráulica de bolas recirculantes.	21
2.3.3.1.- Operación de la válvula rotativa	22
2.3.3.2.- Operación de la válvula tipo carrete	24
2.3.4.- Dirección hidráulica no integrada	24
2.3.5.- Dirección hidráulica electrónica de asistencia variable	25
CAPÍTULO III.- DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS	28
3.1.- Requerimientos del sistema de control para dirección hidráulica	28
3.2.- Características del sistema	28
3.3.- Diseño mecánico	29
3.3.1.- Diseño del eje de la bomba hidráulica	29
3.3.1.1.- Diseño por carga estática	34
3.3.1.2.- Diseño dinámico	34
3.3.2.- Cálculos para diseño estático	34
3.3.3.- Selección del material a utilizar	36
3.3.3.1.- Selección del material de acuerdo a sus características	37
3.3.3.2.- Propiedades mecánicas y físicas	37
3.3.4.- Factor de seguridad	39
3.3.5.- Cálculos para diseño dinámico	41
3.4.- Selección de los elementos eléctricos y electrónicos	45
3.4.1.- Selección del Pic	45
3.4.1.1.- Componentes	46
3.4.1.2.- Ventajas	46
3.4.1.3.- Características principales del Pic 16F877A	47
3.4.1.4.- Periféricos	48
3.4.1.5.- Descripción de pines	49
3.4.2.- Embrague electromagnético	51
3.4.2.1.- Características	52
3.4.2.2.- Funcionamiento	52
3.4.3.- Selección del relé	54

3.4.3.1.- Características generales	56
3.4.3.2.- Ventajas	56
3.4.4.- Sensor de velocidad	57
3.4.4.1.- Funcionamiento	58
3.4.4.2.- Ventajas	58
3.4.5.- Sensor de ángulo de dirección de ruedas	59
3.4.5.1.- Características técnicas	60
3.4.6.- Display – LCD de 2x16	60
3.4.6.1.- Características	61
3.4.6.2.- Funcionamiento	61
3.4.6.3.- Descripción de pines del LCD	62
3.4.6.4.- Juego de caracteres del LCD	62

**CAPÍTULO IV.- CONSTRUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS
ELEMENTOS DEL SISTEMA** 63

4.1.- Proceso de construcción de elementos mecánicos	63
4.1.1.- Eje de la bomba hidráulica	63
4.1.2.- Reconstrucción del eje de polea del embrague electromagnético.	67
4.1.3.- Construcción de la base para la bomba – embrague	68
4.1.4.- Construcción de la base para el sensor de ángulo	69
4.2.- Proceso de construcción del control electrónico en protoboar	70
4.2.1.- Programación del Pic 16F877A	72
4.3.- Esquema del proceso de desmontaje y montaje de los componentes mecánicos del sistema.	72
4.3.1.- Secuencia de armaje del conjunto bomba – embrague	72
4.3.2.- Secuencia de montaje de la bomba hidráulica – embrague al vehículo.	76
4.4.- Montaje de elementos electrónicos e instalación eléctrica	79
4.4.1.- Montaje del sensor de velocidad	79
4.4.2.- Montaje del sensor del ángulo de dirección de las ruedas	81
4.4.3.- Montaje del control electrónico realizado en placa	82

CAPÍTULO V.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	87
5.1.- Prueba de funcionamiento de la bomba – embrague antes de montar al vehículo.	87
5.2.- Prueba de consumo de combustible del vehículo antes de instalar el sistema de control para dirección hidráulica.	89
5.3.- Prueba de consumo de combustible del vehículo instalado el sistema de control electrónico.	93
5.3.1.- Zeteada del control electrónico	96
5.4.- Ventajas y desventajas del sistema de control para dirección	98
5.4.1.- Ventajas	98
5.4.2.- Desventajas	99
5.5.- Manual de usuario del sistema de control electrónico para dirección hidráulica.	99
5.5.1.- Antes de utilizar	99
5.5.2.- Especificaciones del sistema de control electrónico para dirección hidráulica.	100
5.5.3.- Funcionamiento del control electrónico	101
CAPÍTULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
Conclusiones	103
Recomendaciones	105

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

I.- PROYECTO DE ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL AL SISTEMA DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA

1.1.- ANTECEDENTES.

La misión de la Escuela Politécnica del Ejército sede Latacunga, es formar profesionales teórico práctico de excelencia, con capacidad de conducción y liderazgo, que impulsen el desarrollo del país.

La Carrera de Ingeniería Automotriz, forma profesionales calificados para la construcción, repotenciación y mantenimiento de sistemas automotrices.

La dirección es el sistema encargado de proporcionar el giro adecuado a las ruedas delanteras del vehículo mediante la acción que el conductor ejecuta sobre el volante para que tome la trayectoria deseada.

Uno de los factores de seguridad más importantes en la marcha del vehículo está en la dirección. Una seguridad que se requiere en altas velocidades y una mayor maniobrabilidad en bajas.

En un sistema de dirección hidráulico necesitamos que cuando el vehículo esta parado la bomba no funcione y no consuma potencia del motor, sin embargo cuando necesitamos movilizarnos la bomba recién debe enviar fluido, y en altas velocidades la bomba debe dejar de funcionar con el fin de ganar en precisión de conducción y seguridad.

Por tal razón debemos lograr implementar eficazmente este sistema de control a la dirección hidráulica, conocer como funciona y realizar un estudio de la misma.

El sistema de dirección del vehículo es uno de los mecanismos de mayor importancia, de éste dependerá el desplazamiento del mismo según una trayectoria elegida por el conductor. En la actualidad el gran aumento de potencia y velocidad ha hecho que la dirección tenga una gran perfección y comodidad.

1.2.- JUSTIFICACIÓN.

El avance tecnológico en los automóviles en lo concerniente en las aplicaciones eléctricas y electrónicas ha creado la necesidad de contar con técnicos automotrices en el área de sistemas de la electricidad y electrónica aplicadas en los modernos automóviles.

El desarrollo de este proyecto es importante ya que se conseguirá crear una cultura de investigación en las áreas de electrónica aplicadas en el automóvil, nos especialicemos en esta y obtengamos experiencia que luego pondremos en práctica en nuestro desarrollo profesional en la reparación, construcción, adaptación y optimización de los diferentes sistemas del vehículo.

Desde el principio de los tiempos, el hombre que siempre ha gobernado el desplazamiento de un vehículo, ha tenido necesidad de manejar algún mando, que hiciera posible que aquel se desplazará por una trayectoria por él elegida.

De tal manera todos estos equipos y principalmente la dirección hidráulica deben encontrarse en perfecto estado para tener una mejor maniobrabilidad.

Ante esto el presente proyecto responde al deseo de realizar una investigación en sobre una forma de minimizar el consumo de combustible a través de un dispositivo instalado en la dirección del vehículo para controlar un

embrague electromagnético que accione la bomba hidráulica solo cuando sea requerido (giros en parada y velocidades bajas), y cuando no sea requerida la bomba (vehículo parado y velocidades altas).

La instalación de este prototipo en un vehículo permitirá que se reduzca el consumo de combustible (5% – 10% aproximadamente) ¹, y la pérdida de potencia (6% aproximadamente), factores que inciden para mover la bomba hidráulica innecesariamente cuando el vehículo esta parado o circula a velocidades altas.

1.3.- OBJETIVO

1.3.1.- OBJETIVO GENERAL.

Diseñar y construir un sistema de control para optimizar a un sistema de dirección hidráulica en una camioneta Luv 2.3 L.

1.3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

- Diseñar y construir un dispositivo que active a la bomba hidráulica mediante un embrague electromagnético cuando el vehículo comience a rodar o marque kilometraje.
- Ahorrar combustible y minimizar las pérdidas de potencia a través de un dispositivo electrónico que comande un sistema eléctrico para accionar a la bomba hidráulica del sistema de dirección.
- Instalar en una camioneta Chevrolet Luv 2.3 L el dispositivo para comprobar que el sistema funciona.
- Crear un manual de mantenimiento para el sistema diseñado.

¹. http://www.CONAE/recomendacionespara_ahorrargasolina.htm

II.- SISTEMAS DE DIRECCIÓN

2.1.- MISIÓN DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.

La misión del sistema de dirección es dirigir las ruedas delanteras en respuesta a las órdenes dadas por el conductor para conseguir un control direccional del vehículo. Las cualidades de dirección de un vehículo dependen de factores tales como las dimensiones del volante, la inclinación del volante, la desmultiplicación entre el volante y las ruedas, el engranaje de dirección y la transmisión engranaje-ruedas (fig. 2.1).

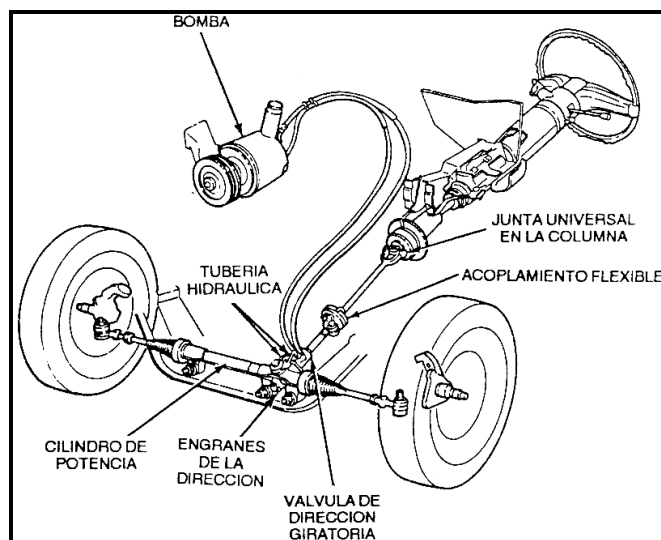


Fig. 2.1.- Esquema de funcionamiento de la dirección

2.2.- COMPONENTES DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA.

2.2.1.- BOMBA DE PRESIÓN

La bomba produce la presión hidráulica y flujo requeridos para la operación del sistema; normalmente está propulsada por medio de una banda a partir del cigüeñal del motor (fig. 2.2).

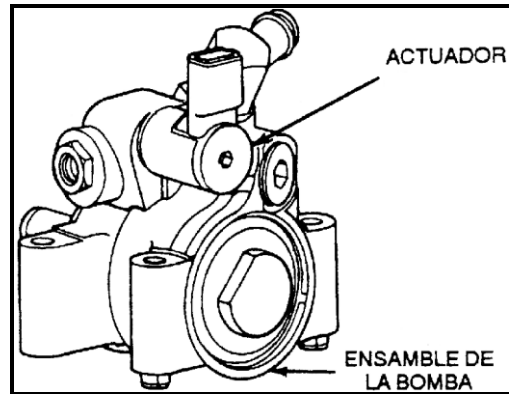


Fig. 2.2.- Esquema de una bomba hidráulica

Existen cuatro tipos de bombas de dirección hidráulica en lo que se refiere a elementos de bombeo: rodillos, aletas o paletas, engranes y láminas deslizantes (fig. 2.3).

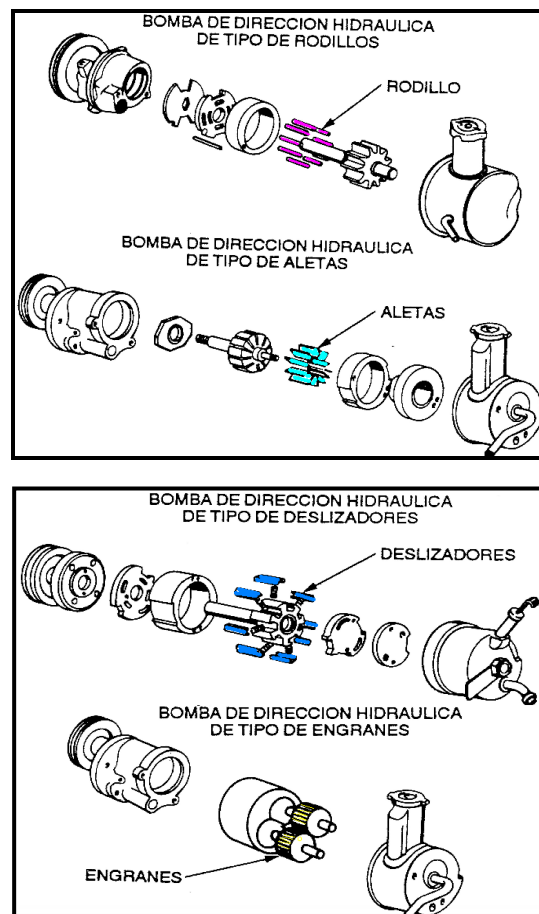


Fig. 2.3.- Tipos de bombas de dirección hidráulica.

El tipo de bomba mas utilizado es el de paletas proporciona un caudal progresivo de aceite hasta alcanzar las 1000 r.p.m. y luego se mantienen prácticamente constante a cualquier régimen de funcionamiento por medio de unos limitadores de caudal y presión situados en el interior de la misma. Lleva un regulador el cual regula la presión de 60 a 100 bar y los caudales pueden estar según el tamaño entre 7 y 25 litros por minuto (lpm)²

Los componentes principales de la bomba son el depósito de aceite (integrado o remoto), polea, eje propulsor, rotor, carcasa, cojinetes y válvula de control; la bomba aspira fluido hidráulico a través de la admisión de la bomba. El fluido queda atrapado entre los rodillos, las paletas o las láminas deslizante de la bomba, mismos que lo lleva hacia un área pequeña en el cuerpo de la bomba, donde se presuriza y se ve obligado a salir a través del pasaje de salida de la bomba como observamos en la (fig. 2.4) ².

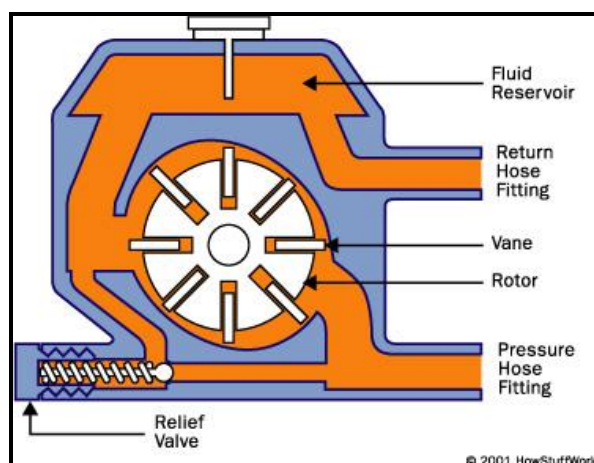


Fig. 2.4.- Bomba hidráulica tipo paletas.

² · <http://www.monografías/cajadedirección.htm>

La presión hidráulica actúa en contra de una válvula de alivio de presión y de control de flujo. El resorte de la válvula de alivio trata de mantener cerrada la válvula. La presión hidráulica empuja la válvula contra la presión del resorte. El equilibrio entre la presión del resorte y la hidráulica determina la posición de la válvula, lo que controla la presión del fluido hidráulico (fig. 2.5) ³.

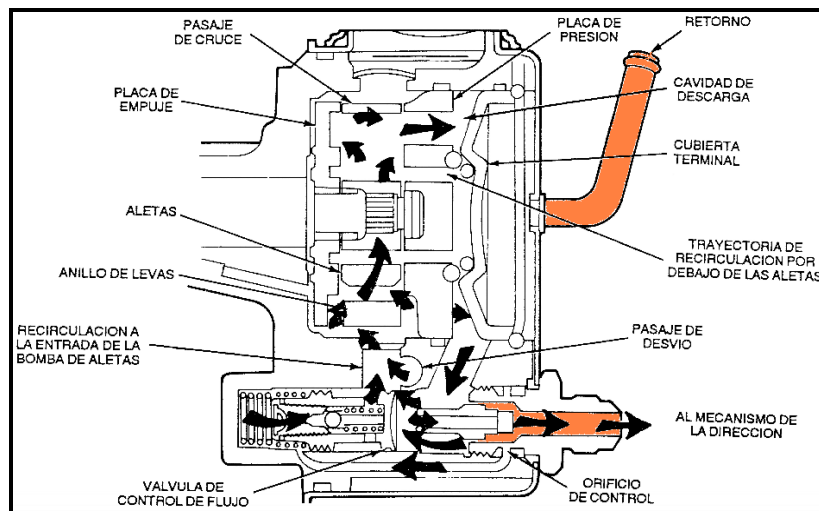


Fig. 2.5.- Trayectoria del fluido en la bomba hidráulica

2.2.2.- VÁLVULAS.

2.2.2.1.- VÁLVULA ROTATIVA.

Se utiliza para controlar la asistencia hidráulica y dirige el flujo del fluido al cilindro y es de tres posiciones, de centro abierto. El fluido de salida de la bomba entra al cuerpo de la válvula a través de un puerto de presión, en la carcasa de engranes; la válvula a continuación dirige el fluido al pistón de la cremallera, entre los pasajes de fluido en la carcasa (fig.2.6).

³ FrankJ Thiessen. Operación, mantenimiento y servicio. Tomo III, pág. 773. Manual Técnico Automotriz. 4^{ta} edición. México.D.F. 785 págs.

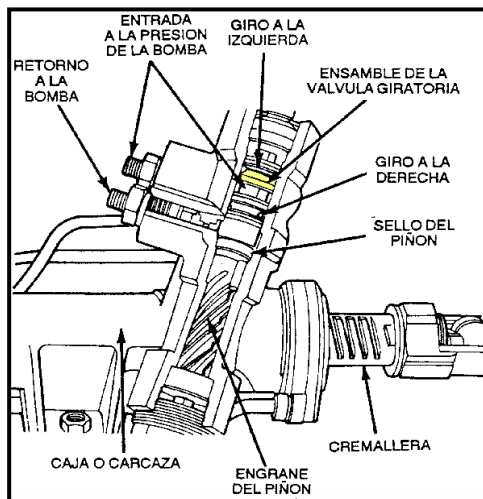


Fig. 2.6.- Mecanismo de la válvula rotativa.

La válvula rotativa combina simplicidad con necesidad de funcionamiento. La velocidad a la cual el conductor puede girar el volante, depende del caudal, medido en litros por minuto (lpm), que envía la válvula rotativa a una de las cámaras del cilindro (fig. 2.7).

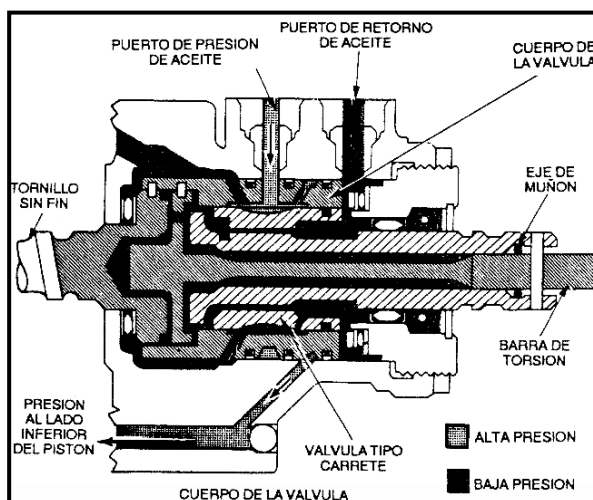


Fig. 2.7.- Operación de la válvula rotativa.

2.2.2.2.- VÁLVULA TIPO CARRETE.

Es la encargada de dirigir la presión de la bomba hacia el lado derecho o izquierdo del pistón en el cilindro de potencia. Durante la conducción hacia adelante, la presión hidráulica se dirige en forma igual a ambos lados del pistón de potencia (fig.2.8).

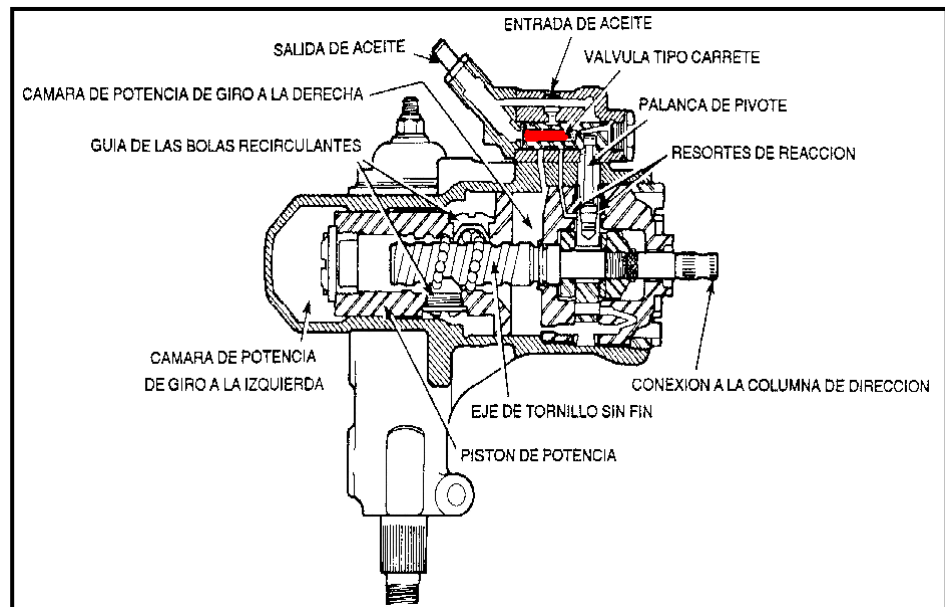


Fig. 2.8.- Mecanismo de dirección con válvula tipo carrete.

2.2.3.- ENFRIADOR DE LA DIRECCIÓN HIDRÁULICA.

Evita el sobrecalentamiento del fluido hidráulico de la dirección, algunos automóviles están equipados con un enfriador de la dirección hidráulica. En algunos casos, todo lo que se necesita es una espira de tubo de metal (fig.2.9). El fluido que pasa a través del tubo es enfriado por el aire que fluye sobre el mismo.

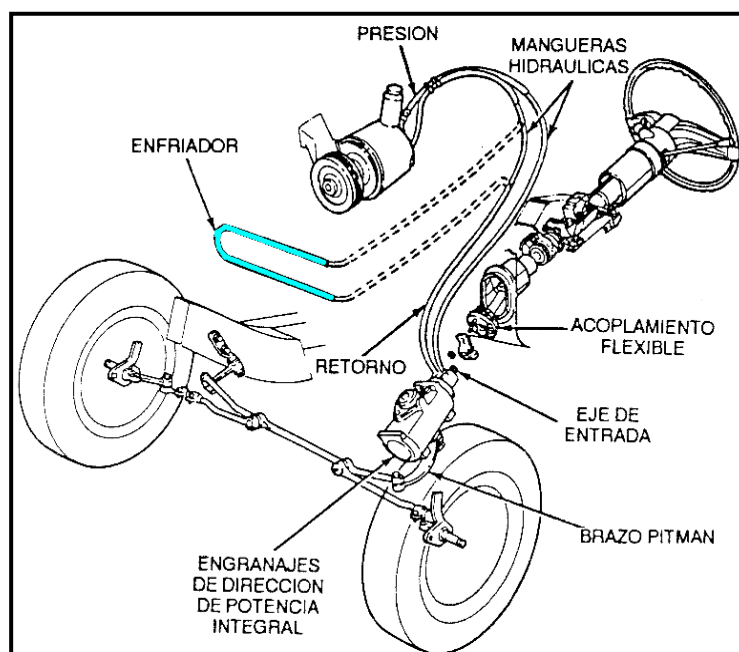


Fig. 2.9.- Sistema de dirección hidráulica con un enfriador

En otros casos, se conecta un pequeño intercambiador de calor (pequeño depósito de metal o unidad de tubería y aletas) en la línea de retorno. El enfriador se coloca donde el flujo de aire pueda enfriar al fluido conforme pasa a través del intercambiador de calor.

2.2.4.- MANGUERAS DE LA DIRECCIÓN HIDRÁULICA.

Una manguera conduce fluido a alta presión a los mecanismos de la dirección, mientras que otra devuelve el fluido al depósito de la bomba ⁴. Las mangueras están hechas para soportar altas presiones hidráulicas y están fabricadas de hule y material tejido (fig. 2.10).

⁴ FrankJ. Thiessen. Operación, mantenimiento y servicio.Tomo III, pág. 774. Manual Técnico Automotriz. 4^{ta} edición. México.D.F. 785 págs.



Fig. 2.10.- Mangueras para fluido hidráulico

2.2.5.- FLUÍDO DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA.

Un fluido hidráulico de base de petróleo usado en un sistema hidráulico cumple muchas funciones críticas. Debe servir no sólo como un medio para la transmisión de energía, sino como lubricante, sellante, y medio de transferencia térmica. El fluido también debe maximizar la potencia y eficiencia minimizando el desgaste y la rotura del equipo ⁵.

El fluido tiene una buena estabilidad en cuanto a viscosidad, resistencia al calor, poder antiespumante y lubricación. No deberán utilizarse otros fluidos hidráulicos para sustituir los recomendados por el fabricante del vehículo; el empleo de un fluido equivocado puede provocar que los sellos se deterioren y que existan fugas o causar espuma (fig.2.11).



⁵ · <http://www./lubricantes/lubricantes7.htm>

Fig. 2.11.- Fluido hidráulico

2.2.6.- PISTÓN HIDRÁULICO

Transforma la energía oleohidráulica en energía mecánica con un movimiento rectilíneo alternativo.

El líquido en ellas está de tal manera controlado por la válvula, que si se inyecta en uno de los extremos queda en libertad de salir en el otro. Como la presión se puede aplicar en los dos extremos del pistón, puede moverse con potencia en ambos sentidos, y no depende de la gravedad para su funcionamiento de retorno. La presión de retracción, sin embargo, es menor que la presión de acción o del otro sentido.

Este cilindro esta equipado por conductos que permiten al aceite circular alrededor del pistón al final de su carrera, para proteger al sistema de presiones elevadas momentáneas cuando llega al extremo. En la (fig. 2.12) podemos observar las partes internas de un mecanismo de dirección hidráulica de bolas recirculantes donde se encuentra el pistón.

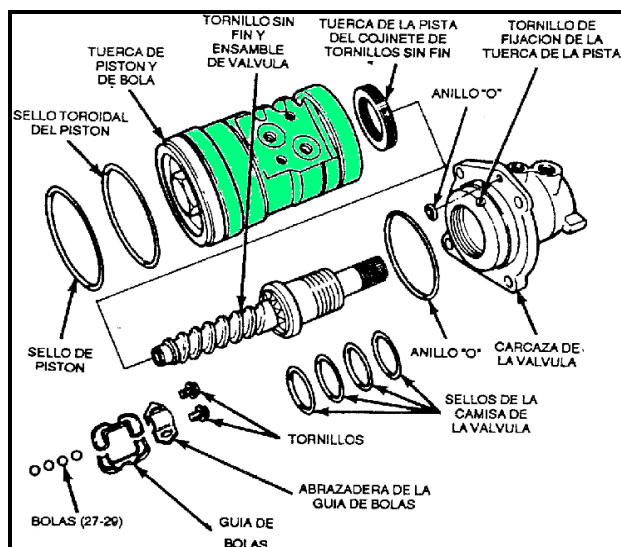


Fig. 2.12.- Ubicación del pistón del sistema de dirección hidráulica

2.2.7.- MECANISMO DE MANDO

2.2.7.1.- VOLANTE

Puede decirse que es el primer órgano de la dirección, ya que actuando directamente sobre él, el conductor consigue que el vehículo tome el camino elegido⁶.

En la (fig.2.13) se muestra un corte del montaje del volante en la columna de la dirección. En esta figura se aprecia este acoplamiento sencillo constituido por las estrías labradas en el interior cónico del reguesamiento central del volante y las talladas en el extremo de la columna de la dirección, que termina en una espiga roscada para montar la tuerca que fija la unión⁶.

⁶ · JOSÉ DURÁN ABARCA. La Dirección pág26. CEAC. 3^{da} edición. Barcelona España. 1980. 233 págs.

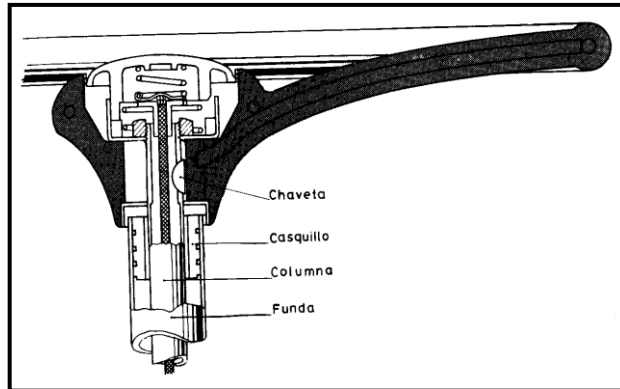


Fig. 2.13.- Corte de montaje del volante de dirección

2.2.7.2.- COLUMNA DE LA DIRECCIÓN.

Esta barra une por el extremo superior al volante, y por el inferior termina en el tornillo sinfín u otro tipo de engranaje, que acciona a través del sector el brazo de mando, suele ser un tubo de acero de gran calidad.

En la (fig.2.14) se muestra un despiece del volante, columna y caja de mecanismos, así como la funda sobre la que se suelen montar, en muchos automóviles. En ella pueden apreciarse los cojinetes que le permiten girar con suavidad y buen ajuste en la caja de mecanismos.

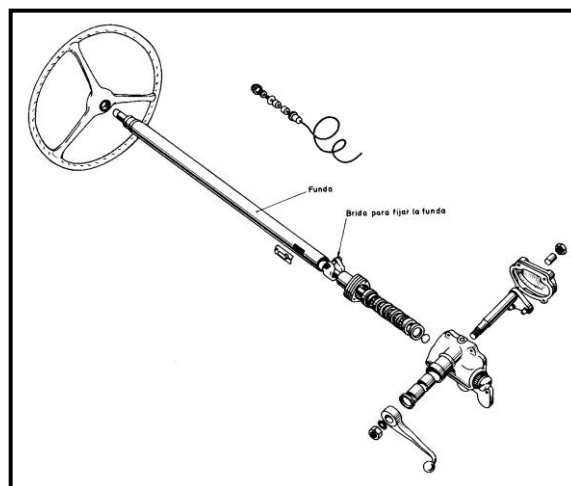


Fig. 2.14.- Despiece del volante, columna y caja de mecanismos

2.2.7.3.- BRAZO DE MANDO O PITMAN

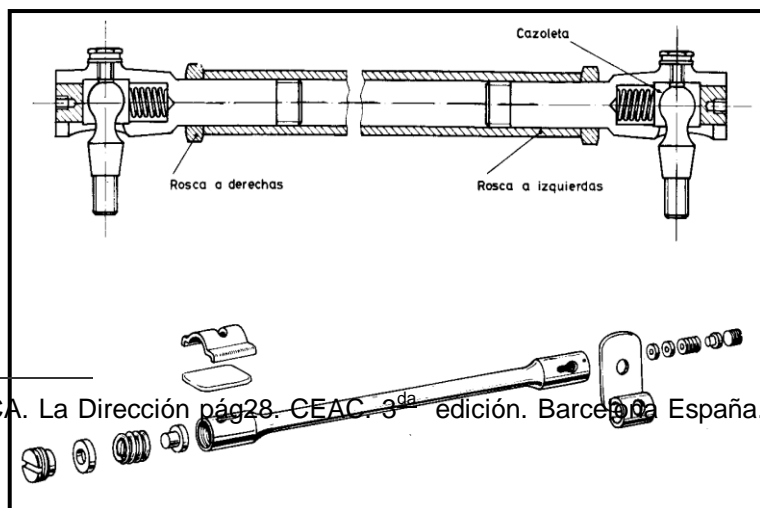
Convierte el movimiento giratorio del eje de sector en movimiento lateral del acoplamiento central de las varillas de dirección. El brazo pitman está ranurado en el eje del sector y es fijado en su lugar mediante una arandela de cierre y una tuerca. El brazo está conectado al varillaje central mediante una rótula (fig. 2.15).



Fig. 2.15.- Brazo pitman

2.2.7.4.- BIELA DE DIRECCIÓN

Esta biela es el medio de enlace entre el brazo de mando y la palanca de ataque, sus extremos terminan en articulaciones de rótula (fig.2.16), que pueden mantenerse a una distancia fija, o bien roscarse mas o menos dentro de la biela hueca (suele ser un tubo de acero), como en el caso de la (fig.2.17) puede verse otro tipo de biela de dirección desmontada, en este caso, de tipo fijo⁷.



⁷ JOSÉ DURÁN ABARCA. La Dirección pág.28. CEAC. 3^{da} edición. Barcelona España. 1980. 233 págs.

Fig. 2.16 - 2.17.- Biela de dirección desmontada

2.2.7.5.- PALANCA DE ATAQUE

En la organización básica del sistema de dirección, la palanca de ataque recibe el movimiento de la biela de dirección y es solidaria a la mangueta, pero también puede ir articulada al bastidor, muchas veces en forma de Y, según puede verse en la (fig.2.18) y mandar directamente el movimiento a la barra de acoplamiento dividida.

Hay gran variedad de formas, pero en todas ellas la unión a la biela de dirección se hace porque termina ésta en una esfera para la articulación de la rótula o en un orificio cónico para el montaje de la esfera de la mencionada rótula.

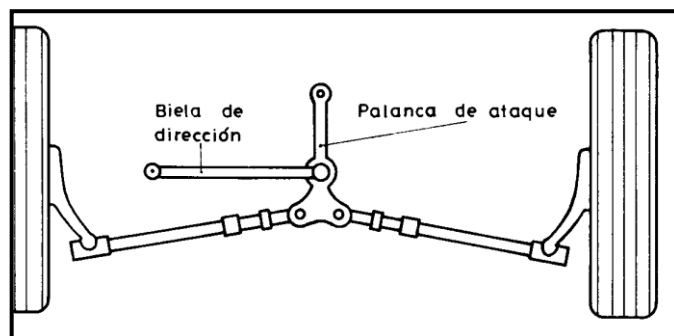


Fig. 2.18.- Palanca de ataque

2.2.7.6.- BARRA DE ACOPLAMIENTO.

La barra de acoplamiento forma una pieza rígida con la mangueta, bien forjados con ella, o atornillados. El extremo unido a

la barra de acoplamiento se hace también con las disposiciones mencionadas anteriormente en la unión de la palanca de ataque y biela de dirección ⁸ (fig.2.19).

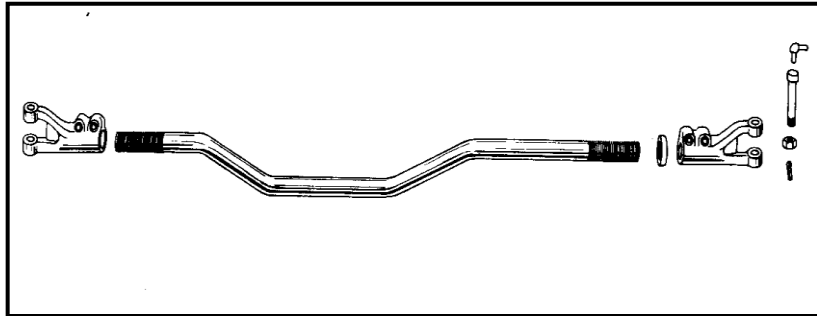


Fig. 2.19.- Brazos de acoplamiento

2.3.- TIPOS DE SISTEMAS DE DIRECCIÓN.

Los sistemas de dirección serán explicados a continuación para entender el funcionamiento y sus componentes de cada uno de ellos.

2.3.1.- DIRECCIÓN HIDRÁULICA INTEGRAL DE PIÑÓN Y CREMALLERA.

Se caracteriza por la sencillez de su mecanismo desmultiplicador y su simplicidad de montaje, al eliminar gran parte de la tirantería direccional. Va acoplada directamente sobre los brazos de acoplamiento de las ruedas y tiene un gran rendimiento mecánico.

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

⁸. JOSÉ DURÁN ABARCA. La Dirección pág231. CEAC. 3^{da} edición. Barcelona España. 1980. 233 págs.

recuperación, haciendo que la dirección sea muy estable y segura (fig.2.20),

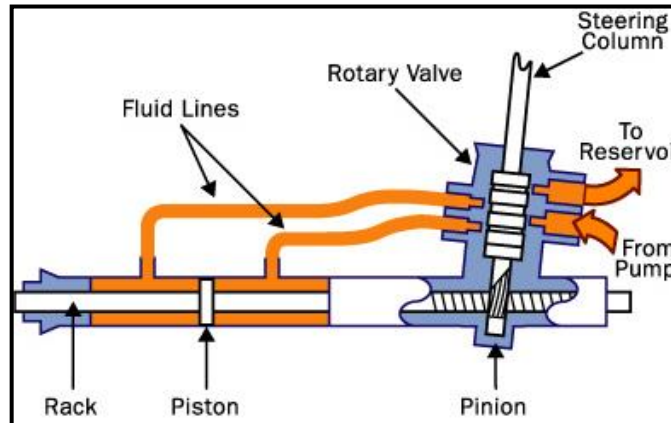


Fig. 2.20.- Mecanismo de dirección hidráulica de piñón y cremallera

El mecanismo de dirección hidráulica de piñón y cremallera está atornillado al bastidor o al muro de fuego y está formado de un tubo, una caja que contiene la cremallera y el piñón, el eje del piñón, el ensamble del cuerpo de válvulas y el ensamble de tapón de ajuste.

Cada movimiento del volante produce un movimiento igualmente simultáneo en el piñón. Los dientes de engranaje del piñón coinciden con las ranuras de engranajes de la columna de dirección, llamada la cremallera, en el interior de la caja que ambos comparten. Esta caja se extiende a lo ancho desde un lado del automóvil hasta el otro, entre las ruedas delanteras.

La cremallera es un engranaje grande cortado y aplanado, en lugar de ser redondo como otros engranajes. Mientras el piñón y la barra de dirección están montados de forma tal que puedan sólo rotar, la cremallera está libre para deslizarse de un lado a otro dentro de la caja.

Cada vez que se mueve el volante de dirección, el piñón rota contra la cremallera, forzándola a que se mueva hacia un lado u otro (fig. 2.21).

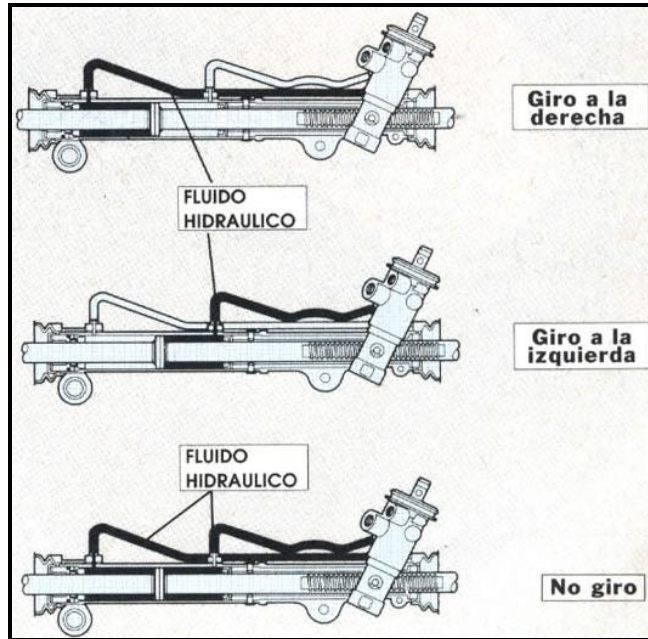


Fig. 2.21.- Mecanismos de piñón y cremallera para los giros

La cremallera está conectada a las ruedas delanteras con varillas metálicas, llamadas barras o tirantes de acoplamiento, que sobresalen por los extremos de la caja de la dirección. Los extremos de los tirantes de acoplamiento están diseñados para permitir que éstos se muevan hacia arriba y abajo con las ruedas delanteras cada vez que estas golpean resaltos o hace girar el volante de dirección, la cremallera se mueve halando un tirante y empujando al otro. El resultado es que las ruedas delanteras giran, haciéndole cambiar de dirección al vehículo.

Con una acción tan simple y directa desde el volante hasta las ruedas delanteras para cambiar la dirección del vehículo, se requiere una gran cantidad de fuerza para mover el volante. La fuerza para ayudar al cambio de dirección proviene de una bomba, que recibe su mando del motor, con fluido a presión dentro de la caja de dirección.

Los sellos alrededor de la cremallera, dentro de la caja, crean una cámara que separa los dos lados de la caja. Estas cámaras están conectadas a la bomba y una con la otra por medio de conductos.

Cuando se gira el volante de dirección, la válvula de carrete dirige el fluido a una u otra cámara en la caja de la dirección, para empujar la cremallera y ayudarla a moverse. La válvula de carrete siente la cantidad de fuerza aplicada a la columna de dirección, así que a medida que sea mayor la fuerza aplicada al volante, también es mayor la presión hidráulica que es enviada a la cremallera.

A medida que cesa el esfuerzo de la dirección, la válvula de carrete se cierra lo suficiente, para sólo mantener la presión debida. Una pequeña barra de torsión en la válvula determina la cantidad de esfuerzo que es requerido.

Algunos vehículos tienen sistemas que controlan la cantidad de presión, y por lo tanto el nivel de esfuerzo para poder asistir la dirección, basándose en la velocidad del vehículo. De esta forma, el volante puede ser mucho más ligero en maniobras como la de estacionar, mientras todavía ofrece una buena sensación de respuesta cuando se conduce a alta velocidad.

2.3.2.- DIRECCIÓN HIDRÁULICA ELÉCTRICA DE PIÑÓN Y CREMALLERA.

El sistema eléctrico de cremallera y piñón reemplaza la bomba hidráulica, las mangueras y el fluido de los sistemas convencionales de dirección hidráulica, por controles electrónicos y un motor eléctrico (fig.2.22). El motor eléctrico mueve un tornillo sin fin, paralelo a la cremallera. Una tuerca de bolas recirculantes conecta el eje del tornillo sin fin con el engrane de cremallera.

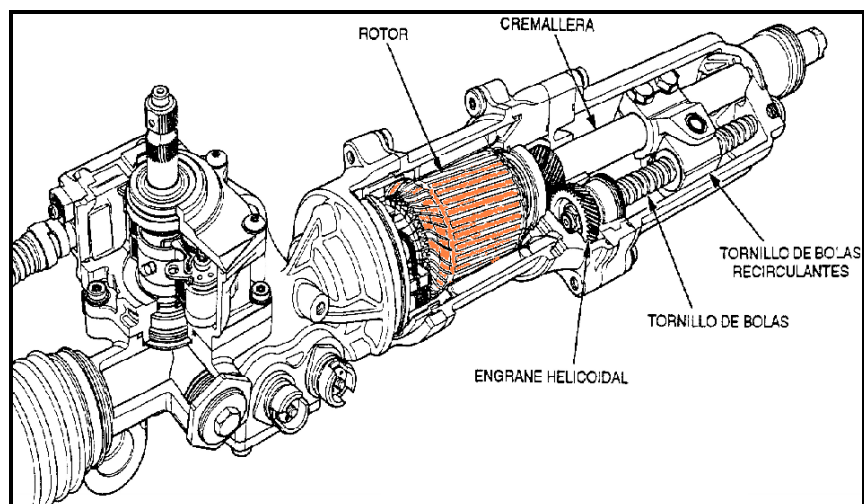


Fig. 2.22.- Esquema de la dirección hidráulica eléctrica⁹.

La asistencia de potencia tiene lugar cuando el motor eléctrico hace girar el tornillo sin fin, forzando el movimiento de la tuerca de bolas y la cremallera en dirección hacia la derecha o hacia la izquierda.

La unidad de control electrónico recibe las señales del sensor de velocidad del vehículo, de un sensor direccional del eje del piñón y de un sensor de la carga de la dirección.

La asistencia a la dirección es calculada por el ECU. El controlador electrónico activa el control eléctrico para proporcionar una dirección hidráulica asistida.

El sistema responde en forma instantánea a lo que haga el conductor. Este mismo sistema puede ser utilizado para la conducción en cuatro ruedas.

2.3.3.- MECANISMO INTEGRAL DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA DE BOLAS RECIRCULANTES.

⁹ · FrankJ. Thiessen. Operación, mantenimiento y servicio.Tomo III, pág. 780. Manual Técnico Automotriz. 4^{ta} edición. México.D.F. 785 págs.

El mecanismo integral de dirección hidráulica de bolas recirculantes utiliza un tornillo sin fin, una tuerca de bolas y esferas recirculantes, similares al mecanismo de dirección manual de esferas recirculantes. Sin embargo, la tuerca de bolas incorpora el pistón hidráulico, sobre el cual actúa la presión hidráulica para ayudar a la dirección (fig. 2.23).

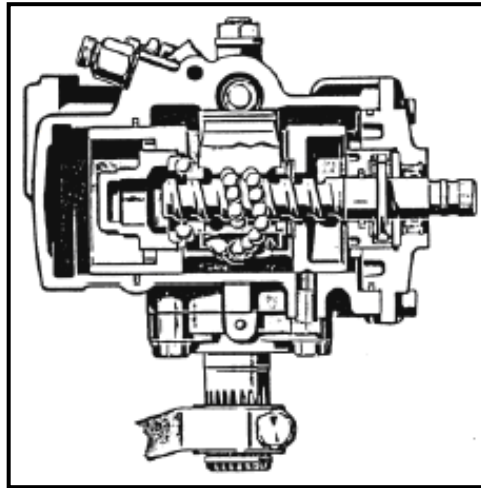


Fig. 2.23.- Mecanismo de dirección hidráulica de bolas recirculantes integradas

El ensamble de tuerca y pistón se deslizan hacia delante y hacia atrás dentro de la carcasa de engranes, que está maquinada para conseguir un cilindro de superficies lisas. Se aplica la presión hidráulica a uno o a otro lado del pistón, conforme el volante se gira hacia la derecha o hacia la izquierda. La válvula rotativa dirige el flujo del fluido al cilindro.

2.3.3.1.- Operación de la válvula rotativa.

Para controlar la asistencia hidráulica, se utiliza una válvula rotativa de tres posiciones, de centro abierto. El fluido de salida de la bomba entra al cuerpo de la válvula a través de un puerto de presión, en la carcasa de engranes; la válvula a continuación dirige el fluido al pistón de la cremallera, a través de pasajes de fluido en la carcasa.

El cuerpo de la válvula, la válvula tipo carrete, la barra de torsión y el eje del muñón (que está sujeto a la barra de torsión) están conectadas a

las ruedas delanteras mediante un acoplamiento mecánico. Debido a que la presión que el peso del vehículo ejerce sobre las ruedas delanteras, éstas y el cuerpo de la válvula tienden a ofrecer resistencia a cualquier esfuerzo de viraje que se aplique al volante. Conforme se incrementa la resistencia de las ruedas delanteras al esfuerzo de viraje, la barra de torsión se deforma.

Dado que la válvula tipo carrete está conectada con el eje del muñón mediante una espiga localizadora, la deflexión de la barra de torsión hace que la válvula de carrete gire dentro del cuerpo de la válvula. Conforme esta última gira, el fluido de la presión de operación proveniente de la bomba se dirige a través de los pasajes y contra uno de los lados del pistón de la cremallera para proporcionar asistencia hidráulica (fig.2.24).

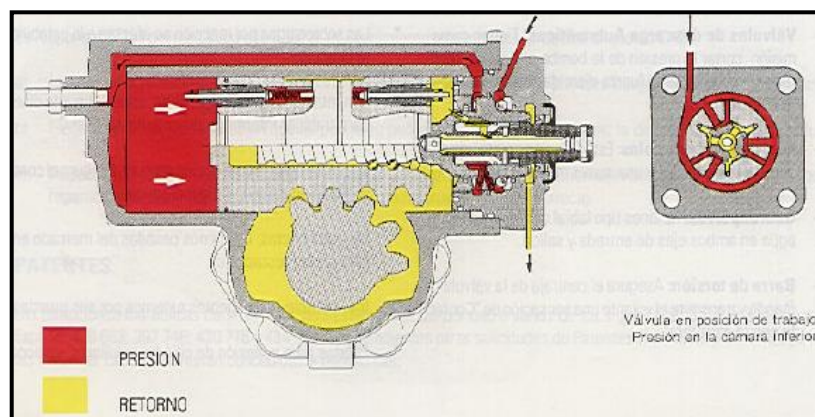


Fig. 2.24.- Válvula en posición de trabajo (presión en la cámara inferior)

La deflexión de la barra de torsión proporcionada la cantidad adecuada de sensación del camino del mecanismo de la dirección. En caso de que esta barra se rompiera, se perdería la sensación del camino, pero el sistema de dirección seguiría funcionando, debido a las orejas de posicionamiento auxiliares del eje de muñón. En esta situación, el

mecanismo operaría de la misma forma que un mecanismo manual de bolas recirculantes.

2.3.3.2- Operación de la válvula tipo carrete.

Cuando el volante se hace girar hacia la derecha, la pista de reacción de giro a la derecha y la pista del cojinete de empuje central actúan sobre la palanca de pivote, para mover la válvula tipo carrete y permitir que la presión hidráulica entre en la cámara de giro a la derecha. Ello obliga al pistón de potencia y a la tuerca de bolas a moverse hacia abajo dentro de la carcasa que hace girar al eje del sector, al brazo pitman, y al acoplamiento de la dirección a la posición de viraje a la derecha ¹⁰.

Cuando el volante se gira hacia la izquierda, ocurre la acción opuesta. Durante la conducción hacia delante, la presión hidráulica se dirige en forma igual a ambos lados del pistón de potencia.

2.3.4.- DIRECCIÓN HIDRÁULICA NO INTEGRADA.

La dirección hidráulica no integrada se utilizó en algunos automóviles y camiones de modelo antiguo. Está formada por el mecanismo manual de dirección convencional, una válvula de control conectada entre el brazo pitman y el enlace central, un cilindro de potencia conectada al bastidor y al enlace central, una bomba de dirección hidráulica, y mangueras de conexión.

Cuando se gira el volante hacia la derecha o hacia la izquierda, una válvula tipo carrete, en el ensamble de válvulas de control, dirige la presión de la bomba hacia el lado derecho o izquierdo del pistón en el cilindro de potencia.

¹⁰ Fran KJ. Thiessen. Operación, mantenimiento y servicio. Tomo III, pág. 781. Manual Técnico Automotriz. 4^{ta} edición. México.D.F. 785 págs.

En la posición de conducción hacia delante, la válvula de carrete está centrada y la presión hidráulica queda equilibrada en ambos lados del pistón. Este sistema ha sido reemplazado por la dirección hidráulica de bola recirculante integral, la de cremallera y piñón integral ¹¹. (fig.2.25).

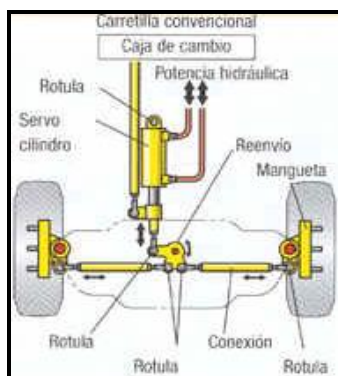


Fig. 2.25.- Esquema de una dirección hidráulica no integrada

2.3.5.- DIRECCIÓN HIDRÁULICA ELECTRÓNICA DE ASISTENCIA VARIABLE.

La dirección hidráulica de asistencia variable de tipo electrónico está formada de una unidad de control electrónico, un detector de velocidad del vehículo, un ensamble de válvula actuador, el mecanismo de dirección hidráulica, y la bomba (fig. 2.26).

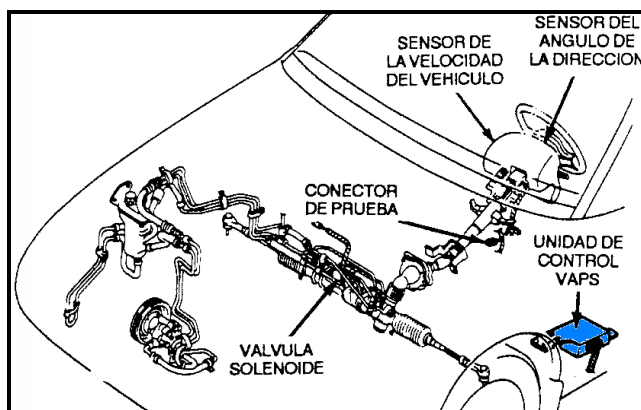


Fig. 2.26.- Dirección de potencia de asistencia variable

¹¹ · Fran KJ. Thiessen. Operación, mantenimiento y servicio.Tomo III, pág. 781. Manual Técnico Automotriz. 4^{ta} edición. México.D.F. 785 págs.

El sistema utiliza una válvula de control giratoria con dos circuitos hidráulicos independientes: circuito primario y secundario. Durante operación a baja velocidad y parada, el flujo de la bomba se dirige a través del circuito primario por medio de una válvula del actuador controlada eléctricamente.

El comando de módulo de control hace accionar al motor de elevación y a la válvula del actuador a fin de variar la presión de sobrealimentación de la dirección hidráulica, de acuerdo con las señales de velocidad del vehículo recibidas en el módulo de control (fig. 2.27).

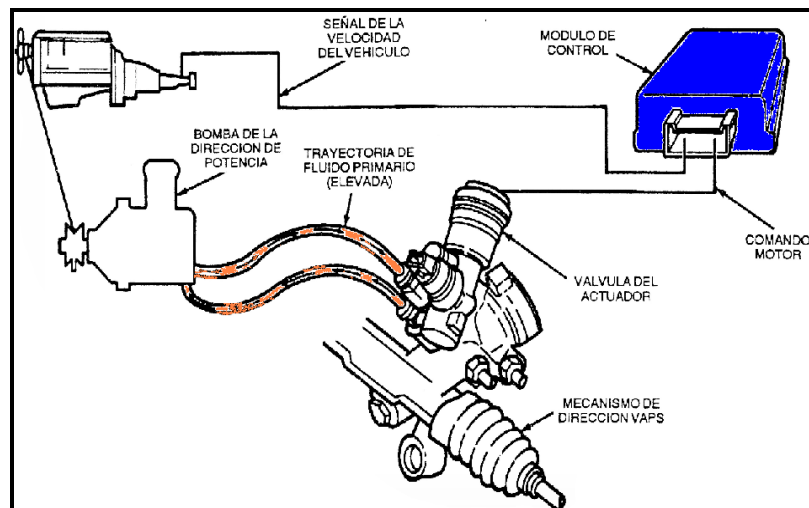


Fig. 2.27.- Dirección hidráulica de asistencia variable con válvula del actuador

Conforme aumenta la velocidad del vehículo, la válvula del actuador se abre gradualmente, desviando una cantidad creciente de flujo al circuito secundario. La válvula del actuador es operada por un carrete de elevación, propulsando por el motor. El ECU recibe información sobre la velocidad del vehículo, proveniente de un detector de la misma. Conforme aumenta la velocidad del vehículo, se reduce la presión hidráulica a los engranes. El resultado es una mayor economía de combustible y menos desgaste en el sistema.

El ECU está programado para llevar a cabo una verificación de autodiagnóstico cada 16 milisegundos; si detecta algún mal funcionamiento, el sistema se desactiva. El ECU también contiene una función de autodiagnóstico que permite que el técnico active una secuencia de diagnóstico.

Otro tipo de sistema varía la salida de la bomba de la dirección hidráulica, a fin de conseguir una asistencia variable de potencia. Un sensor de velocidad del vehículo, junto con un sensor de la rotación del volante, proporciona información al ECU.

El ECU controla la válvula del actuador de salida variable, montada sobre la bomba de la dirección hidráulica, para controlar la presión del fluido al mecanismo de la misma (fig. 2.28).

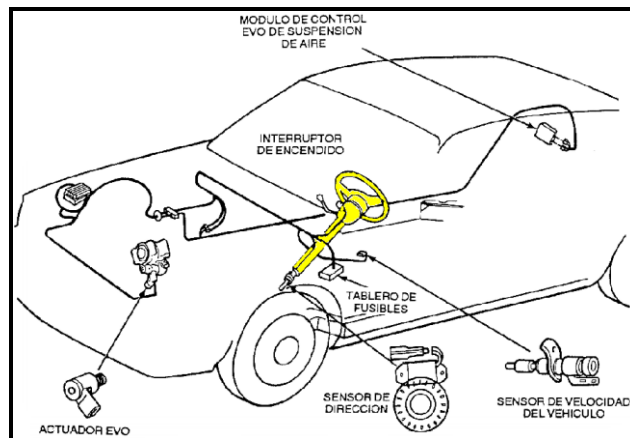


Fig. 2.28.- Dirección hidráulica de salida variable de tipo electrónico

III.- DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS

3.1.- REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL PARA DIRECCIÓN HIDRÁULICA

- Evita pérdidas de potencia en el motor del vehículo cuando la bomba hidráulica de la dirección funciona en momentos no deseados.
- Minimiza el consumo de combustible en el vehículo.
- Informa la velocidad (km/h) y el ángulo de dirección de las ruedas en forma digital mediante un LCD cuando el vehículo está transitando.
- Alarga la vida útil de la bomba hidráulica del sistema de dirección del vehículo.
- Hace funcionar a la bomba hidráulica solo cuando el vehículo comience a caminar y cuando nosotros le programemos a que velocidad alta va a dejar de enviar fluido la bomba.
- Permite programar o escoger el tipo de rín del neumático que está utilizando el vehículo para tener una velocidad (km/h) correcta.

3.2.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

- El sistema de mando es electrónico
- Funciona con corriente continua de 12 v.
- El embrague electromagnético es obtenido de un compresor de aire acondicionado.
- La temperatura máxima que soporta el sistema electrónico es hasta 50 °C
- Consta de elementos electrónicos que permitan bloquear excesivos ruidos, vibraciones y voltajes que puedan causar problemas dentro del funcionamiento del sistema de control.
- Sus dimensiones del sistema de control en la placa son de 12 cm x 8 cm.

3.3.- DISEÑO MECÁNICO

3.3.1.- DISEÑO DEL EJE DE LA BOMBA HIDRÁULICA

El eje de la bomba hidráulica por ser un elemento que se encarga de transmitir energía rotacional y potencia debe ser diseñado de una manera tal que soporte las tensiones por esfuerzo de corte que se generan por la presencia de torques, momentos y fuerzas.

Para el diseño de este eje o flecha se tiene como datos generales:

- Potencia ejercida en el eje $w = 4$ hp
- Número de revoluciones que genera el motor de combustión interna $N_1 = 5000$ rpm.

Con estos parámetros procedemos a calcular el N_2 (rpm) de la bomba hidráulica con la ayuda de dos datos importantes que son las medidas de los diámetros de la polea del cigüeñal y el diámetro de la polea de la bomba hidráulica (fig. 3.1), con esto hacemos una relación

entre diámetros (D_1 y D_2) y revoluciones (N_1) del motor para luego calcular el (N_2) de la bomba hidráulica.

$D_1 = 11,5 \text{ mm}$

$D_2 = 10,5 \text{ mm}$

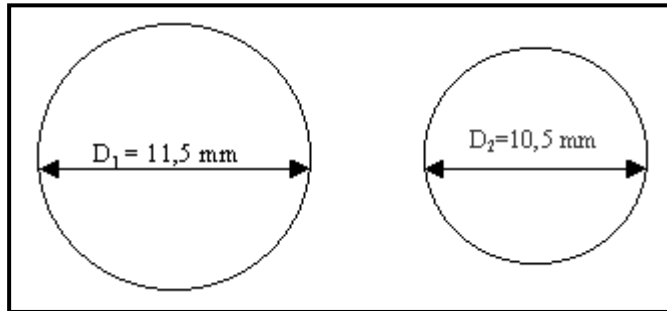


Fig. 3.1.- Diámetros de poleas.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad \text{ECUACIÓN 3.1}$$

$$N_2 = \frac{N_1 * D_1}{D_2}$$

$$N_2 = \frac{5000rpm * 11,5mm}{10,5mm}$$

$$N_2 = 5476rpm.$$

DONDE:

N_1 Velocidad de giro del motor de combustión en rpm.

N_2 Velocidad de giro de la bomba hidráulica en rpm.

D_1 Diámetro de la polea del cigüeñal en mm.

D_2 Diámetro de la polea de la bomba hidráulica en mm.

Una vez conocido el N_2 de la bomba hidráulica procedemos a calcular el torque y la fuerza por lo que requerimos de una ilustración gráfica del eje para saber el radio (r) del tambor donde se incrustan las paletas de la bomba hidráulica (fig. 3.2)

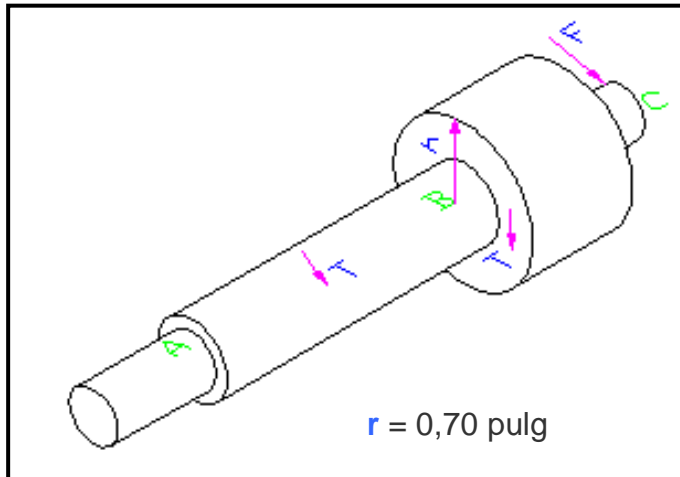


Fig. 3.2.- Esquema del eje de la bomba hidráulica

$$H = \frac{T * N_2}{63000} \quad \text{ECUACIÓN 3.2}$$

$$T = F * r \quad \text{ECUACIÓN 3.3}$$

$$T = \frac{63000 * H}{N_2}$$

$$F = \frac{T}{r}$$

$$T = \frac{63000 * 4hp}{5476rpm}$$

$$F = \frac{46Lb.pulg}{0,70pulg}$$

$$T = 46Lb.pulg$$

$$F = 65,7Lb.$$

DONDE:

H Potencia que se transmite en hp

T Torque en libras por pulgada

F Fuerza empleada en el eje de la bomba hidráulica y está en libras

r radio del tambor donde se incrustan las paletas de la bomba y está en pulgadas.

Ya calculada la fuerza (F) se procede a realizar un diagrama de cuerpo libre en el cual van ubicadas las reacciones y momentos que se generan en el eje, y van a ser calculadas.

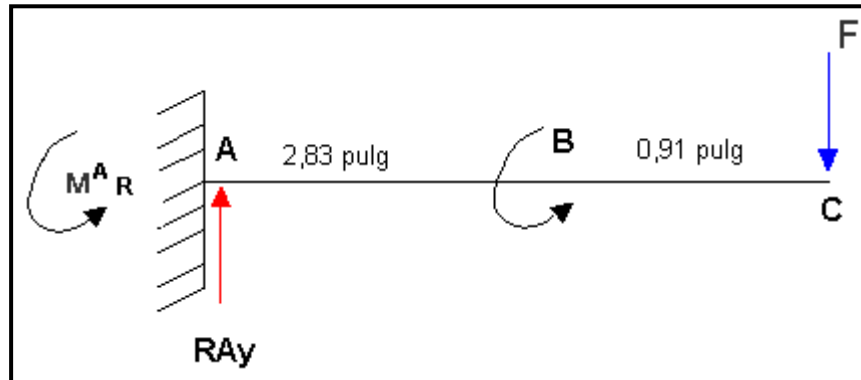


Fig. 3.3.- Diagrama de cuerpo libre del eje.

Como se observa la reacción (RA_y) que se producen en el punto A y el momento ($M^A R$) debemos calcular ya que se tomó en cuenta que el eje en ese punto se encuentra empotrado debido a los cambios bruscos de movimiento, para lo cual se establece una sumatoria de momentos, en la que el punto A, hace de centro y el sentido de giro es antihorario de lo cual se tiene

$$\sum MA = 0 \quad \text{ECUACIÓN 3.4}$$

$$F(D) - M^A R = 0$$

$$65,7Lb(3,74\text{ pulg}) - M^A R = 0$$

$$245,7Lb.\text{pulg} - M^A R = 0$$

$$M^A R = 245,7Lb.\text{pulg}$$

Para hallar el valor de RA_y se establece una sumatoria de fuerzas en el eje Y, donde es la suma de todas fuerzas que se generan en un mismo sentido y esto es igual al otro grupo de fuerzas que se generan en sentido contrario.

$$\sum Fy = 0 \quad \text{ECUACIÓN 3.5}$$

$$RA_y - F = 0$$

$$RA_y - 65,7Lb$$

$$RA_y = 65,7Lb.$$

Encontradas fuerzas y reacciones se realiza un diagrama, este debe cerrarse en el eje si todos los datos son correctos.

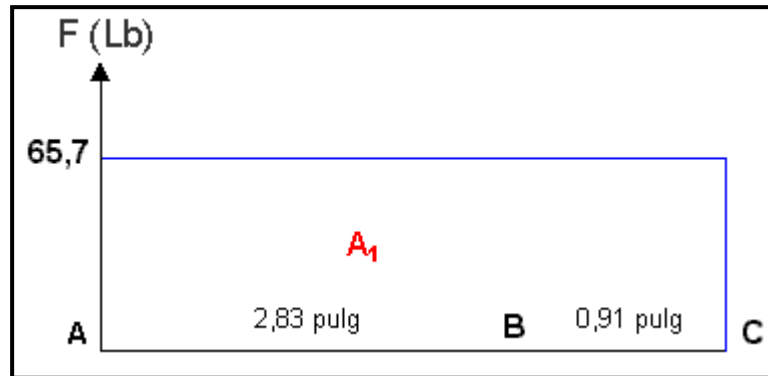


Fig. 3.4.- Diagrama de fuerzas

En la figura 3.4 se procede a cerrar el cuadro que se forma con relación al eje, de ello se va a calcular el área con el propósito de encontrar los momentos que para los cálculos posteriores van a ser de mucha utilidad, de lo anterior se obtiene:

$$A = F * d \quad \text{ECUACIÓN} \quad 3.6$$

DONDE:

A Área

F Fuerza ejercida en libras

d distancia donde se ejerce la fuerza en pulgadas

$$A_1 = 65,7 \text{ Lb} * 3,74 \text{ pulg}$$

$$A_1 = 245,7 \text{ Lb.pulg}$$

Encontrada el área el siguiente paso es dibujar los momentos con relación al eje en detalle:

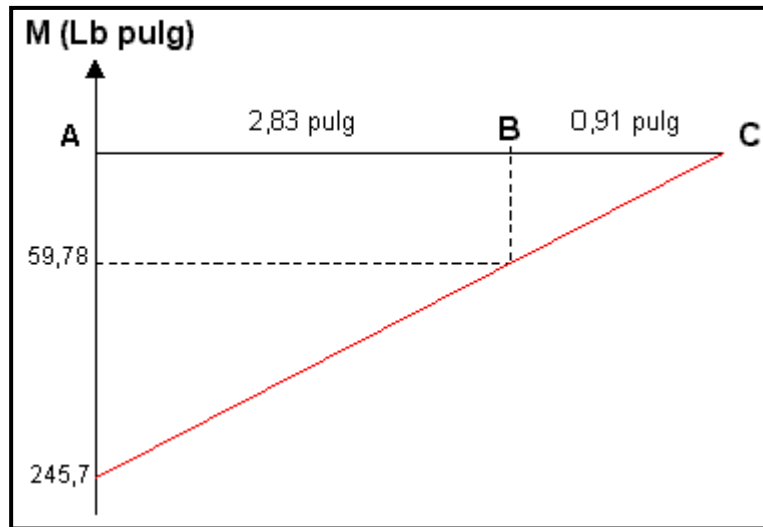


Fig. 3.5.- Diagrama de momentos flectores

Para calcular el momento en el punto B realizamos una semejanza de triángulos y obtenemos el valor de esta manera.

$$\frac{AC}{BC} = \frac{245,7}{MB}$$

$$MB = 59,78 \text{ Lb.pulg}$$

Una vez obtenido fuerzas, torques, momentos, reacciones procedemos a calcular el esfuerzo máximo σ y el esfuerzo cortante máximo τ que va a tener el eje y para esto analizamos los puntos más críticos en donde se puedan romper el eje. Ante esto utilizaremos métodos de diseño como son:

3.3.1.1.- Diseño por carga Estática.- Cuando sobre un elemento se aplica una fuerza en forma lenta sin choque y esta permanece constante. Por resistencia estática (flexión, torsión y combinado), en nuestro caso utilizaremos un diseño combinado.

3.3.1.2.- Diseño Dinámico.- Cuando se aplica una carga se elimina un espacio y luego se aplica de nuevo si el número de aplicaciones de esa

carga es pequeña baja varios ciclos de carga. Resistencia a la fatiga (flexión, torsión y combinado).

3.3.2.- CÁLCULOS PARA DISEÑO ESTÁTICO

Hacemos el análisis en los puntos A y B donde son críticos (cambio de diámetros).

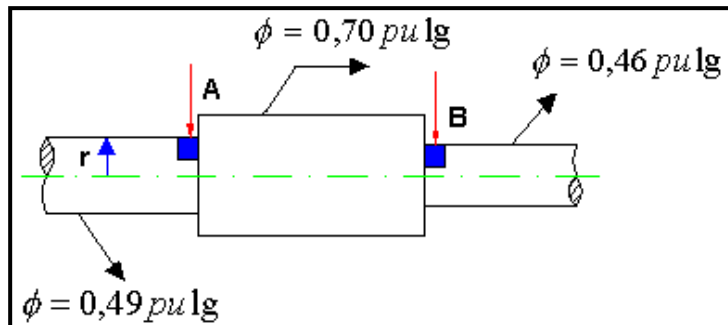


Fig. 3.6.- Diagrama de ubicación de los puntos críticos en el eje

PUNTO A

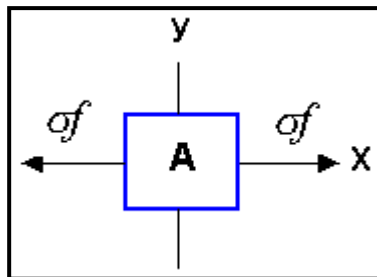


Fig. 3.7.- Punto de análisis

A continuación analizamos el punto A para comenzar a calcular todas las propiedades de área y encontrar el esfuerzo máximo σ y el esfuerzo cortante τ en dicho punto.

$$T = F * r \quad \text{ECUACIÓN 3.7}$$

$$T = 65,7Lb * 0,245 pulg$$

$$T = 16Lb.pulg$$

$$I_A = \frac{\pi d^4}{64} \quad \text{ECUACIÓN 3.8}$$

$$I_A = \frac{\pi(0,49 pulg)^4}{64}$$

$$I_A = 2,82 \times 10^{-3} pulg^4$$

DONDE:

T Torque en libras por pulgada

F Fuerza y está en libras

r radio del eje donde se encuentra el punto A

I_A Momento de inercia con respecto al eje neutro y está expresado en pulgadas.

d Diámetro del eje en el punto A

Calculamos el esfuerzo máximo empleando la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{M_A y}{I_A} \quad \text{ECUACIÓN 3.9}$$

$$\sigma_x = \sigma = \frac{245,7 \text{ Lb. pulg} * 0,245 \text{ pulg}}{2,82 \times 10^{-3} \text{ pulg}^4}$$

$$\sigma_x = 21346,2 \text{ psi}$$

DONDE

σ_x Esfuerzo máximo en libras sobre pulgada al cuadrado o psi

M_A Momento flector máximo en el punto A en libras por pulgada

y Distancia desde el eje neutro hasta el punto de análisis en pulgadas.

Luego calculamos el esfuerzo cortante máximo.

$$J = \frac{\pi d^4}{32} \quad \text{ECUACIÓN 3.10}$$

$$J = \frac{\pi(0,49 \text{ pulg})^4}{32}$$

$$J = 5,65 \times 10^{-3} \text{ pulg}^4$$

$$\tau_{xy} = \tau = \frac{T * r}{J} \quad \text{ECUACIÓN 3.11}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 \text{ Lb. pulg} * 0,245 \text{ pulg}}{5,65 \times 10^{-3} \text{ pulg}^4}$$

$$\tau_{xy} = 693,8 \text{ psi}$$

DONDE

J Momento polar de inercia y está en pulgadas

τ_{xy} Esfuerzo cortante máximo en psi

3.3.3.- SELECCIÓN DEL MATERIAL A UTILIZAR

El material escogido para la construcción del eje es **AISI 1045 estirado al frío** que es aplicado para la fabricación de flechas ejes y engranajes que es un acero puro con el 45% de aleación con carbón. Ver en el **Anexo 1**; a continuación conoceremos sus características:

3.3.3.1.- SELECCIÓN DEL MATERIAL DEACUERDO A SUS CARACTERÍSTICAS.


- Resistencia a la tracción, al punto de cedencia y a temperaturas elevadas.
- Propiedades mecánicas del acero
- Características de los procesos de transformación a que será sometido. Costo total (reposición y mantenimiento).
- Disponibilidad del acero.

3.3.3.2.- PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS

El extenso rango de propiedades y características secundarias, presentes en los aceros hacen de ellos un grupo de aceros muy versátiles. En la tabla III.1 se detalla todas las propiedades físicas y mecánicas del material que vamos a utilizar en la construcción del eje:

Tabla III.1.- Propiedades mecánicas y físicas

Para los posteriores cálculos se hace necesario la obtención de la resistencia a la tracción o última (S_u), la resistencia a la fluencia (S_y) como también el factor de seguridad que se encuentran adjuntos en el **Anexo 2**

PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS	ACERO AISI 1045	
Magnetismo	No	$S_y =$ 77
Conductividad térmica	Triple que la del acero de bajo carbono	kpsi
Soldabilidad	Excelente	530
Resistencia a la temperatura	Resistente hasta 1200 °C	MPa
Dureza	170 – 190 Brinell (HB)	S_u = 91
Color de identificación en catálogos		kpsi
Resistencia a la tracción (última)	91 Kpsi – 630 Mpa	630
Resistencia a punto cedente (a la fluencia)	77 Kpsi – 530 Mpa	MPa $N =$

3

Encontrados los momentos resultantes, se debe encontrar un método muy preciso par prever fallas en materiales debido a una tensión por esfuerzo de corte, entonces se decidió por la teoría de flexión y torsión combinados (caso especial para ejes) se calcula a partir de:

$$\sigma^l = \sqrt{\sigma_x^2 + 3(\tau_{xy})^2} \quad \text{ECUACIÓN 3.12}$$

$$\sigma^l = \sqrt{(21346,2 \text{ psi})^2 + 3(693,8 \text{ psi})^2}$$

$$\sigma^l = \sqrt{457104329,8 \text{ psi}^2}$$

$$\sigma^l = 21379,99 \text{ psi}$$

DONDE

σ^l Esfuerzo combinado (flexión y torsión) en psi.

Por último vamos a ver si el diseño estático es correcto y el material es capaz de soportar flexión como también torsión por tanto aplicamos la siguiente fórmula de factor de seguridad.

$$n = \frac{S_y}{\sigma^l} \quad \text{ECUACIÓN 3.12}$$

$$n = \frac{77000 \text{ psi}}{21379,99 \text{ psi}}$$

$$n = 3,6$$

$$\Rightarrow 3,6 \geq 1 \quad \text{OK.}$$

3.3.4.- FACTOR DE SEGURIDAD (n)

El factor de seguridad es un indicador de que sirve o no sirve un material, es un factor que relaciona la resistencia con el esfuerzo y debe ser siempre la resistencia del material mayor que el esfuerzo calculado. El factor de seguridad depende de la teoría de falla aplicada.

Esto nos indica que el material escogido para la construcción del eje es el adecuado ya que la resistencia a la fluencia del acero es mayor a la

del esfuerzo que va a soportar el eje, por tanto mediante los cálculos que realizamos salió lo correcto.

PUNTO B

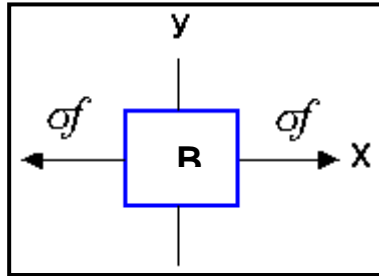


Fig. 3.8.- Punto de análisis B

En este punto realizamos la misma secuencia de cálculos del punto A, lo único que cambia es el diámetro del eje donde se encuentra el punto de análisis B.

$$T_B = F * r_B$$

$$T_B = 65,7Lb * 0,23pu\lg$$

$$T_B = 15,11Lb.pu\lg$$

$$I_B = \frac{\pi d_B^4}{64}$$

$$I_B = \frac{\pi(0,46pu\lg)^4}{64}$$

$$I_B = 2,19 \times 10^{-3} pu\lg^4$$

$$\sigma = \frac{M_B y}{I_B}$$

$$\sigma_x = \sigma = \frac{59,78Lb.pu\lg * 0,23pu\lg}{2,19 \times 10^{-3} pu\lg^4}$$

$$\sigma_x = 6278,26psi$$

$$J_B = \frac{\pi d_B^4}{32}$$

$$J_B = \frac{\pi(0,46 \text{ pulg})^4}{32}$$

$$J_B = 4,39 \times 10^{-3} \text{ pulg}^4$$

$$\tau_{xy} = \tau = \frac{T_B * r_B}{J_B}$$

$$\tau_{xy} = \frac{15,11 \text{ Lb. pulg} * 0,23 \text{ pulg}}{4,39 \times 10^{-3} \text{ pulg}^4}$$

$$\tau_{xy} = 791,6 \text{ psi}$$

$$\sigma^l = \sqrt{\sigma_x^2 + 3(\tau_{xy})^2}$$

$$\sigma^l = \sqrt{(6278,26 \text{ psi})^2 + 3(791,6 \text{ psi})^2}$$

$$\sigma^l = \sqrt{41296440,3 \text{ psi}^2}$$

$$\sigma^l = 6426,23 \text{ psi}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma^l}$$

$$n = \frac{77000 \text{ psi}}{6426,23 \text{ psi}}$$

$$n = 11,9$$

$$\Rightarrow 11,9 \geq 1$$

3.3.5.- CÁLCULOS PARA DISEÑO DINÁMICO

Para realizar este diseño debemos calcular el límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico, el cual consta de una serie de factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga; por lo tanto empezamos

calculando el límite de resistencia a la fatiga del material utilizando unos datos de tablas que se encuentra en el **Anexo 3**.

$$Se^l = 0,504Su \quad \text{ECUACIÓN 3.13}$$

$$Se^l = 0.504(91kpsi)$$

$$Se^l = 45,86kpsi$$

DONDE

Se^l Límite de resistencia a la fatiga de una probeta rotatoria y es en psi.

Su Resistencia a la tracción o última y está en psi.

$$Ka = aSu^b \quad \text{ECUACIÓN 3.14}$$

$$Ka = 2,7kpsi * (91kpsi)^{-0,265}$$

$$Ka = 0,82$$

DONDE

Ka Factor de superficie

a,b Acabados (maquinado o estirado al frío en nuestro caso)

$$Kb = \left(\frac{d}{7,62} \right)^{-0,1133} \quad \text{ECUACIÓN 3.15}$$

$$Kb = \left(\frac{12,44mm}{7,62} \right)^{-0,1133}$$

$$kb = 0,94$$

DONDE

Kb Factor de tamaño

d Diámetro del eje donde se encuentra el punto crítico A.

En el siguiente factor (K_c) es uno porque tenemos una carga de flexión y torsión.

$$K_c = 1$$

Kc Factor de carga

$$K_d = \frac{ST}{SRT} \quad \text{ECUACIÓN 3.16}$$

$$K_d = \frac{100^{\circ}C}{100^{\circ}C}$$

$$K_d = 1$$

DONDE

Kd Factor de temperatura

ST Resistencia a la temperatura de operación en °C

SRT Resistencia a la temperatura del lugar de trabajo en °C

El siguiente factor a calcularse es (K_e), pero este consta de otro factor que es (K_f) y este a la vez otro que es (K_t), lo cual comenzamos calculando K_f .

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad \text{ECUACIÓN 3.17}$$

Para saber el valor de q tenemos que interpolar ya que nuestro valor de S_u está entre la mitad de los datos que nos dan en las tablas a continuación se detalla:

$$S_u(\text{kpsi}) \quad q \quad \text{ECUACION 3.18}$$

$$100 \quad 1,0464 + 0,046 \ln(r)$$

$$1,0464 + 0,046 \ln(0,1181 \text{ pulg}) = 0,94$$

$$91 \text{ utilizado} \quad q = 0,80 \text{ (interpolado)}$$

$$60 \quad 1,0366 + 0,1254 \ln(r)$$

$$1,0366 + 0,1254 \ln(0,1181 \text{ pulg}) = 0,76$$

DONDE

r Radio de entalle

q Coeficiente donde se relaciona el S_u y el radio de chaflán en el eje.

S_u Resistencia última.

Para encontrar el valor de K_t igual tenemos que interpolar para calcular el valor verdadero ya que en tablas no existen valores que sean exactos con los datos que tenemos.

$$D/d = \frac{0,70 \text{ pulg}}{0,49 \text{ pulg}} = 1,4 \quad \text{ECUACIÓN 3.19}$$

$$\begin{array}{cc} D/d & K_t \\ 1,5 \text{ pulg} & 0,8442 \left(\frac{r}{d} \right)^{-0,3042} \end{array} \quad \text{ECUACIÓN 3.20}$$

$$0,8442 \left(\frac{3 \text{ mm}}{12,44 \text{ mm}} \right)^{-0,3042} = 1,30$$

1,4 pulg Relación de diámetros $K_t = 1,287$ (int erpolado)

$$\begin{array}{cc} 1,1 \text{ pulg} & 0,8993 \left(\frac{r}{d} \right)^{-0,2495} \\ & 0,8993 \left(\frac{3 \text{ mm}}{12,44 \text{ mm}} \right)^{-0,2495} = 1,282 \end{array}$$

DONDE

D Diámetro mayor del eje

d Diámetro menor del eje

r Radio de entalle o chaflán

K_t Coeficiente donde se relaciona diámetros mayor y menor

Una vez calculado estos factores se puede calcular el K_f utilizando la ecuación 3.17

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_f = 1 + 0,80(1,287 - 1)$$

$$K_f = 1,23$$

$$K_e = \frac{1}{K_f} \quad \text{ECUACIÓN 3.21}$$

$$K_e = \frac{1}{1,23}$$

$$K_e = 0,81$$

DONDE

Ke Factor de efectos diversos (templado, niquelado, cromado)
(Concentración de esfuerzos).

Seguidamente calculamos el límite de resistencia a la fatiga donde se juntan todos los factores.

$$S_e = S_e^l * K_a * K_b * K_c * K_d * K_e \quad \text{ECUACIÓN 3.22}$$

$$S_e = 45,86 \text{ kpsi} * 0,82 * 0,94 * 1 * 1 * 0,81$$

$$S_e = 68632,6 \text{ psi}$$

DONDE

Se Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico y está en psi.

Por último calculamos el factor de seguridad para comprobar si el material escogido es apto para el diseño dinámico para este eje.

$$n = \frac{S_e}{\sigma_x} > 1 \quad \text{ECUACIÓN 3.23}$$

$$n = \frac{68632,6 \text{ psi}}{21346,2 \text{ psi}}$$

$$n = 3,21$$

$$\Rightarrow 3,21 > 1 \quad \text{OK}$$

3.4.- SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

3.4.1.- SELECCIÓN DEL PIC

Para seleccionar el pic tenemos que tener en cuenta un aspecto muy importante que son el número de señales de entrada y el número de salidas que va tener el sistema, de acuerdo a eso hemos seleccionado el PIC 16F877 (fig. 3.9), por tener las características necesarias para el correcto funcionamiento.



Fig. 3.9.- Esquema del pic 16F877

Un microcontrolador es un circuito integrado que incluye todos los componentes de un computador. Debido a su reducido tamaño es posible montar el controlador en el propio dispositivo que lo gobierna. Es un dispositivo programable capaz de realizar diferentes actividades que requieran del procesamiento de datos digitales y del control y comunicación digital de diferentes dispositivos.

Los microcontroladores poseen una memoria interna que almacena dos tipos de datos; las instrucciones, que corresponden al programa que se ejecuta, y los registros, es decir, los datos que el usuario maneja, así como registros especiales para el control de las diferentes funciones del microcontrolador.

3.4.1.1.- COMPONENTES

- Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso)
- Memoria RAM para contener los datos
- Memoria para el programa tipo ROM / PROM / EPROM

- Líneas de E / S para comunicarse con el exterior
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, puertos serie y paralelo, CAD: conversores analógicos / digital, CDA: conversores digital / analógico, etc)
- Generador de impulsos de reloj que sincroniza el funcionamiento de todo el sistema.

3.4.1.2.- VENTAJAS

- Aumento de prestaciones: un mayor control sobre un determinado elemento representa una mejora considerable en el mismo.
- Aumento de la fiabilidad: al reemplazar el microcontrolador por un elevado número de elementos disminuye el riesgo de averías y se precisan menos ajustes.
- Reducción del tamaño en el producto acabado: la integración del microcontrolador en un chip disminuye el volumen.
- Mayor flexibilidad: las características de control están programadas por lo que su modificación sólo necesita cambios en el programa de instrucciones.
- Este pic tiene el número de pines adecuado para desarrollar cualquier proyecto.

Los microcontroladores se programan en Assembler y cada microcontrolador varía su conjunto de instrucciones de acuerdo a su fabricante y modelo. De acuerdo al número de instrucciones que el microcontrolador maneja se le denomina de arquitectura RISC (reducido) o CISC (complejo).

Los microcontroladores poseen principalmente una ALU (Unidad Lógico Aritmética), memoria del programa, memoria de registros, y pines I/O (entrada y/o salida). La ALU es la encargada de procesar los datos dependiendo de las instrucciones que se ejecuten (ADD, OR, AND), mientras que los pines son los que se encargan de comunicar al

microcontrolador con el medio externo; la función de los pines puede ser de transmisión de datos, alimentación de corriente para el funcionamiento de este o pines de control específico ¹².

Este microcontrolador es fabricado por Microchip familia a la cual se le denomina PIC. El modelo 16F877 posee varias características que hacen a este microcontrolador un dispositivo muy versátil, eficiente y práctico para ser empleado en la aplicación.

3.4.1.3.- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PIC 16F877

- Soporta modo de comunicación serial, posee dos pines para ello.
- Amplia memoria para datos y programa
- Memoria reprogramable: La memoria en este PIC es la que se denomina FLASH; este tipo de memoria se puede borrar electrónicamente (esto corresponde a la "F" en el modelo).
- Set de instrucciones reducidas (tipo RISC), pero con las instrucciones necesarias para facilitar su manejo.

En siguiente tabla III.2 de pueden observar las características más relevantes del dispositivo:

Tabla III.2.- Características relevantes del pic 16F877

CARACTERÍSTICAS	16F877
Frecuencia máxima	DX-20MHz
Memoria de programa flash palabra de 14 bits	8K x 14
Posiciones <u>RAM</u> de datos	368
Posiciones EEPROM de datos	256
Puertos E/S	A,B,C,D,E

¹² · http://www.descripciondelPIC16F877-Monografias_com.htm

Número de pines	40
Interrupciones	14
Timers	3
Juego de instrucciones	35 Instrucciones
Voltaje de operación	2,0 hasta 5,5 VDC
Arquitectura	Harvard

3.4.1.4.- PERIFÉRICOS

- 1 Conversor A / D de 10-bits (8 canales)
- 2 Módulos CCP (Captura, Comparador, PWM)
- 1 Modulo I²C
- 1 USART (Puerto Serie)
- 2 Timers de 8 bits
- 1 Timer 16 bits

3.4.1.5.- DESCRIPCIÓN DE PINES

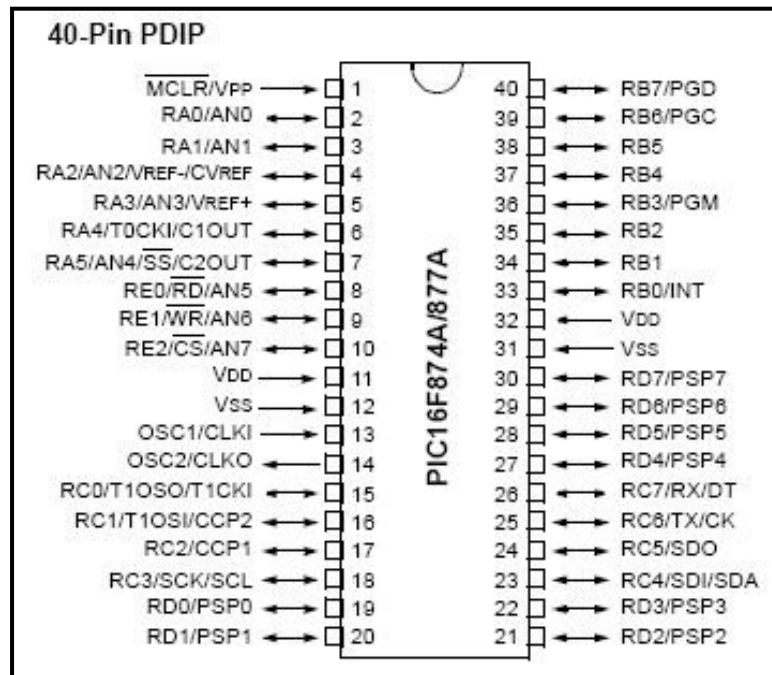


Fig. 3.10.- Pines (entradas y salidas)

En la siguiente tabla vamos a conocer el nombre y número de pín con su descripción.

Tabla III.3.- Descripción de pines

NOMBRE DEL PIN	PIN	DESCRIPCIÓN
OSC1 / CLKIN	13	Entrada del oscilador de cristal / Entrada de señal de reloj externa
OSC2 / CLKOUT	14	Salida del oscilador de cristal
MCLR / Vpp / THV	1	Entrada del Master clear (Reset) o entrada de voltaje de programación o modo de control high voltaje test
RA0 / AN0	2	PORTA es un puerto I / O bidireccional
RA1 / AN1	3	RA0: puede ser salida analógica 0
RA2 / AN2 / Vref-	4	RA1: puede ser salida analógica 1
RA3 / AN3 / Vref+	5	RA2: puede ser salida analógica 2 o referencia negativa de voltaje
RA4 / T0CKI	6	RA3: puede ser salida analógica 3 o referencia positiva de voltaje
RA5 / SS / AN4	7	RA4: puede ser entrada de reloj el timer0. RA5: puede ser salida analógica 4 o el esclavo

		seleccionado por el puerto serial síncrono.
RBO / I NT RB1 RB2 RB3 / PGM RB4 RB5 RB6 / PGC RB7/PGD	33 34 35 36 37 38 39 40	PORTB es un puerto I / O bidireccional. Puede ser programado todo como entradas RB0 puede ser pin de interrupción externo. RB3: puede ser la entada de programación de bajo voltaje Pin de interrupción. Reloj de programación serial
RCO / T1OSO /T1CKI RC1 / T1OS1 / CCP2 RC2 / CCP1 RC3 / SCK / SCL RC4 /SD1/ SDA RC5 / SD0 RC6 / Tx / CK RC7 / RX / DT	15 16 17 18 23 24 25 26	PORTC es un puerto I / O bidireccional RCO puede ser la salida del oscilador timer1 o la entrada de reloj del timer1 RC1 puede ser la entrada del oscilador timer1 o salida PMW 2 RC2 puede ser una entrada de captura y comparación o salida PWN RC3 puede ser la entrada o salida serial de reloj síncrono para modos SPI e I2C RC4 puede ser la entrada de datos SPI y modo I2C RC5 puede ser la salida de datos SPI RC6 puede ser el transmisor asíncrono USART o el reloj síncrono. RC7 puede ser el receptor asíncrono USART o datos síncronos
RD0 / PSP0 RD1 / PSP1 RD2 / PSP2 RD3 / PSP3 RD4 / PSP4 RD5 / PSP5 RD6 / PSP6 RD7 / PSP7	19 20 21 22 27 28 29 30	PORTD es un puerto bidireccional paralelo
REO / RD/ AN5 RE1 / WR / AN RE2 / CS / AN7	8 9 10	PORTE es un puerto I / O bidireccional RE0: puede ser control de lectura para el puerto esclavo paralelo o entrada analógica 5 RE1: puede ser escritura de control para el puerto paralelo esclavo o entrada analógica 6 RE2: puede ser el selector de control para el puerto paralelo esclavo o la entrada analógica 7.

Vss	12.3 1	Referencia de tierra para los pines lógicos y de I / O
Vdd	11.3 2	Fuente positiva para los pines lógicos y de I / O
NC	-	No está conectado internamente

3.4.2.- EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO

Los embragues magnéticos son los encargados de transmitir o interrumpir el movimiento de algún elemento que se encuentre en funcionamiento en este caso a la bomba hidráulica, el cual irá intercalado entre la polea impulsora y la bomba. La unión cinemática de fuerza con el motor tiene lugar a través de un embrague magnético que separa dicha unión de fuerza al ser desconectada la corriente ¹³. A continuación observamos un despiece de un embrague magnético (fig. 3.11).

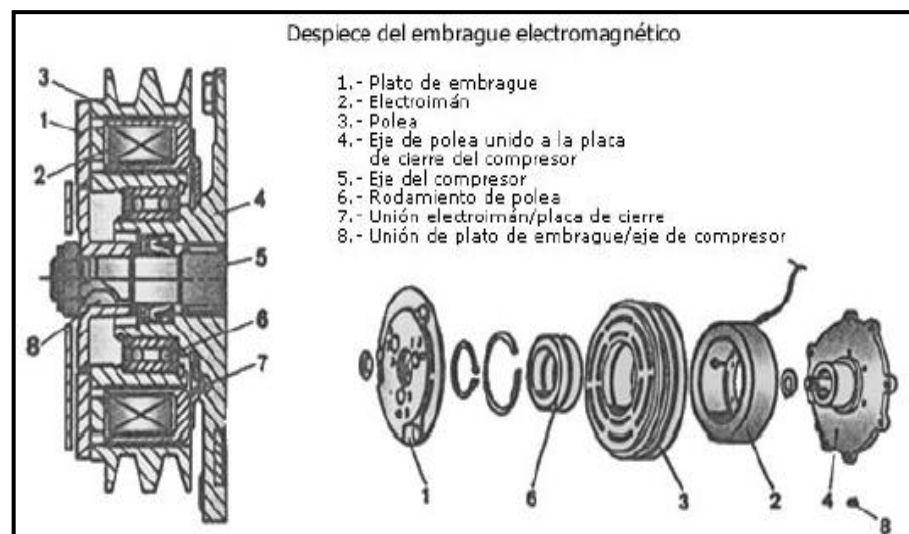


Fig. 3.11.- Componentes del embrague magnético

3.4.2.1.- CARACTERÍSTICAS:

¹³ · <http://www.mecanicavirtual.org/descargas/aireacondicionado.pdf>

- Resistencia mecánica: para transmitir todo el par a otro elemento.
- Progresividad y elasticidad: Para que su movimiento se transmita sin brusquedad.
- Adherencia: para que no pueda patinar y pierda fuerza de transmisión.
- Rapidez de maniobra: que permita embragar y desembragar con facilidad el cual va ser controlado por el sistema de control.

3.4.2.2.- FUNCIONAMIENTO

Cuando se aplica corriente a la bobina, se crea un fuerte electroimán que atrae la placa del embrague contra la polea y los fija uno con el otro para impulsar a dicho eje. Cuando la corriente de la bobina es cortada, la placa del embrague es cortada, y regresa a su posición libre, permitiendo que la polea impulsora gire libremente.

El embrague magnético entra y sale de operación para satisfacer las demandas de algún sistema que se encuentre en funcionamiento.

A continuación ilustraremos un embrague electromagnético de disco en partes y armado (fig. 3.12).



Fig. 3.12.- Embrague magnético (forma exterior)

Todo elemento eléctrico debe tener sus características o datos técnicos para tener su aplicación correcta, por tanto detallaremos a continuación en la siguiente tabla

Tabla III.4.- Datos técnicos del compresor y embrague magnético ¹⁴.

	SD – 505
Modelo del compresor y nomenclatura	SD: Compresores de placa oscilante Sanden. 5: Número de cilindros 05: Desplazamiento aproximado en pulg ³
Peso normal	Embrague: 6,0 Lb Compresor: 11,2 Lb Todo el conjunto: 17,2 Lb
Tipo de embrague	Std
Velocidad de funcionamiento normales	RPM máximas De 6000 – 7000 rpm.
Holgura del embrague	0,5 - 1 mm.
Corriente normal al que funciona el embrague magnético.	3.6 - 4.2A a 12V

Se escogió este tipo de embrague magnético por tener la misma medida de diámetro de polea de la bomba hidráulica, por tanto no variamos el número de revoluciones de funcionamiento, como también ciertas características como es su peso, por lo que vamos a lograr un funcionamiento óptimo cuando esté adaptada la bomba hidráulica con el embrague (fig. 3.13).

¹⁴ · <http://www.compresoresdeaireacondicionado/untitled1.htm>



Fig. 3.13.- Esquema del conjunto bomba hidráulica y embrague magnético

3.4.3.- SELECCIÓN DEL RELÉ

Como se conoce que la bobina inductora del embrague magnético necesita de una corriente alta 12V en su proceso de inducción, estas altas corrientes podían dañar los demás elementos como por ejemplo al pic que este funciona solo con 5V, entonces es por eso que se debía buscar algún elemento que controlase esto, y se optó por un relé de 20 amperios.

El esquema siguiente nos explica prácticamente su constitución y funcionamiento de un relé tipo armadura el que utilizaremos. El electroimán hace vascular la armadura al ser excitada, cerrando los contactos dependiendo si es (normalmente abierto o normalmente cerrado) ¹⁵. (fig. 3.14).

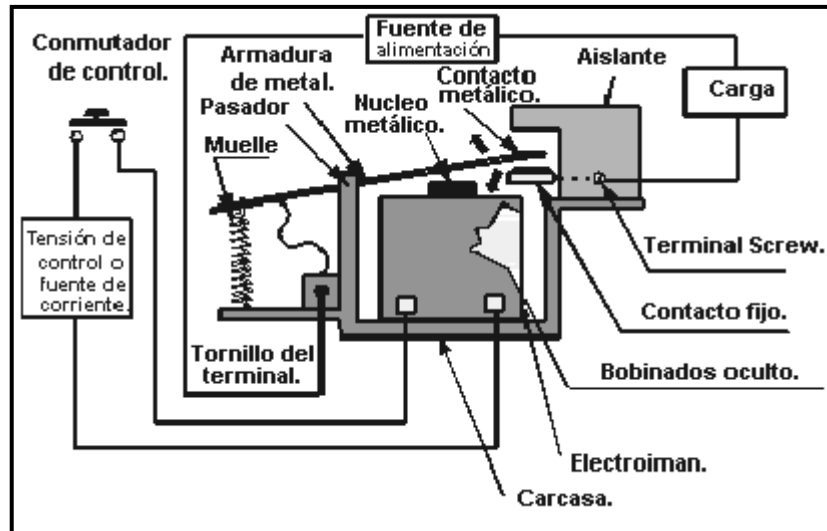


Fig. 3.14.- Constitución interna de un relé

Se utilizó este relé en este caso para lograr que mediante un circuito de poco consumo o intensidad de corriente se pueda operar un dispositivo de alto consumo, ya que se dice que es un amplificador eléctrico, reduciendo así el tamaño de los interruptores, y minimizando los riesgos de cortos circuitos.

Los relés existen de diferentes tipos y capacidades. Los más usados son los de 4 terminales, 2 para el actuador y los otros 2 para el contacto y son de 10 y 20 amperios y tomamos también en cuenta que los contactos sean normalmente abiertos (NA) ya que conectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se desconecta cuando el relé está inactivo ¹⁵. (fig. 3.15).



Fig. 3.15.- Relé y sócalo

¹⁵ · <http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%Ag>

3.4.3.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES

- El aislamiento entre los terminales de entrada y de salida.
- Adaptación sencilla a la fuente de control.
- Posibilidad de soportar sobrecargas, tanto en el circuito de entrada como en el de salida.
- Las dos posiciones de trabajo en los bornes de salida de un relé se caracterizan por:
 - En estado abierto, alta impedancia.
 - En estado cerrado, baja impedancia.

3.4.3.2.- VENTAJAS

- La gran ventaja de los relés es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento (la que circula por la bobina del electroimán) y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control.
- Posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control.

A continuación se detalla una tabla de datos técnicos de los relés

Tabla III.5.- Datos técnicos de los relés

RELÉ				
Código fabricante	Tipo de contacto	Tensión de Bobina	Impedancia de Bobina	Corriente de Contacto
EER3HA-S-DC12V	Normal abierto	12V CC	76E	30 ^a
EER3HA-S-DC24V	Normal abierto	24V CC	36E	30 ^a
SÓCALO				
SR3P-05	Para relé 3 inversores			

3.4.4.- SENSOR DE VELOCIDAD

Para medir la velocidad del vehículo hemos utilizado un sensor magnético o interruptor magnético, el cual nos permite detectar la presencia o contar el número de objetos metálicos sin necesidad de contacto.

Son conocidos también como sensores de proximidad, son muy tolerantes al desalineamiento y se ajustan bien a entornos contaminados por polvo y líquido.

Constan de dos partes, el imán actuador y el conmutador o interruptor propiamente dicho. El conmutador cambia su estado cuando el actuador magnético se acerca a él, sin necesidad de que exista contacto físico entre ambos. La distancia de operación puede variarse con una adecuada elección del actuador magnético ¹⁵. (fig. 3.16).



Fig. 3.16.- Sensor magnético

Existen tres tipos básicos de interruptores magnéticos: abiertos, cerrados y biestables. Los interruptores abiertos y cerrados se actúan mediante imanes N-S; los interruptores biestables, se actúan mediante un N, o bien mediante un S, según la función deseada, apertura o cierre del contacto.

Los imanes, están contruidos en ferrita de Bario, y no pierden su poder magnético, ni con el tiempo, ni bajo influencia de otros imanes exteriores. Las variaciones de temperatura, influyen en los imanes, y hay

que tener en cuenta que un coeficiente de 0,2% °C hace disminuir el magnetismo al aumentar la temperatura, sin embargo, entre los -30 °C y los +90 °C estas variaciones no son permanentes, y recuperan el magnetismo inicial al restablecerse la temperatura ¹⁶.

3.4.4.1.- FUNCIONAMIENTO

Al acercarse el imán actuador, las lengüetas del interruptor son recorridas por las líneas de fuerzas magnéticas del actuador, y la atracción entre ambas aumenta; al aumentarse, la fuerza de atracción entre ambas lengüetas crece logarítmicamente, y con ello se obtiene un cierre muy rápido del contacto, entre 0,3 y 1,5 milisegundos; inversamente al descender el umbral magnético, produce también una apertura rápida del contacto en 0,3 - 0,6 milisegundos en el interior del interruptor magnético.

3.4.4.2.- VENTAJAS

- Elevadas velocidades de actuación y elevado número de maniobras, por ejemplo en sistemas de contaje.
- Funcionamiento silencioso.
- Variaciones importantes del actuador al interruptor, en distancia.

A continuación conoceremos las especificaciones técnicas de este sensor magnético mediante la tabla III.6

¹⁶ · <http://www.electronics/contactosmagneticos.htm>

Tabla III.6.- Especificaciones técnicas del sensor magnético

Tipo de contacto	NA
Tensión de conmutación (máx)	100 V AC/DC
Corriente de conmutación (máx)	0,5 A
Capacidad de contacto (máx)	10 VA
Contacto inicial	0,2 ohm máx
Corriente de transporte (máx)	1 A
Tensión de ruptura	200 Vdc
Resistencia de aislamiento	100 M ohm mín
Ciclo de conmutación	5×10^7 a (30V 0,1 A DC)
Con cables (en el conmutador)	300 mm
Distancia operativa	Máx 23 mm
Temperatura	- 25 °C hasta 70 °C
Dimensiones	34x15x8 mm

3.4.5.- SENSOR DE ÁNGULO DE DIRECCIÓN DE RUEDAS

Para medir el ángulo de dirección de las ruedas hemos utilizado un potenciómetro lineal como sensor, ya que este nos da una señal de variación de resistencia cuando las ruedas giren ya sea a la derecha o izquierda, el cual este enviará una señal al pic y podemos obtener un ángulo de dirección de las ruedas delanteras.

Los potenciómetros lineales son transductores de distancia y posición con contacto y rozamiento. La medida se obtiene mediante el deslizamiento de unas escobillas sobre una pista plástica resistiva, que en función del punto donde se encuentre, dará un valor proporcional en resistencia. A continuación se ilustra un potenciómetro lineal utilizado de 50 K (fig. 3.17)

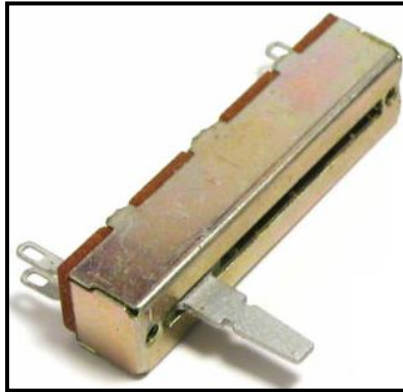


Fig. 3.17.- Potenciómetro lineal

3.4.5.1.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Tabla III.7.- Datos técnicos del potenciómetro lineal

Rango	Desde 25 mm hasta 100 mm
Linealidad	Desde 0,2 hasta 0,075 %
Salida	Resistiva 1, 5 o 10 kOhm, según modelos
Protección	IP63 e IP65, para las series PM y PLS respectivamente

3.4.6.- LCD DE 2x16

La pantalla de cristal líquido o LCD (Liquid Crystal Display) es un dispositivo μ Controlado de visualización gráfico para la presentación de caracteres, símbolos o incluso dibujos (en algunos modelos), es este caso dispone de 2 filas de 16 caracteres cada una y cada carácter dispone de una matriz de 5x7 puntos (pixels), aunque los hay de otro número de filas y caracteres ¹⁷.

Este dispositivo esta gobernado internamente por un microcontrolador hitachi 44780 y regula todos los parámetros de presentación, este modelo es el mas comúnmente usado y esta información se basará en el manejo de este u otro LCD compatible (fig. 3.18)



Fig. 3.18.- LCD de 2x16

3.4.6.1.- CARACTERÍSTICAS

- Pantalla de caracteres ASCII, además de los caracteres Kanji y Griegos
- Desplazamiento de los caracteres hacia la izquierda o la derecha.
- Proporciona la dirección de la posición absoluta o relativa del carácter.
- Memoria de 40 caracteres por línea de pantalla
- Movimiento del cursor y cambio de su aspecto.
- Permite que el usuario pueda programar 8 caracteres.
- Conexión a un procesador usando un interfaz de 4 u 8 bits

3.4.6.2.- FUNCIONAMIENTO

Para comunicarse con la pantalla LCD podemos hacerlo por medio de sus patitas de entrada de dos maneras posibles, con bus de 4 bits o con bus de 8 bits ¹⁷.

¹⁷ · <http://club.telepolis.com/kveyar/display.html>

3.4.6.3.- DESCRIPCIÓN DE PINES DEL LCD

Tabla. III.8.- Descripción de pines

Pin N°	Símbolo	Descripción
1	Vss	Tierra de alimentación GND
2	Vdd	Alimentación de +5V CC
3	Vo	Contraste del cristal liquido. (0 a +5V)
4	RS	Selección del registro de control / registro de datos: RS = 0 Selección registro de control RS = 1 Selección registro de dato
5	R / W	Señal de lectura / escritura: R / W = 0 Escritura (Write) R / W = 1 Lectura (Read)
6	E	Habilitación del modulo: E = 0 Módulo desconectado E = 1 Módulo conectado
7 - 14	D0 – D7	Bus de datos bidireccional

3.4.6.4.- JUEGO DE CARACTERES

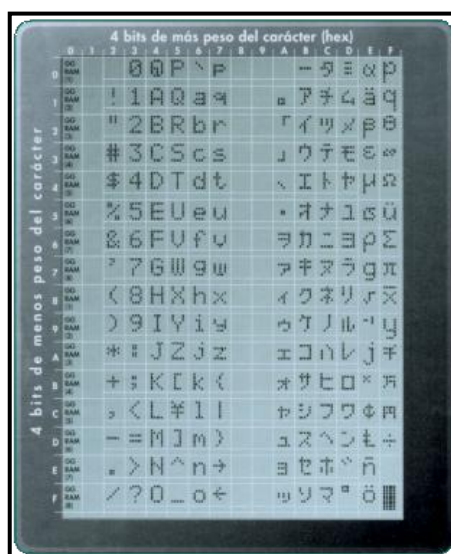


Fig. 3.18.- Juego de caracteres del LCD

IV.- CONSTRUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL PARA DIRECCIÓN HIDRÁULICA

4.1.- PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS

Antes de comenzar la construcción de los elementos mecánicos del sistema, ilustraremos como estaban los elementos (bomba hidráulica, compresor de aire acondicionado donde se obtuvo el embrague electromagnético) (fig. 4.1), para posterior desarmarlos y hacer la respectiva adaptación bomba – embrague.



Fig. 4.1.- Esquema de una bomba hidráulica y un compresor de aire acondicionado

4.1.1.- EJE DE LA BOMBA HIDRÁULICA

Para saber la forma real, longitud exacta, los diferentes diámetros del eje que se va a utilizar en el armado bomba – embrague se hizo una preconstrucción del eje, para luego construir el eje efectivo, sin errores ni fallas y no tener problemas en el funcionamiento.

A continuación detallamos los pasos de preconstrucción del eje:

- Primero desarmamos la bomba hidráulica, compresor de aire acondicionado para sacar los ejes de cada uno (fig. 4.2)



Fig. 4.2.- Bomba y compresor desarmado

- Tomamos medidas tanto de longitud y diámetros de los dos ejes con el fin de que el eje quede a la medida que nosotros necesitamos y conseguir una adaptación correcta de bomba – embrague.
- Como siguiente paso se cortó los dos ejes utilizando un extremo de cada uno y formar un solo eje según los requerimientos que necesitemos para la adaptación.
- Todo este trabajo se realizó con la ayuda de máquinas herramientas (torno) (fig. 4.3).



Fig. 4.3.- Corte del eje en el torno

- En el un extremo del eje de la bomba se realizó una perforación roscable; y en el eje del compresor se construyó un perno del mismo diámetro de la perforación del eje antes mencionado con el propósito de hacer un solo cuerpo (fig. 4.4).



Fig. 4.4.- Ejes maquinados para realizar un solo cuerpo

- Al tener un solo eje se procedió a soldar en la unión, y luego rectificarlo en el torno de acuerdo a las medidas necesarias (fig. 4.5)



Fig. 4.5.- Rectificación del eje

- Finalmente se procedió armar la bomba hidráulica con todos los elementos utilizando el eje preconstruido (fig. 4.6). Se tomó en cuenta que era necesario realizar unos ajustes de longitud en el momento que se construiría el eje para la adaptación del sistema bomba - embrague.



Fig. 4.6.- Bomba con eje preconstruido

Para la construcción del eje se utilizó el acero AISI1045 estirado al frío que es aplicado para la fabricación de flechas, ejes y engranajes que es un acero puro con el 45% de aleación con carbón y 1% de manganeso

Con los datos de diseño realizado, se puede comenzar el proceso de construcción y mecanizado de dicho eje con la ayuda de diversas máquinas y herramientas; el diseño de este eje a un extremo se realizó una especie de estrías para que se acople con el tambor de paletas y en el otro extremo se elaboró un canal para chaveta y rosca para una tuerca de seguridad, a continuación se ilustra la siguiente (fig. 4.7).



Fig. 4.7.- Eje construido según el sistema.

Cabe explicar el funcionamiento de este elemento, el cual recibe el movimiento motor, en su giro arrastra al tambor donde van ubicadas las paletas; y el movimiento rotacional hace que se expulse a una presión elevada el fluido hidráulico hacia el sistema de dirección del vehículo.

4.1.2.- RECONSTRUCCIÓN DEL EJE DE POLEA UNIDO A LA PLACA DE ASIENTO DEL EMBRAGUE.

Para la reconstrucción de este elemento que es de aluminio, se ha utilizado diversas máquinas y herramientas, el objetivo de esta reconstrucción es:

- Dar un acabado acorde a las necesidades de adaptación a la bomba hidráulica.
- Menorar el peso de este elemento
- Conseguir que este elemento sirva como base de todo el sistema de embrague magnético; por lo que hemos realizado un procedimiento de mecanizado:
 - Ubicar correctamente este elemento en el torno y centrarlo bien utilizando un reloj palpador (fig. 4.8)



Fig. 4.8.- Centrado del elemento antes de mecanizar

- A continuación lo mecanizamos hasta conseguir nuestro objetivo (fig. 4.9)



Fig. 4.9.- Mecanizado del eje de polea

- Finalmente hemos reconstruido este elemento que es de mucha importancia para nuestro sistema (fig. 4.10)



Fig. 4.10.- Eje de la polea del embrague culminada

4.1.3.- CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PARA EL CONJUNTO BOMBA HIDRÁULICA – EMBRAGUE.

Para la construcción de esta base se utilizó piezas de hojas de resorte de vehículo ya que es un acero muy duro y está expuesto a vibraciones en este caso de la bomba hidráulica, también se utilizó un bocín que sirva como guía para la bomba, el cual fue soldado en la base. Se hizo tres perforaciones en la base para poder sujetar con pernos al block del motor.

Se pudo lograr esto mediante la ayuda de máquinas herramientas como (suelta eléctrica, taladro, amoladora, etc). El diseño de este elemento se trabajó de acuerdo a los requerimientos del conjunto bomba - embrague como es:

- Perfecta alineación entre las poleas de cigüeñal y del conjunto bomba – embrague; por lo que esto servirá para que la banda o correa tenga una extensa vida útil.
- Correcta comodidad para la bomba hidráulica para un correcto funcionamiento.
- Facilidad para templar la banda o correa

A continuación se ilustra una imagen de esta base construída (fig. 4.11).



Fig. 4.11.- Base para el conjunto bomba – embrague

4.1.4.- CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PARA EL SENSOR DE ÁNGULO DE DIRECCIÓN DE LAS RUEDAS (POTENCIÓMETRO LINEAL)

Para la construcción de esta base se utilizó un tol de 2 mm de espesor y platinas comunes, ya que no va hacer ningún esfuerzo. El diseño de este elemento se construyó de acuerdo a los requerimientos del sensor (potenciómetro lineal), ya que tiene que acoplarse el sensor con el brazo pitman o de dirección cuando el conductor mueva el volante de

dirección. Se realizó tres agujeros para acoplar con pernos al bastidor del vehículo y tener una buena fijación (fig. 4.12).



Fig. 4.12.- Base para el sensor de ángulo

4.2.- PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL CONTROL ELECTRÓNICO EN PROTOBOAR

Para la construcción de este control electrónico utilicé algunos elementos electrónicos muy importantes que permiten el funcionamiento del mismo, como son:

- Protoboar
- Pic 16F877
- Un LCD de 16x2
- Relé de 10 Amp.
- Transistor
- Pulsadores
- Condensadores
- Resistencias
- Potenciómetro de 50 k (para simulación de ángulo de dirección)
- Cables N° 24 para conexión
- Regulador de voltaje 7805A

Con estos elementos se inició construyendo una fuente que permita la reducción de voltaje de 12 a 5 voltios, ya que el pic funciona con 5 v y se utilizó condensadores, resistencias y un regulador de voltaje 7805A; a continuación se alimentó de señales de entrada al pic como son: señales del sensor de velocidad, sensor de ángulo de dirección (potenciómetro), señales de pulsadores para configurar al control electrónico. Seguidamente se tomó las señales de salida del pic: unas señales a las entradas del LCD, este display fue protegido con algunas resistencias para evitar sobrecargas de corriente que puedan ocasionar daños; y otra señal va a la entrada del conjunto bomba – embrague magnético, el cual se utilizó un transistor y un relé de 10 amp.

Toda esta construcción se realizó en el protoboar ubicando los elementos en los sitios adecuados y tomando en cuenta la polaridad al momento de realizar las conexiones respectivas, tanto de alimentación de corriente, señales de entrada a los diferentes elementos y señales de salida. A continuación se ilustra una imagen de construcción del control electrónico en el protoboar (fig. 4.13)

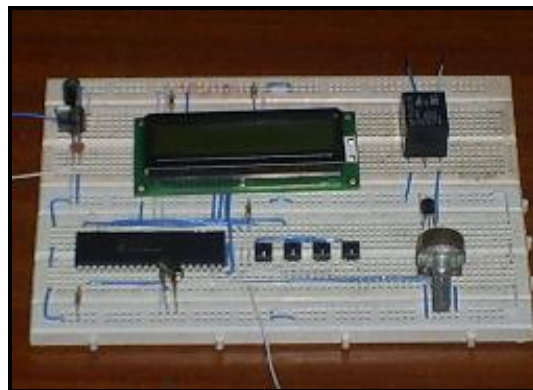


Fig. 4.13.- Esquema del control electrónico construido

El diagrama eléctrico de este control electrónico se ilustra mas adelante en el **Anexo 4**.

4.2.1.- PROGRAMACIÓN DEL PIC 16F877

Con la ayuda del software MPLAB se realizó la programación del pic de acuerdo a las condiciones que necesitamos.

Para obtener la velocidad (km/h) del vehículo se tomó como datos:

- La distancia que recorre el vehículo en dar 1 vuelta con el Rin 15 en este caso es igual a 2.12 m.
- Para el Rin 14 nos da 2.07 m. de recorrido en 1 vuelta de la rueda.
- El dato mas importante para hallar la velocidad es la relación de transmisión que existe entre: el árbol de transmisión y las ruedas traseras y es igual a $4^{1/2}$ vueltas da el árbol de transmisión, mientras tanto la rueda del vehículo da 1 vuelta.
- Para el tiempo es igual a 3600 segundos y lo transformamos en 1 hora.
- Con estos datos realizamos las transformaciones respectivas para obtener los (km/h) del vehículo.

Haciendo énfasis a estos datos obtenidos del vehículo realizamos la programación del pic, que mas adelante veremos en el **Anexo 5**.

4.3.- ESQUEMA DEL PROCESO DE DESMONTAJE Y MONTAJE DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS DEL SISTEMA DE CONTROL PARA DIRECCIÓN HIDRÁULICA.

4.3.1.- SECUENCIA DE ARMAJE DEL CONJUNTO BOMBA - EMBRAGUE

Para comenzar el proceso de armado de este conjunto se reunió todos los componentes que conforman, tanto de la bomba hidráulica como del embrague electromagnético y se procedió hacer una limpieza total (fig. 4.14).



Fig. 4.14.- Componentes del conjunto bomba – embrague

A continuación se detalla los pasos de armado de todo el conjunto bomba – embrague:

- Luego de hacer una limpieza total de todos los elementos se procede armar las partes internas de la bomba.
- Colocamos el tambor de paletas en el eje de la bomba
- Ponemos el seguro de retención del tambor de las paletas en el eje.
- Incrustamos todas las paletas en su respectivo tambor tomando en cuenta el lado de incrustación de la paleta ya que sus lados no son iguales.
- Colocamos las anteriores partes yá armadas en la cámara de la bomba y haciendo coincidir las guías lo sellamos con la tapa de la cámara, aquí el fluído es comprimido y enviado a alta presión por los diferentes conductos.



Fig. 4.15.- Cámara de alta presión de la bomba

- Insertamos ya la cámara armada en el cuerpo o carcasa de la bomba y lo sellamos con la tapa posterior de la bomba sujeta por un seguro.



Fig. 4.16.- Carcaza o cuerpo de la bomba hidráulica

- Colocamos un retenedor en la parte frontal de la bomba para evitar que haya fugas de fluido de la parte interior hacia el exterior de la bomba hidráulica.
- Una vez armado las partes internas de la bomba comenzamos acoplar los componentes del embrague magnético.
- Primero lubricamos con grasa la parte exterior del eje y procedemos a montar el eje de polea unido a la placa de asiento del embrague y se lo sujeta con pernos avellanados, pero hay que tomar mucho en cuenta que este elemento debe estar bien nivelado en su asiento con la bomba, por eso optamos en poner rodela de calibración para equilibrar su nivel, como muestra en la siguiente (fig. 4.17).



Fig. 4.17.- Montaje del eje de polea con el asiento de embrague

- Insertamos un rodamiento pequeño de palillos bien engrasado en el interior del eje de polea para que el eje principal de la bomba tenga una mejor alineación y gire fácilmente.
- Seguidamente colocamos la bobina inductora o electroimán con su respectivo seguro y posición.



Fig. 4.18.- Montaje de la bobina inductora

- A continuación montamos rodamientos, polea del embrague y su seguro de fijación.



Fig. 4.19.- Montaje de la polea de embrague

- Luego ubicamos el plato de embrague, colocamos la chaveta para tener un acople plato – eje de bomba, ubicamos una tuerca de sujeción de todo el sistema procediendo a calibrar la holgura que existe entre la polea y plato de embrague, en nuestro caso utilizamos

laminas de calibración en el asiento del plato de embrague ya que estaba muy unido la polea con el plato; cabe decir que la calibración de la holgura es de 1 mm para que haya un acople correcto y tenga un buen funcionamiento este sistema (fig. 4.20).



Fig. 4.20.- Calibración del embrague magnético

- Finalmente se dejó listo este conjunto bomba – embrague para luego proceder a montarlo al vehículo.

4.3.2.- SECUENCIA DE MONTAJE DEL CONJUNTO BOMBA – EMBRAGUE AL VEHÍCULO.

Para comenzar a montar este nuevo sistema al vehículo, primero tenemos que desmontar el sistema anterior con el que estaba funcionando el sistema de dirección hidráulica, por lo que a continuación seguimos una secuencia de desmontaje:

- Vaciamos el fluido hidráulico del reservorio del sistema para evitar que se riegue en las diferentes partes del vehículo al momento de sacar cañerías de alta presión.
- Aflojar el perno del templador de la bomba para poder sacar la banda o correa que se acopla con la polea del cigüeñal.

- Safar las cañerías de la bomba hidráulica tanto de succión como de presión y taparlas para evitar el ingreso de sustancias extrañas que puedan ocasionar problemas al momento de su funcionamiento.
- Sacar todos los pernos que sujeta la base de la bomba con el block del motor.



Fig. 4.21.- Desmontaje de bomba hidráulica anterior

- Extraer todo el conjunto, la base con la bomba hidráulica



Fig. 4.22.- Extracción de la bomba hidráulica

Una vez que se desmontó el sistema anterior, a continuación se detalla una secuencia de montaje del nuevo sistema bomba – embrague magnético al vehículo.

- Primero montamos la base de la bomba, sujetamos con pernos al block del motor (fig. 4.23).



Fig. 4.23.- Montaje de la base de la bomba hidráulica

- A continuación montamos el conjunto bomba – embrague en su respectiva base y lo sujetamos con un perno introduciendo en el asiento de la bomba junto con el bocín de la base (fig. 4.24).



Fig. 4.24.- Montaje de l conjunto bomba – embrague

- Colocamos la banda o correa y con el templador del conjunto procedemos a templar utilizando una palanca hasta que la banda este templada a una altura de funcionamiento correcto.
- Acoplamos a la bomba cañerías de succión y de presión y lo ajustamos bién con abrazaderas para evitar fugas de aceite hidráulico.

- Finalmente realizamos una limpieza de residuos de fluido de todo el contorno del conjunto para evitar un mal funcionamiento cuando hagamos las respectivas pruebas de funcionalidad.

4.4.- MONTAJE DE ELEMENTOS ELECTRÓNICOS E INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

4.4.1.- MONTAJE DEL SENSOR DE VELOCIDAD (CONTACTOS MAGNÉTICOS)

Para el montaje de este elemento se realizó una base pequeña para ubicar al contacto magnético fijo el mismo que va a enviar la señal mediante unos cables. A continuación indicaremos el procedimiento de montaje de este sensor:

- Realizamos una limpieza en todas las partes donde van ubicadas los elementos del sensor.
- Montamos la base junto con el contacto magnético fijo y lo sujetamos con tornillos.
- Ubicamos el contacto magnético móvil en el árbol de transmisión a la salida de la caja de cambios para evitar mucho pandeo y lo sujetamos con una pega especial y unas abrazaderas de plástico de 300 mm x 4 mm y 2 mm de espesor para tener mayor fijeza.



Fig. 4.25.- Montaje del sensor de velocidad

- Lo alineamos entre contacto fijo y el móvil para tener una buena señal. La holgura de separación entre contactos magnéticos es 10 mm para un perfecto funcionamiento del sensor.



Fig. 4.26.- Alineación de los contactos del sensor

- Finalmente ajustamos las abrazaderas de plástico y lo cortamos los pedazos sobrantes. Y realizamos las conexiones respectivas un alambre del sensor se conecta a la entrada del pic porque es una señal de entrada y el otro alambre va conectado a tierra.



Fig. 4.27.- Final del montaje del sensor de velocidad

4.4.2.- MONTAJE DEL SENSOR DEL ÁNGULO DE DIRECCIÓN DE LAS RUEDAS (POTENCIÓMETRO LINEAL)

Para el montaje de este sensor tenemos que seguir una secuencia de pasos:

- Primero montamos la base que se construyó para este sensor y lo sujetamos con tres pernos al bastidor del vehículo.
- Colocamos el potenciómetro lineal en la base ya montada y lo sujetamos con tornillos (fig. 4.28).



Fig. 4.28.- Montaje del sensor de ángulo en el vehículo

- Acoplamos una especie de horquilla entre la palanca del potenciómetro lineal y el brazo de dirección, con el fin de hacer mover a la palanca del potenciómetro cuando el conductor gire el volante hacia la derecha o a la izquierda (fig. 4.29).



Fig. 4.29.- Montaje de la horquilla para el sensor de ángulo

- Finalmente conectamos las salidas de señal del sensor a las entradas del pic y realizamos los últimos ajustes de acoplamiento.



Fig. 4.30.- Conexiones del sensor de ángulo de dirección

4.4.3.- MONTAJE DEL CONTROL ELECTRÓNICO REALIZADO EN PLACA.

Después de realizar este sistema electrónico en protoboar y realizadas las pruebas de funcionalidad respectivas, procedemos a realizar este control en placa de baquelita, a continuación en la (fig. 4.31) ilustramos los planos de construcción de la parte del pic 16F877A con las señales de entrada y de salida hacia el LCD,

indicando los elementos empleados como: transistores, lcd, resistencias y pulsadores para la zeteada.

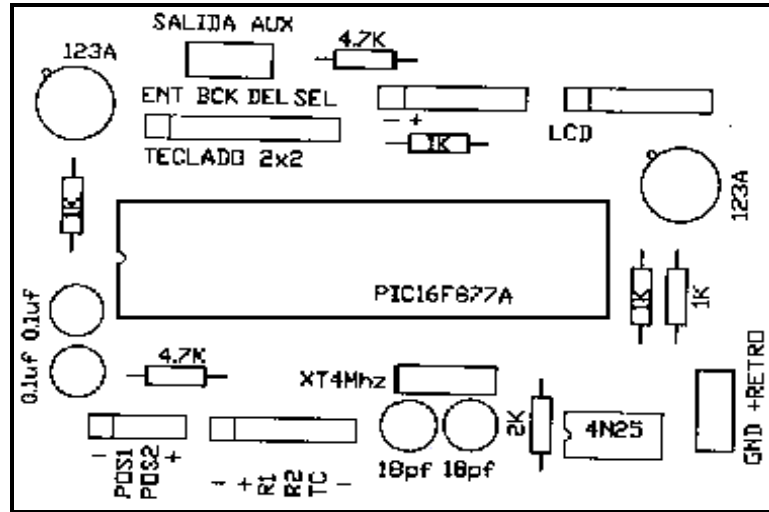


Fig. 4.31.- Esquema de los elementos electrónicos en la placa de baquelita

En la siguiente figura se ilustra la parte posterior de estos elementos pero realizado los respectivos canales de conexiones en la placa de baquelita (fig. 4.32).

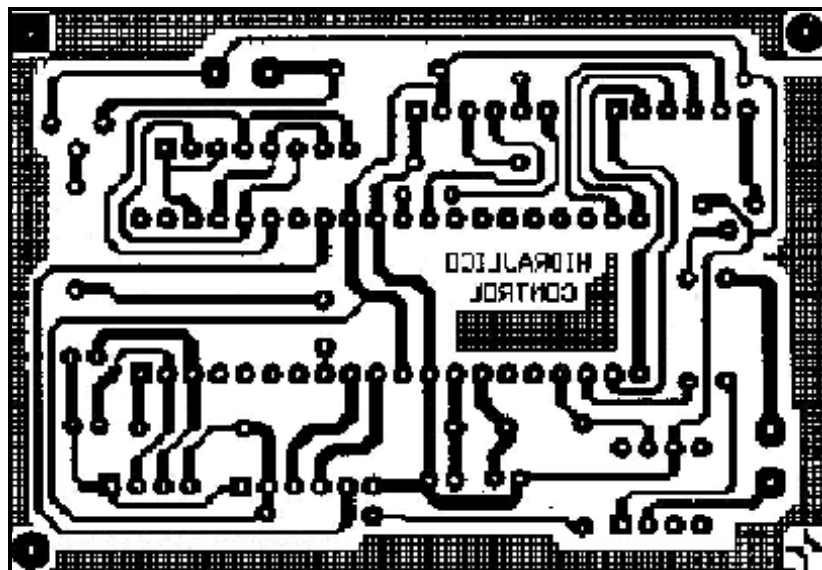


Fig. 4.32.- Esquema de conexiones en la parte posterior de la baquelita

En la siguiente (fig. 4.33) presentamos los siguientes planos de construcción en la baquelita a lo que se refiere al sistema de alimentación y regulación de voltaje del sistema de control electrónico, por lo que contamos con los siguientes elementos: interruptor, fusible, condensadores, resistencias, regulador de voltaje, led, etc.

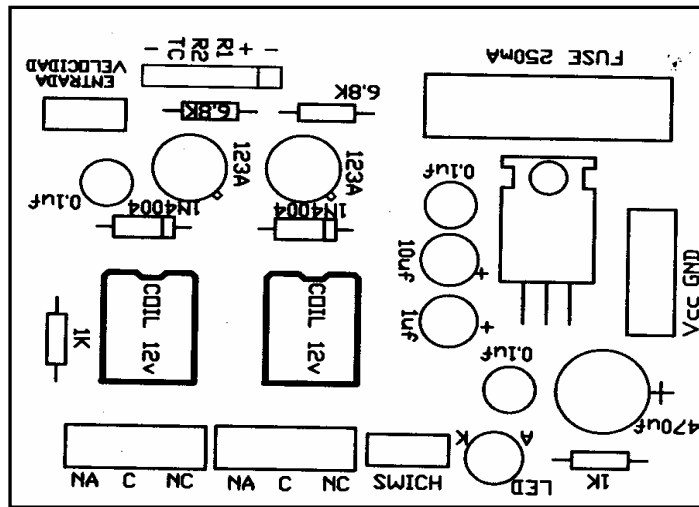


Fig. 4.33.- Esquema de los elementos que conforman la fuente de energía

En la (fig. 4.34) se observa los canales de conexión entre elementos que conforman la fuente de energía y regulación de voltaje.

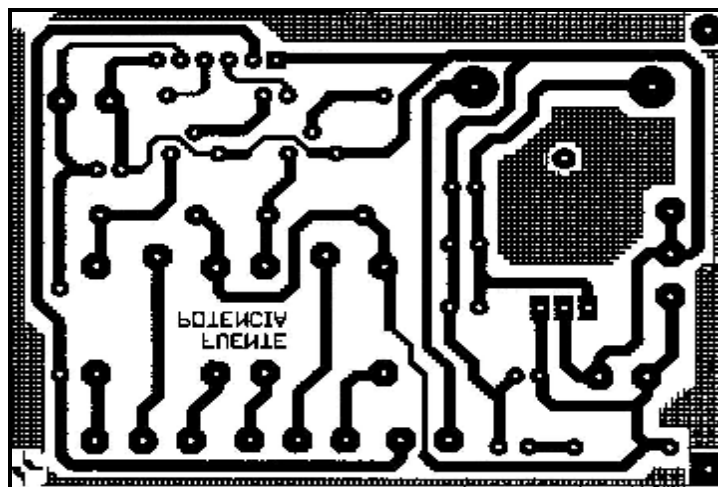


Fig. 4.34.- Conexiones de la fuente en la parte posterior de la baquelita

A continuación se instala la placa de baquelita en una caja para ubicar correctamente los pulsadores y tener una buena visibilidad al LCD del control electrónico (fig. 4.35).



Fig. 4.35.- Control electrónico armado en la caja

Realizamos el montaje de este dispositivo al vehículo, siguiendo una secuencia de montaje:

- Localizamos todos los alambres de señal de entrada de los diferentes sensores utilizados.
- Conseguimos hacer pasar los alambres a una parte visible dentro del habitáculo para realizar las diferentes conexiones.
- Realizamos las respectivas conexiones tanto de entrada como de salida del sistema electrónico, por lo que utilizamos una suelda de estaño para tener un mejor acople y por ende un buen funcionamiento del sistema (fig. 4.36).

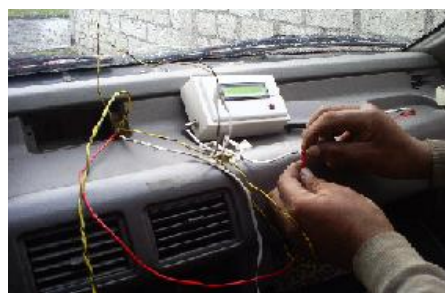


Fig. 4.36.- Conexiones de las señales de entrada y salida del sistema

- El tipo de alambre utilizado para las diferentes conexiones del sistema es blindado, ya que este tiene unos recubrimientos de una malla de alambre que se le conecta a tierra, de hilos y plástico, que permiten aislar vibraciones, sonidos y energías parásitas ocasionadas por el vehículo, y estas pueden dar una mala señal que puede afectar a la resolución del sistema de control electrónico; y finalmente está listo el sistema para funcionar en el vehículo (fig. 4.37).



Fig. 4.37.- Sistema de control electrónico

Nota: El led del control electrónico se enciende solo cuando existe envío de fluido hidráulico de la bomba, y se apaga cuando no existe envío

V.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

5.1.- PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL CONJUNTO BOMBA – EMBRAGUE ANTES DE MONTAR AL VEHÍCULO

Es importante realizar esta prueba de funcionalidad y diagnosticar su funcionamiento antes de montar el conjunto al vehículo. Para ejecutar esta prueba utilizamos algunos elementos:

- Batería de 12 V
- Motor eléctrico de 1.5 Hp
- Banda o correa
- Cañerías
- Embudo
- Aceite hidráulico
- Alambres de corriente
- Mesa de trabajo para la sujeción de los elementos expuestos a vibración.

A continuación se detalla el procedimiento para realizar esta prueba de funcionalidad:

- Sujetamos el motor eléctrico y la bomba hidráulica con pernos en la mesa de trabajo.
- Alineamos los dos elementos para colocar la banda.
- Acoplamos cañerías a la bomba y como depósito de fluido he utilizado un embudo que está colocado en lo alto de la bomba para que por gravedad ingrese el fluido a la bomba y este a la

vez envíe y llegue nuevamente el fluido al embudo y así el fluido esté dando la vuelta.

- Conectamos la batería, el negativo a masa de la bomba hidráulica y el positivo conectamos a la entrada del embrague electromagnético pero cuando queramos que envíe fluido la bomba.



Fig. 5.1.- Montaje de los elementos para realizar la prueba

- A continuación cebamos a la bomba
- Comenzamos hacer funcionar la bomba mediante el motor eléctrico, pero sin alimentar de energía al embrague electromagnético de la bomba y observamos que no existe envío de fluido (fig. 5.2)



Fig. 5.2.- Funcionamiento de la bomba sin alimentación de corriente

- Luego alimentamos de energía al embrague electromagnético de la bomba y observamos que si existe envío de fluido (fig. 5.3).



Fig. 5.3.- Funcionamiento de la bomba con alimentación de corriente

- Finalmente se ha deducido que el conjunto bomba – embrague envía el fluido a grandes presiones, el cual está funcionando perfectamente y está lista para montarlo en el vehículo (fig. 5.4)



Fig. 5.4.- Envío de fluido a grandes presiones

5.2.- PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL VEHÍCULO ANTES DE INSTALAR EL SISTEMA DE CONTROL DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA.

En realizar esta prueba se va investigar el consumo de combustible del vehículo en recorrer una determina distancia, pero sin montar el nuevo sistema de control de dirección hidráulica y mas adelante haremos una comparación de consumo de combustible entre los dos sistemas: el anterior y el nuevo que se va ha instalar, por lo que se ha utilizado algunos elementos para ejecutar esta prueba:

- Mangueras para combustible
- Como probeta utilizamos un envase de suero de 1000 mlt que es igual 1000 cm^3 para medir el consumo de combustible ya que viene numerado en escala de 100 mlt o 100 cm^3 , el cual nos permite apreciar la medida de combustible que consume el vehículo.
- Combustible (gasolina)

A continuación se detalla la secuencia de pasos para realizar esta prueba de consumo de combustible:

- Primero evacuamos todo el combustible que se encontraba en el sistema de alimentación del vehículo, con el fin de tener la lectura exacta de consumo de combustible.
- Llenamos de combustible en el envase de medida de 1000 cm^3 .



Fig. 5.5.- Llenado de combustible en el envase de prueba

- Desconectamos el conducto de gasolina que ingresa a la bomba de alimentación, para luego acoplar nuestro depósito de prueba de combustible y hacer que succione la bomba desde este depósito.
- A continuación damos unos golpes de arranque al motor hasta que se llene el sistema de alimentación del vehículo y observamos que ha consumido 250 cm^3 solo en llenarse (cuba del carburador, conductos, etc.) (fig. 5.6)



Fig. 5.6.- Succión de combustible desde nuestro depósito de medida

- Culminado la instalación de todo el sistema de alimentación al vehículo procedemos a tomar una trayectoria de recorrido con el vehículo. Se toma en cuenta el tiempo de salida y de llegada con la ayuda de un cronómetro; como también lo encerramos al odómetro del vehículo al momento de partida, se hizo esto para saber la distancia de recorrido (Km.)



Fig. 5.7.- Vehículo en circulación

- Seguimos la trayectoria de recorrido y nos damos cuenta que sigue terminando el combustible como se aprecia en la siguiente (fig. 5.8)



Fig. 5.8.- Terminando el combustible en el recorrido

- Una vez que se terminó el combustible del envase de prueba llenamos otra vez 1000 cm³ para seguir nuestro recorrido.



Fig. 5.9.- Llenado de combustible en el envase de prueba

- Existió unas interrupciones unas reales y otras simuladas, donde tocó parar al vehículo pero sin apagar al motor. Ejm: tiempo de espera en semáforo (fig. 5.10)



Fig. 5.10.- Tiempo de espera en semáforo

- Finalmente se llegó al final de recorrido propuesto

A continuación ilustraremos una tabla de datos que se obtuvo al momento de realizar esta prueba de consumo de combustible.

Tabla V.1.- Datos obtenidos de la prueba de consumo de combustible

Distancia recorrida (Km.)		Interrupciones	Tiempo de demora de interrupciones	Tiempo total de recorrido	Consumo de combustible (cm ³)
A los 2 km		Revisión de conexiones de combustible	1 min	19 min	Consumo de llenado al sistema de alimentación = (250 cm ³) Consumo de combustible durante el recorrido = (1750 cm ³)
A los 4 km		Tiempo de espera en semáforo	30 seg		
A los 9 km		Compra de refrigerio	5 min		
A los 13 km		Simulación de semáforo	1 min		
Recorrido total =	15 km				Total: 2000 cm ³

5.3.- PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL VEHÍCULO INSTALADO EL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO PARA DIRECCIÓN HIDRÁULICA.

Para realizar esta prueba se instaló al vehículo todos los elementos que conforman este sistema, como se detalló en el anterior capítulo. A continuación seguimos una secuencia de montaje del control electrónico realizado en protoboar para luego realizar la prueba de consumo de combustible y ver si el control electrónico cumple con las condiciones que requiere el sistema de dirección hidráulica:

- Ubicamos al protoboar en el vehículo en un lugar donde se pueda manipular correctamente.



Fig. 5.11.- Montaje del control electrónico (en protoboar)

- Comenzamos alimentar de señales de entrada de los diferentes sensores (de velocidad, de ángulo de dirección de ruedas)

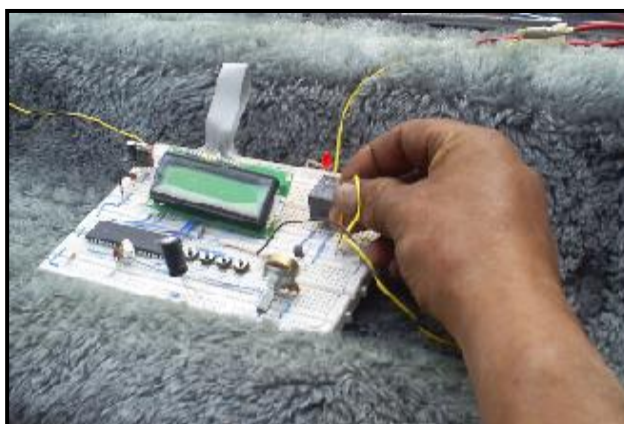


Fig. 5.12.- Alimentación de señales al control electrónico

- Conectamos la señal de salida del relé del control electrónico al embrague electromagnético de la bomba hidráulica y lo cerramos el circuito con la corriente de la batería hacia el relé.



Fig. 5.13.- Conexiones de corriente al embrague de la bomba

- Por último alimentamos de energía (12 V) al control electrónico, la energía lo tomamos desde encendedor de cigarrillos del vehículo; y lo dejamos listo para cuando realicemos la prueba de consumo de combustible.

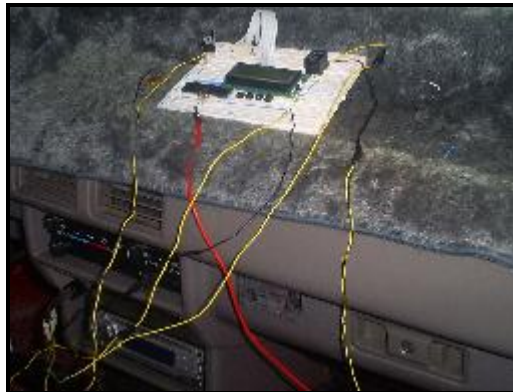


Fig. 5.14.- Instalación completa del control electrónico

- Culminado la instalación del control electrónico; ahora instalamos todo el sistema de alimentación de combustible al vehículo como lo hicimos en la anterior prueba de consumo de combustible sin instalar el sistema control electrónico. Ver en la anterior fig. 5.6

5.3.1.- ZETEADA DEL CONTROL ELECTRÓNICO

Antes de realizar la prueba de consumo de combustible tenemos que zetear o programar al control electrónico para que realice las condiciones y nos entregue los datos en el LCD que nosotros queremos. Para esto es necesario seguir un procedimiento:

- Ponemos en contacto al vehículo para tener una alimentación de corriente al control electrónico y nos aparece en el LCD dos opciones: **configurar = 1 y activar = 2**, en este caso escogemos la opción 1 ya que vamos a configurar con la ayuda de unos pulsadores, como se ilustra en la siguiente (fig. 5.15)

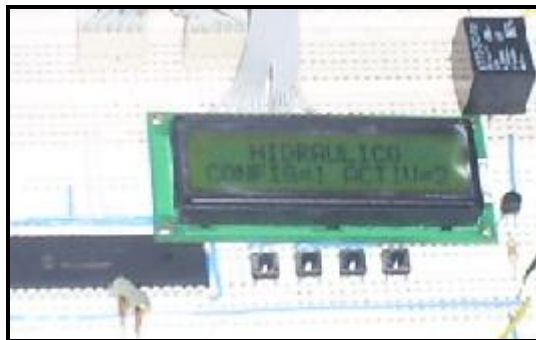


Fig. 5.15.- Configuración del control electrónico

- A continuación seleccionamos el tipo de Rín del neumático que está usando el vehículo en este caso escogemos Rín 15 y ponemos aceptar.

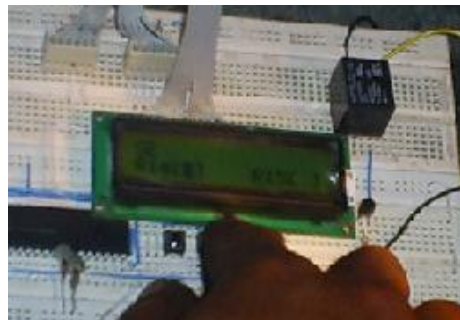


Fig. 5.16.- Configuración de rín de neumático

- Luego configuramos a que velocidad (km/h) va a dejar de enviar fluído la bomba hidráulica, en este caso configuramos en 60 km/h y ponemos aceptar a toda la configuración y nos aparece **Dato Salvado.**
- Finalmente activamos el sistema con la opción 2 y está listo para funcionar.



Fig. 5.17.- Activación del control electrónico

- Configurado todo el sistema electrónico y el sistema de alimentación, procedemos a realizar la prueba de consumo de combustible en el vehículo tomando mucho en cuenta que debe ser la misma trayectoria, la misma distancia de recorrido, las interrupciones durante el recorrido, el tiempo de demora en las interrupciones y el tiempo total empleado en todo el recorrido. Todas estas condiciones empleadas durante la prueba deben ser las mismas a las desarrolladas en la prueba anterior de consumo de combustible sin instalar el nuevo sistema, ya que con esto podemos sacar una conclusión de diferencia de consumo de combustible entre los dos sistemas. Cabe decir que estas dos pruebas se realizó a condiciones de funcionamiento normales del vehículo a rpm normales, sin exceder en el kilometraje (km/h).
- Finalmente se terminó de realizar esta prueba y se obtuvo los siguientes datos que a continuación se detalla en la tabla V.2

Tabla V.2.- Datos obtenidos de la prueba de consumo de combustible instalado el sistema de control electrónico

Distancia recorrida (Km.)		Interrupciones	Tiempo de demora de interrupciones	Tiempo total de recorrido	Consumo de combustible (cm ³)
A los 2 km		Revisión de conexiones de combustible	1 min	19 min	Consumo de llenado al sistema de alimentación = (250 cm ³)
A los 4 km		Tiempo de espera en semáforo	30 seg		
A los 9 km		Compra de refrigerio	5 min		
A los 13 km		Simulación de semáforo	1 min		Consumo de combustible durante el recorrido = (1650 cm ³)
Recorrido total =	15 km				Total: 1900 cm ³

5.4.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE CONTROL PARA DIRECCIÓN HIDRÁULICA.

5.4.1.- VENTAJAS:

- De acuerdo a las pruebas que se realizó de consumo de combustible, podemos ver claramente en las anteriores tablas de datos que sí existe un ahorro mínimo de combustible de 100 cm³ de un total de 2000 cm³ que equivale a un 5% de ahorro en un recorrido del vehículo de 15 km.
- Instalando este nuevo sistema de control evita pérdidas de potencia al motor del vehículo, ya que la bomba hidráulica no funcionará en los momentos no deseados.
- Menor desgaste de los elementos que conforma el sistema de dirección hidráulica, ya que no van a estar continuamente funcionando.
- Se puede usar este sistema con mas frecuencia en vehículos de baja cilindrada y que tengan dirección hidráulica.

- Permite mirar en el LCD el ángulo de dirección de las ruedas como su velocidad en forma digital.
- El conductor obtiene una sensación óptima al volante en cualquier situación, a través de una buena estabilidad rectilínea, una respuesta directa, pero suave al movimiento del volante y sin reacciones desagradables sobre pavimento irregular.

5.4.2.- DESVENTAJAS:

- Mayor consumo eléctrico por parte del embrague electromagnético de la bomba hidráulica, el cual no es factible, ya que la capacidad eléctrica del sistema de carga del vehículo esta limitada.
- Menora la vida útil de la batería del vehículo; porque va abastecer de energía al embrague electromagnético cuando lo requiera.
- Posibilidad de daños del electroimán del embrague, por estar a cada instante activándose y desactivándose.

5.5.- MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO PARA DIRECCIÓN HIDRÁULICA.

5.5.1.- ANTES DE UTILIZAR

En un sistema de dirección hidráulica necesitamos que cuando el vehículo esta parado la bomba no funcione y no consuma potencia del motor, sin embargo cuando necesitamos movilizarnos la bomba recién debe enviar fluído, y en altas velocidades la bomba debe dejar de funcionar con el fin de ganar en precisión de conducción y seguridad.

La instalación de este prototipo en un vehículo permite que se reduzca el consumo de combustible (3% – 5% aproximadamente), y la pérdida de potencia (6% aproximadamente), factores que inciden para

mover la bomba hidráulica innecesariamente cuando el vehículo esta parado o circula a velocidades altas.

A través del sistema de control electrónico instalado en la dirección del vehículo se controla un embrague electromagnético que accione la bomba hidráulica solo cuando sea requerido (giros en parada y velocidades bajas), y cuando no sea requerida la bomba (vehículo parado y velocidades altas).

5.5.2.- ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO PARA DIRECCIÓN HIDRÁULICA.

- El sistema es de mando electrónico
- Funciona con una batería de 9 V
- El sistema se alimenta de señales de dos sensores: uno de velocidad y otro de ángulo de dirección
- El embrague electromagnético de la bomba funciona con 12 V
- Tiene un interruptor ON / OFF para prender y apagar el control electrónico.
- Consta un Display – LCD que permite visualizar la velocidad y el ángulo de dirección
- Tiene cuatro pulsadores que nos permite programar el rín que está utilizando el vehículo y la velocidad al que queremos que la bomba deje de enviar fluído al sistema de dirección.

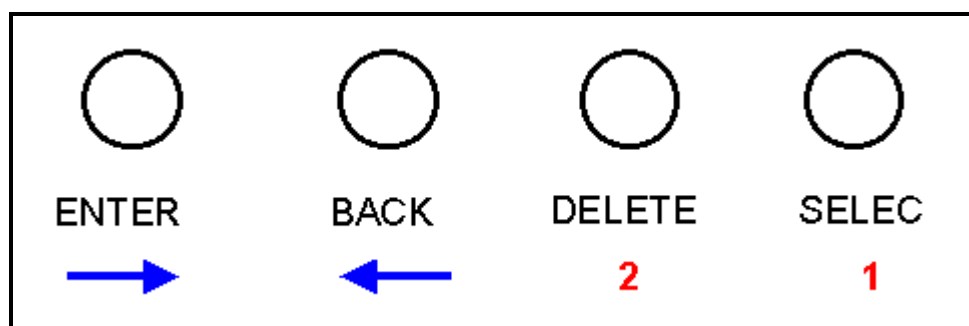


Fig. 5.18.- Esquema de los pulsadores del control electrónico

5.5.3.- FUNCIONAMIENTO DEL CONTROL ELECTRÓNICO

Para la puesta en marcha del sistema se debe tomar en cuenta todas las precauciones necesarias para un correcto funcionamiento del sistema:

- Alimentamos de energía al control electrónico pulsando el interruptor en la opción **ON** para que se prenda. Esto se puede hacer con el vehículo prendido o apagado ya que este control funciona con otra batería de 9 V.
- En la pantalla del **LCD** se indica dos opciones: **configurar = 1** y **activar = 2**, como vamos recién a configurar escogemos la opción 1 con la ayuda del pulsador que se identifica como **SELEC (1)**.
- Seguidamente se indica otras dos opciones para seleccionar el tipo de rín del neumático que está utilizando el vehículo y son: **R14 (_)** y **R15 (_)** y en este caso seleccionamos en **R15 (S)** con la ayuda del pulsador **SELEC (1)**. En caso que queramos seleccionar en el R14, primero tenemos que borrar la selección del R15 con el pulsador **DELETE (2)** y luego ir atrás con el pulsador **BACK** para seguidamente seleccionar en el R14 con el pulsador **SELEC** y damos un **ENTER** con el respectivo pulsador.
- Una vez seleccionado el tipo de rín sale otra opción en la pantalla 00 (km/h) donde vamos a configurar a la velocidad que se quiere que la bomba deje de enviar fluido al sistema de dirección; y configuramos con el pulsador **SELEC**.
- Luego debemos tener presionado el pulsador **ENTER** un tiempo de 3 segundos hasta que en la pantalla del LCD indique **DATO SALVADO**
- Finalmente nos indica de nuevo las dos opciones del principio **Configurar = 1** y **Activar = 2**; como ya se configuró debemos activar con la ayuda del pulsador que se identifica **DELETE (2)**.
- Observamos en la pantalla la velocidad y el ángulo de dirección del vehículo.
- Podemos configurar otra opción ya sea de tipo de rín o velocidad cuando el vehículo esté estacionado o esté rodando. Esto se puede

hacer con la ayuda del pulsador **BACK** y luego seguir la secuencia anterior.

- Cuando vayamos a apagar el control electrónico debemos pulsar **BACK** para cortar el funcionamiento del sistema hasta que indique las opciones **Configurar = 1 Activar = 2** y dejamos en la opción **OFF** al interruptor.

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

A la finalización del presente proyecto se presentan las siguientes conclusiones:

- Se construyó el sistema de control electrónico para optimizar al sistema de dirección hidráulica del vehículo Iuv 2.3 L.
- Se realizó las pruebas de operación y funcionamiento del prototipo previo a la instalación al vehículo.
- Instalando este sistema de control electrónico. se consigue ahorrar un 5% de combustible, evitar pérdidas de potencia en el motor durante ciertos tiempos y un control excelente de la dirección del vehículo ya sea a altas velocidades como a bajas.
- No solo los vehículos de último modelo pueden gozar de sistemas electrónicos para dirección, sino que también pueden ser adaptados a vehículos que sean de modelos medios como en nuestro caso se construyó mediante elementos fáciles de conseguir, se instaló y se obtuvo buenos resultados.
- La electrónica ha ido ganando terreno en el campo automotriz ya que con elementos muy pequeños se puede comandar a elementos grandes como al embrague electromagnético para que sea accionada la bomba hidráulica.

- Uno de los factores de seguridad más importantes en la marcha del vehículo está en la dirección; una seguridad que se requiere en altas velocidades y una mayor maniobrabilidad en bajas.
- Se logró implementar eficazmente el sistema de control a la dirección hidráulica del vehículo; y haciendo una investigación a fondo de todos los componentes del sistema de dirección hidráulica.
- En la actualidad el gran aumento de potencia y velocidad ha hecho que la dirección tenga una gran perfección y comodidad para el conductor.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda en lo posible no manipular el sistema de mando si se carece de información ya que esto puede producir algún daño al sistema y un mal funcionamiento.
- El sensor de velocidad tiene que estar separado entre contactos una distancia de 15 mm, para evitar medidas erróneas.
- Como en todo elemento mecánico la limpieza es indispensable para el buen funcionamiento del conjunto bomba – embrague electromagnético.
- Para poner en funcionamiento primero cerciorarse que todas las conexiones estén bien realizadas guiándose con el diagrama eléctrico que se adjunta en este documento.
- En el uso de los sensores de velocidad y de ángulo de dirección de las ruedas, se debe estar seguro del lugar donde se va a ubicar, pues una señal indeseada o ruido indeseado podría accionar internamente el sistema de control.
- El sistema de control electrónico está alimentado con una batería de 9 voltios, por lo se recomienda no utilizar corriente de 12 voltios del vehículo, ya que podría causar severos daños al sistema de control. Si lo quisiéramos alimentar de energía del vehículo tendríamos que cambiar de regulador de voltaje y relé de mayor capacidad de amperaje.
- Antes de poner en funcionamiento al sistema, revisar que no exista fugas de fluido hidráulico por las cañerías de succión y de alta presión de la bomba hidráulica.
- La calibración del embrague electromagnético entre polea y plato es de 1 mm de holgura, sino cumple con esta especificación no habrá un buen

acople entre polea y plato de embrague, por ende tendremos un mal funcionamiento del sistema.

- Utilizar el fluido hidráulico recomendado por el fabricante y revisar la medida del mismo en el depósito.
- Con estas recomendaciones se quiere prevenir el daño y deterioro del equipo que fue realizado con mucho esfuerzo y dedicación.

BIBLIOGRAFÍA

- MOTT Robert - Diseño de Elementos de Maquinas, ED. Stephen Helva, 2^{da} Edición, México 1992.
- THIESSEN J Frank. Operación, mantenimiento y servicio. Tomo III. Manual Técnico Automotriz. 4^{ta} Edición. México D F.
- DURÁN ABARCA José. La Dirección. CEAC. 3^{ra} Edición. Barcelona España. 1980.
- REMLING John. Sistemas de Dirección y Suspensión del Automóvil: Diagnóstico y Reparación – México D. F Limusa / Noriega. 1992.
- ANGULO USATEGUI José María y ANGULO MARTÍNEZ Ignacio Microcontroladores PIC: Diseño práctico de aplicaciones – Madrid: Mc Graw – hill, 1997.
- SHIGLEY M – Diseño de Elementos de Máquinas. 4^{ta} Edición, México 1991.
- Fuentes bibliográficas del Internet.

http://www.CONAE/recomendacionespara_ahorrargasolina.htm

<http://www.monografias/cajadedirección.htm>

<http://www./lubricantes/lubricantes7.htm>

http://www.descripciondelPIC16F877-Monografias_com.htm

<http://www.mecanicavirtual.org/descargas/aireacondicionado.pdf>

<http://www.compresoresdeaireacondicionado/untitled1.htm>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

<http://www.electronics/contactosmagneticos.htm>

<http://club.telepolis.com/kveyar/display.html>

ANEXOS

ANEXO 1

TABLA DE ACEROS

CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES MECÁNICAS A LA TENSIÓN DE ALGUNOS ACEROS ROLADOS EN CALIENTE (HR) Y ESTIRADOS EN FRÍO (CD).

Número designación del material (AISI)	Procesamiento	<u>Su</u> Resistencia última MPa (kpsi)	<u>Sy</u> Resistencia de fluencia MPa (kpsi)	Dureza Brinell
1006	HR	300 (43)	170 (24)	86
	CD	330 (48)	280 (41)	95
1010	HR	320 (47)	180 (26)	95
	CD	370 (53)	300 (44)	105
1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	101
	CD	390 (56)	320 (47)	111
1018	HR	400 (58)	220 (32)	116
	CD	440 (64)	370 (54)	126
1020	HR	380 (55)	210 (30)	111
	CD	470 (68)	390 (57)	131
1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	137
	CD	520 (76)	440 (64)	149
1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	143
	CD	550 (80)	460 (67)	163
1040	HR	520 (76)	290 (42)	149
	CD	590 (85)	490 (71)	170
1045	HR	570 (82)	310 (45)	163
	CD	630 (91)	530 (77)	179
1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	179
	CD	690 (100)	580 (84)	197
1060	HR	680 (98)	370 (54)	201
1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	229
1095	HR	830 (120)	460 (66)	248

ANEXO 2

FACTOR DE DISEÑO O SEGURIDAD

TABLA DE FACTOR DE SEGURIDAD

DIFERENTES CASOS DE APLICACIÓN	FACTOR DE SEGURIDAD
<p><u>Casos normales para estructuras o elementos de máquinas.</u> Material dúctil bajo condiciones de incertidumbre moderada en relación a propiedades del material, naturaleza de carga, o grado en que es adecuado el análisis de tensión</p>	N = 3
<p><u>Estructuras estáticas.</u> Materiales dúctiles con alto grado de confianza en el conocimiento de las propiedades del material, magnitud de las cargas y grado en que resulta adecuado el análisis de tensión.</p>	N = 2
<p><u>Estructuras estáticas.</u> Materiales quebradizos con alto grado de confianza en el conocimiento de las condiciones de operación.</p>	N = 3
<p><u>Elementos de máquinas.</u> Materiales quebradizos con incertidumbre moderada acerca de propiedades, cargas o análisis de tensión del material.</p>	N = 4 o mayor

ANEXO 3

FACTORES QUE MODIFICAN EL LÍMITE DE RESISTENCIA A LA FATIGA

LÍMITE DE RESISTENCIA A LA FATIGA DEL MATERIAL DEL ELEMENTO DE MÁQUINA (S_e)

$S_e = 0,504$ (Su en kpsi)	Acero forjado Su \leq 200 kpsi
$S_e = 100$ (Su)	Acero forjado Su $>$ 200 kpsi
$S_e = 0,4$ (Su)	Acero Fe vaciado
$S_e = 0,38$ (Su)	Aleaciones de Mg (Mg vaciado y forjado)
$S_e = 0,45$ (Su)	Aleaciones de Ni base y de Cu
$S_e = 0,38$ (Su)	Aleaciones de Al forjado Su $<$ 40 kpsi
$S_e = 0,16$ (Su)	Aleaciones de Al Su $<$ 50 kpsi

FACTOR DE SUPERFICIE (K_a)

Acabado	<u>a</u>		<u>b</u>
	Kpsi	(MPa)	
Esmerilado o rectificado	1,34	1,58	- 0,085
Maquinado o estirado en frío	2,7	4,51	- 0,265
Laminado en caliente	14,4	57,7	- 0,718
Forjado	89,9	272	- 0,995

FACTOR DE TAMAÑO (Kb)

Para barras redondas y macizas

Kb =	$\left(\frac{d}{0,3}\right)^{-0,1133} \quad 0,11" \leq d < 2"$	Flexión y torsión
	$\left(\frac{d}{7,62}\right)^{-0,1133} \quad 2,79mm \leq d \leq 51mm$	
Kb =	0,60 a 0,75 $d \geq 2" \left(\begin{matrix} \text{1mm} \end{matrix} \right)$	Flexión y torsión
Kb =	1	Cargas axiales

FACTOR DE CARGA (Kc)

Kc =	0,923	Carga axial $S_u \leq 220 \text{ kpsi (1520 MPa)}$
Kc =	1	Carga axial $S_u > 220 \text{ kpsi (1520 MPa)}$
Kc =	1	Flexión
Kc =	0,577	Torsión y cortante

FACTOR DE TEMPERATURA (Kd)

$$Kd = \frac{ST}{SRT}$$

ST = Resistencia a la temperatura de operación (100, 200,.....)

SRT = Resistencia a la temperatura del lugar de trabajo.

T (° C)	Kd
20	1,00
50	1,01
100	1,02
150	1,025
200	1,020
250	1,000
300	0,975
350	0,927
400	0,922
450	0,840
500	0,746
550	0,670
600	0,546

FACTOR DE EFECTOS DIVERSOS (TEMPLADO, NIQUELADO, CROMADO) Y (CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS) (Ke)

(Ke) { **Kt** = Factor de chaflán relacionando el radio de chaflán del eje y el diámetro del mismo
Kf = Factor de relación entre Kt y el Su del material.

D/d (pulg)	Kt
3	0,8652 (r/d) ^{-0,8253}
1,5	0,8442 (r/d) ^{-0,3042}
1,1	0,8993 (r/d) ^{-0,2495}
1,05	0,9256 (r/d) ^{-0,227}
1,02	0,9091 (r/d) ^{-0,2050}

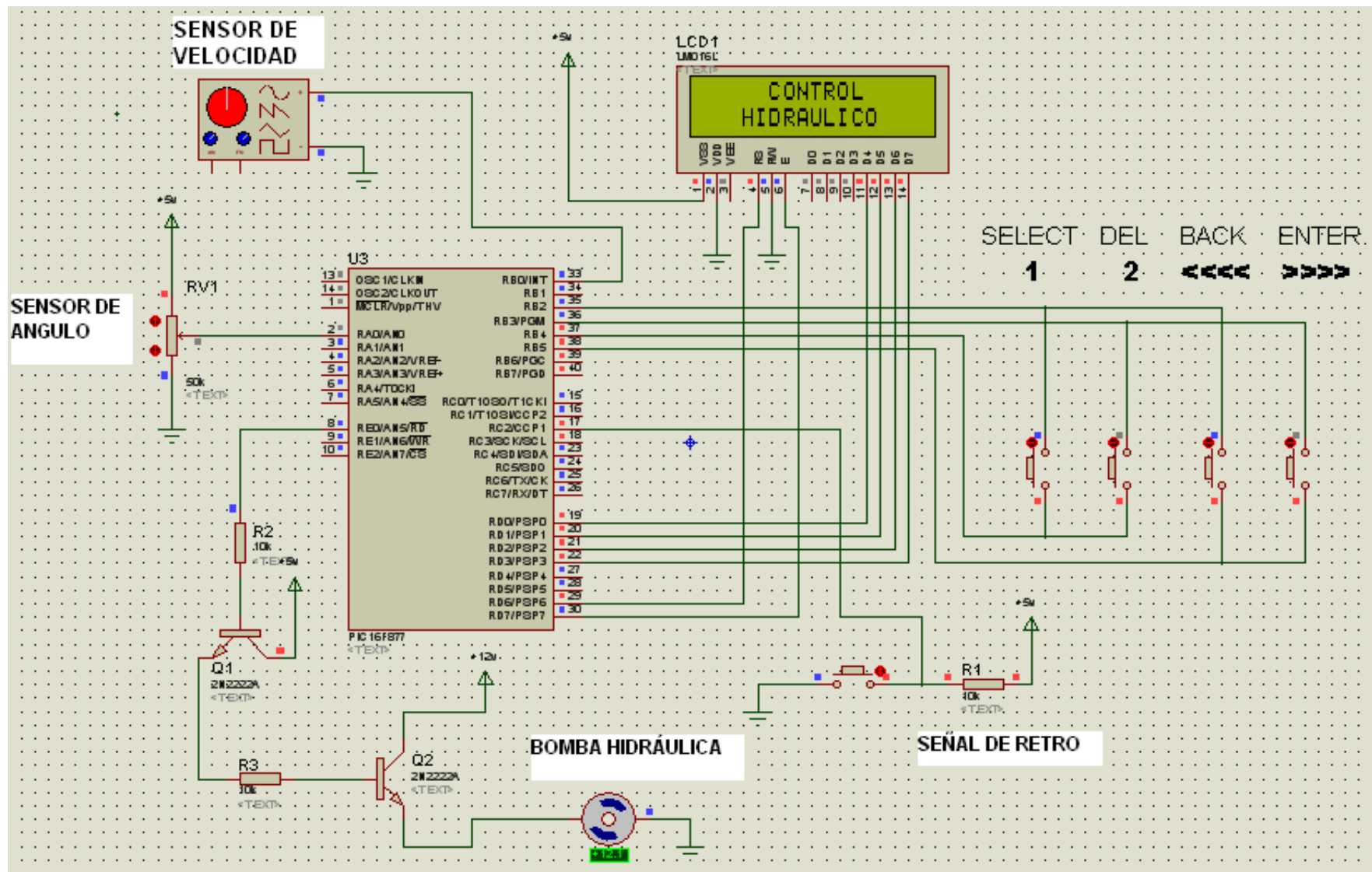
Su (Kpsi)	<u>q</u> r = pulg
200	1,037 + 0,04 Ln r
150	1,056 + 0,692 Ln r
100	1,0464 + 0,046 Ln r
60	1,0366 + 0,1254 Ln r

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_e = \frac{1}{K_f}$$

ANEXO 4

DIAGRAMA ELÉCTRICO



ANEXO 5

PROGRAMACIÓN DEL PIC 16F877A

PROGRAMACIÓN DEL PIC 16F877A

```

#include <16F877A.H>
#include <stdlib.h>

#define LCD_RS          PIN_D6
#define LCD_E          PIN_D7
#define buzzer         PIN_E0
#define hidra          PIN_E1
#define hidra_1       PIN_E2

#fuses XT, NOWDT, NOLVP,PROTECT
#use delay (clock=4000000)

#use fast_io(A)
#use fast_io(B)
#use fast_io(C)
#use fast_io(D)
#use fast_io(E)

#bit RBIF=0x0B.0

#rom 0x2100=
{
    5,0,0,0,
    3,0,0,0,
    0,0,0,0
}

//.....
// Definición de Subrutinas
//.....

void LCD_INI(char lcd); // Rutina de Inicialización para el LCD
void LCD_REG(char dato);
void LCD_DATO(char dato);
void LCD_RamStr(char* str);

void WRITE_FLOAT_EEPROM(long int n, float data); // Rutinas para la escritura y lectura
void float READ_FLOAT_EEPROM(long int n); // en la EEPROM

void delay();
void decod_teclado();
void menu_inicio();
void save();
void menu_config_rin();
void menu_config_rin_1();
void menu_activar();
void menu_princi();
void menu_velocida();
void Conversion_grados();
void Conversion_velocidad(sum_vel);
void Detector_velocidad();
void rines();
void Leer_ADC();

//.....
// Definición de Variables
//.....

```

```

char TECLA,LETRA;
//float vel_lim,vel_lim_1,Grados;
float Grados;
char ind_valor,tiempo_tecla,cont_tecla;
char texto_LCD[16];
char l,pos,posicion,pos_rin,dato_rin,dato_rin_1;
int vel_uni,vel_dec,vel_lim,vel_lim_1;
float R_14,R_15,VR_14,VR_15;

unsigned long cont_vel,vel[4];
unsigned long sum_vel,sum_vel_1;

int cont_paro,cont_luz;
float movimiento_volante;
float Grados_ux;

struct
{
    char dato                : 1;
    char Iniciar_ADC         : 1;
    char Ind_valor           : 1;
    char derecha             : 1;
    char izquierda          : 1;
    char recto               : 1;
    char continuar           : 1;
    char stop_carro         : 1;
    char volante             : 1;
    char backlight           : 1;
}BANDERAS;

enum
{
    menu_ini,
    menu_ing_vel,
    mostrar_velocidad,
    salvar_ir,
    menu_principal,
    menu_configuracion,
    menu_configuracion_1,
    menu_velocidad,
    menu_activacion,
    menu_salvar,
    salvar_vel
}MODO=menu_ini;

#INT_TIMER1
void Interrup_TIMER1()
{
    set_timer1(-62500);
    vel[0]=vel[1];
    vel[1]=vel[2];
    vel[2]=vel[3];
    vel[3]=cont_vel;
    cont_vel=0;

    if(MODO==menu_ing_vel && !input(PIN_B5) && --tiempo_tecla==0)

```

```

    {
        MODO=menu_salvar;
        BANDERAS.dato=1;
        posicion=0xC7;
    }

    if(BANDERAS.stop_carro)
    {
        cont_paro++;

        if(cont_paro==30)    // 1 minuto
        {
            output_high(buzzer);
            output_high(hidra);
            output_high(hidra_1);
            cont_paro=0;
            movimiento_volante=Grados_ux;
            BANDERAS.volante=1;
        }
    }

    if(BANDERAS.backlight)
    {
        cont_luz++;
        output_high(PIN_C3);

        if(cont_luz==30)
        {
            BANDERAS.backlight=0;
            cont_luz=0;
            output_low(PIN_C3);
        }
    }
}

```

```
#INT_TIMER0
```

```
void Interrup_TIMER0()
```

```
{
    set_timer0(-196);
}
```

```
#INT_EXT
```

```
void Interrup_EXT()
```

```
{
    cont_vel++;
}
```

```
void main()
```

```
{
    vel_lim=READ_EEPROM(0);
    vel_lim_1=READ_EEPROM(4);
    dato_rin_1=READ_EEPROM(8);

```

```

    set_tris_a(0b00000001);
    set_tris_b(0b11110001);
    set_tris_d(0b00000000);
    set_tris_c(0b00000100);
    set_tris_e(0b00000000);

```

```
//Configuracion de los Puertos
```

```

    setup_adc_ports(AN0);
}

```

```

setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);

setup_timer_0(RTCC_INTERNAL | RTCC_DIV_256);
set_timer1(-196);

setup_timer_1(T1_INTERNAL | T1_DIV_BY_8);
set_timer1(-62500);

port_b_pullups(TRUE);
output_b(0x00);
output_c(0x00);

enable_interrupts(INT_RB);
enable_interrupts(INT_EXT);
enable_interrupts(INT_TIMER0);
enable_interrupts(INT_TIMER1);
enable_interrupts(GLOBAL);

BANDERAS.dato=1;
BANDERAS.ind_valor=0;
BANDERAS.stop_carro=1;
BANDERAS.derecha=0;
BANDERAS.izquierda=0;
BANDERAS.recto=1;
BANDERAS.volante=0;

LCD_INI(0);
delay_ms(200);

tiempo_tecla=0;
cont_tecla=0;
cont_luz=0;
pos=0;
posicion=0xC7;
pos_rin=0xC4;
R_15=212;
R_14=198;
VR_14=4.5;
VR_15=4.5;

output_low(buzzer);
output_low(hidra);
output_low(hidra_1);

while(TRUE)
{
    Leer_ADC();
    Conversion_grados();
    Detector_velocidad();

    if (!input(PIN_C2))           // retro
    {
        output_low(buzzer);
        output_low(hidra);
        output_low(hidra_1);
        cont_paro=0;
    }

    if(BANDERAS.volante)
    {

```

```

        if(movimiento_volante!=Grados_ux)
        {
            output_low(buzzer);
            output_low(hidra);
            output_low(hidra_1);
        }
    }

    if (BANDERAS.dato==1)
    {
        BANDERAS.dato=0;
        switch(MODO)
        {
            case menu_ini:
            {
                char i;

                LCD_REG(0x0C);
                menu_inicio();
                for(i=0;i<=10;i++)
                {
                    delay_ms(200);
                }

                LCD_REG(1);
                LCD_REG(0x82);
                LCD_DATO("KLEVER LOPEZ");
                for(i=0;i<=10;i++)
                {
                    delay_ms(200);
                }
                MODO=menu_principal;
                BANDERAS.dato=1;
                break;
            }

            case menu_principal:
            {
                LCD_REG(0x0C);
                menu_princi();
                break;
            }

            case menu_configuracion:
            {
                LCD_REG(0x0C);
                menu_config_rin();
                delay_ms(50);
                rines();
                break;
            }

            //
            //
            //
            //
            //
            //
            case menu_configuracion_1:
            {
                LCD_REG(0x0C);
                menu_config_rin_1();
                break;
            }
        }
    }

```

```

case menu_velocidad:
{
    LCD_REG(0x0C);
    menu_velocida();
    MODO=menu_ing_vel;
    BANDERAS.dato=1;
    ind_valor=1;
    break;
}

case menu_salvar:
{
    MODO=salvar_vel;
    BANDERAS.dato=1;
    ind_valor=0;
    break;
}

case menu_ing_vel:
{
    if(ind_valor==1)
    {
        LCD_REG(0x0E);
        LCD_DATO(" ");
        LCD_REG(0xC7);
    }
    break;
}

case menu_activacion:
{
    LCD_REG(0x0C);
    menu_activar();
    delay_ms(100);
    MODO=mostrar_velocidad;
    BANDERAS.dato=1;
    break;
}

case mostrar_velocidad:
{
    char i;

    sum_vel=0;
    for(i=0;i<4;i++)
    {
        sum_vel+=vel[i];
    }

    sum_vel=sum_vel/2;

    Conversion_velocidad(sum_vel);

    sprintf(texto_LCD,"%3lu Km",sum_vel_1);
    LCD_REG(0x88);
    LCD_RamStr(texto_LCD);

    LCD_REG(0xC8);

```



```

        sprintf(texto_LCD, "%1.1f", Grados);
        LCD_RamStr(texto_LCD);

        if(BANDERAS.derecha)
        {
            LCD_REG(0xCD);
            LCD_DATO("Der");
        }

        if(BANDERAS.izquierda)
        {
            LCD_REG(0xCD);
            LCD_DATO("Izq");
        }

        if(BANDERAS.recto)
        {
            LCD_REG(0xCD);
            LCD_DATO("Rec");
        }

        BANDERAS.dato=1;
        break;
    }

    case salvar_vel:
    {
        LCD_REG(0x0C);

        if(MODO==salvar_ir)
        {
            vel_lim=(vel_uni);
            WRITE_EEPROM(0,vel_lim);
            vel_lim_1=vel_dec;
            WRITE_EEPROM(4,vel_lim_1);
            dato_rin_1=dato_rin;
            WRITE_EEPROM(8,dato_rin_1);

            // WRITE_FLOAT_EEPROM(0,vel_lim);
            // vel_lim_1=atof(vel_dec);
            // WRITE_FLOAT_EEPROM(4,vel_lim_1);
            // dato_rin_1=atof(dato_rin);
            // WRITE_FLOAT_EEPROM(8,dato_rin_1);

        }

        save();
        for(i=0;i<=2;i++)
        {
            delay_ms(200);
        }

        MODO=menu_principal;
        BANDERAS.dato=1;
        break;
    }
}
}

```

```

    }
}
void menu_inicio()
{
    LCD_REG(1);
    LCD_REG(0x85);
    LCD_DATO("CONTROL");
    LCD_REG(0xC3);
    LCD_DATO("HIDRAULICO");
}

void menu_princi()
{
    LCD_REG(1);
    LCD_REG(0x83);
    LCD_DATO("HIDRAULICO");
    LCD_REG(0xC0);
    LCD_DATO("CONFIG=1 ACTIV=2");
}

void menu_config_rin()
{
    LCD_REG(1);
    LCD_REG(0x80);
    LCD_DATO("SELEC:1 BORR:2");
    LCD_REG(0xC0);
    LCD_DATO("R14[ ] R15[ ]");
    LCD_REG(0x0F);
    LCD_REG(pos_rin);
}

//void menu_config_rin_1()
//{
//    LCD_REG(1);
//    LCD_REG(0x80);
//    LCD_DATO("SELEC:1 BORR:2");
//    LCD_REG(0xC0);
//    LCD_DATO("R18[ ] R22[ ]");
//}

void menu_velocida()
{
    LCD_REG(1);
    LCD_REG(0x82);
    LCD_DATO("SET VELOCIDAD");

    LCD_REG(0xC7);
    sprintf(texto_LCD,"%1d",vel_dec);
    LCD_RamStr(texto_LCD);

    LCD_REG(0xC8);
    sprintf(texto_LCD,"%1d Km/h",vel_uni);
    LCD_RamStr(texto_LCD);
}

void menu_activar()
{
    LCD_REG(1);
    LCD_REG(0x80);
    LCD_DATO("VELOCI:");
    LCD_REG(0xC0);
}

```

```

        LCD_DATO("ANGULO:");
    }
void rines()
{
    sprintf(texto_LCD,"%C",dato_rin);
    LCD_REG(pos_rin);
    LCD_RamStr(texto_LCD);
    LCD_REG(0x0E);
}
void save()
{
    LCD_REG(1);
    LCD_REG(0x80);
    LCD_DATO("DATO SALVADO...");
}
//void WRITE_FLOAT_EEPROM(long int n, float data)
//{
// int i;
//
// for (i = 0; i < 4; i++)
//   write_eeprom(i + n, *(&data + i) );
//}
//float READ_FLOAT_EEPROM(long int n)
//{
// int i;
// float data;
//
// for (i = 0; i < 4; i++)
//
// *(&data + i) = read_eeprom(i + n);
//
// return(data);
//}
//

```

```

#INT_RB
void Interrup_RB()
{
    TECLA=decod_teclado();
    RBIF=0;
    BANDERAS.backlight=1;
    cont_luz=0;

    if(MODO==menu_principal)
    {
        if(TECLA=='1')
        {
            BANDERAS.dato=1;
            MODO=menu_configuracion;
        }

        if(TECLA=='2')
        {
            BANDERAS.dato=1;
            MODO=menu_activacion;
        }

        return;
    }
}

```

```

}

if(MODO==mostrar_velocidad)
{
    if(TECLA=='3')
    {
        BANDERAS.dato=1;
        MODO=menu_principal;
    }

    return;
}

if(MODO==menu_configuracion)
{
    if(TECLA=='1')
    {
        LCD_REG(0x0F);
        dato_rin='S';
        LCD_REG(pos_rin);
        LCD_DATO(dato_rin);
        LCD_REG(pos_rin);
        BANDERAS.continuar=1;
    }

    if(TECLA=='2')
    {
        LCD_REG(0x0F);
        dato_rin=0x20;
        LCD_REG(pos_rin);
        LCD_DATO(dato_rin);
        LCD_REG(pos_rin);
        BANDERAS.continuar=0;
    }

    if(!BANDERAS.continuar)
    {
        if(TECLA=='4')
        {
            LCD_REG(0x0F);
            pos_rin=0xCE;
            LCD_REG(pos_rin);
        }
    }

    if(!BANDERAS.continuar)
    {
        if(TECLA=='3')
        {
            LCD_REG(0x0F);
            pos_rin=0xC4;
            LCD_REG(pos_rin);
        }
    }

    if(BANDERAS.continuar)
    {
        if(TECLA=='4')

```

```

        {
            LCD_REG(0x0C);
            BANDERAS.dato=1;
            BANDERAS.continuar=0;
            MODO=menu_velocidad;
//MODO=menu_configuracion_1;
        }
    }

    return;
}

// if(MODO==menu_configuracion_1)
// {
//     if(TECLA=='4')
//     {
//         BANDERAS.dato=1;
//         MODO=menu_velocidad;
//     }
//     return;
// }

// if(MODO==menu_velocidad)
// {
//     if(TECLA=='4')
//     {
//         BANDERAS.dato=1;
//         tiempo_tecla=4;
//     }
//     return;
// }

if(ind_valor==1)
{
    if(TECLA=='1')
    {
        LCD_REG(posicion);
        LETRA=(0x30)+cont_tecla;
        LCD_DATO(LETRA);
        LCD_REG(posicion);

        if(pos==0)
        {
            vel_dec=cont_tecla;
        }
        if(pos==1)
        {
            vel_uni=cont_tecla;
        }

        cont_tecla++;

        if(cont_tecla>=10)
        {
            cont_tecla=0;
        }
        LETRA=0;
    }
}

```

```

        if(TECLA=='4')
        {
            pos++;
            posicion=pos+0xC7;
            cont_tecla=0;
            LCD_REG(posicion);

            if(pos>=2)
            {
                pos=0;
                posicion=0xC7;
                LCD_REG(posicion);
            }
        }
    }

    if(MODO==menu_ing_vel)
    {
        if(TECLA=='4')
        {
            tiempo_tecla=4;
        }
        return;
    }
}

//.....
// Rutina de Decodificación del Teclado
//.....
char decod_teclado()
{
    delay();
    output_b(0b00001000);
    if(!input(PIN_B4))
        return '1';
    if(!input(PIN_B5))
        return '3';

    delay();
    output_b(0b00000100);
    if(!input(PIN_B4))
        return '2';
    if(!input(PIN_B5))
        return '4';

    output_b(0);
    return 0;
}

//.....
// Rutina de Inicialización del Módulo LCD
//.....
void LCD_INI()
{
    delay_ms(15);
    output_low(LCD_RS);
    output_low(LCD_E);

    output_d(0b00000011);
}

```

```

    output_high(LCD_E);
    delay_us(1);
    output_low(LCD_E);

    delay_ms(4);

    output_d(0b00000011);
    output_high(LCD_E);
    delay_us(1);
    output_low(LCD_E);

    delay_us(100);

    output_d(0b00000000);
    output_d(0b00000011);
    output_high(LCD_E);
    delay_us(1);
    output_low(LCD_E);

    delay_us(100);

    output_d(0b00000010);
    output_high(LCD_E);
    delay_us(1);
    output_low(LCD_E);

    delay_us(100);

    LCD_REG(0b00101000);
    LCD_REG(0b00001100);
    LCD_REG(0b00000001);
    LCD_REG(0b00000110);
}
void LCD_REG(char dato)
{
    char x;

    output_low(LCD_RS);
    x=input_d();
    x&=0b11010000;
    output_d(x|(dato>>4&0b00001111));
    output_high(LCD_E);

    delay_us(1);
    output_low(LCD_E);

    x=input_d();
    x&=0b11010000;
    output_d(x|(dato&0b00001111));

    output_high(LCD_E);
    delay_us(1);
    output_low(LCD_E);

    delay_ms(4);
}
void LCD_DATO(char dato)
{
    char x;

```

```

        output_high(LCD_RS);
        x=input_d();
        x&=0b11010000;
        output_d(x|(dato>>4&0b00001111));
        output_high(LCD_E);
        delay_us(1);
        output_low(LCD_E);

        x=input_d();
        x&=0b11010000;
        output_d(x|(dato&0b00001111));
        output_high(LCD_E);
        delay_us(1);
        output_low(LCD_E);

        delay_ms(4);
    }
void LCD_RamStr(char* str)
{
    while(*str)
        LCD_DATO(*str++);
}
void delay()
{
    long p;
    for(p=0;p<15000;p++);
}
void Leer_ADC()
{
    set_adc_channel(0);
    delay_us(100);
    Grados=(float)read_adc(ADC_START_AND_READ)/244.0;
    Grados=Grados*4.8075;
}
void Conversion_grados()
{
    //float Grados_ux;
    int GR;

    Grados_ux=90-(Grados*36);
    BANDERAS.derecha=1;
    BANDERAS.izquierda=0;
    BANDERAS.recto=0;

    if(Grados_ux<0)
    {
        Grados_ux=(Grados*36)-90;
        BANDERAS.derecha=0;
        BANDERAS.izquierda=1;
        BANDERAS.recto=0;
    }

    Grados=Grados_ux;
    GR=Grados;

    if(GR==0)
    {
        BANDERAS.recto=1;
        BANDERAS.derecha=0;
        BANDERAS.izquierda=0;
    }
}

```



```

    }
}
void Detector_velocidad()
{
    int vel_uni_ux,vel_dec_ux;
    int suma_velocidad;

    vel_uni_ux=vel_uni;
    vel_dec_ux=vel_dec*10;

    suma_velocidad=vel_uni_ux + vel_dec_ux;

    if(sum_vel_1==0)
        BANDERAS.stop_carro=1;
    else
        {
            BANDERAS.stop_carro=0;
            cont_paro=0;
            BANDERAS.volante=0;
        }

    if(sum_vel_1>0)
    {
        if(sum_vel_1>=suma_velocidad)
        {
            output_high(buzzer);
            output_high(hidra);
            output_high(hidra_1);
        }
        else
        {
            output_low(buzzer);
            output_low(hidra);
            output_low(hidra_1);
        }
    }

//    else
//    {
//        output_low(buzzer);
//        output_low(hidra);
//        output_low(hidra_1);
//    }
}
void Conversion_velocidad(sum_vel)
{
    if(pos_rin==0xC4)
    {
        sum_vel_1=(((sum_vel/VR_14)*R_14)/100)*3600/1000;
    }

    if(pos_rin==0xCE)
    {
        sum_vel_1=(((sum_vel/VR_15)*R_15)/100)*3600/1000;
    }
}

```

Latacunga, Enero del 2008

ELABORADO POR:

Sr. Kléber Oswaldo López Paredes

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Ing. Juan Castro

SECRETARIO ACADÉMICO

Dr. Eduardo Vásquez Alcázar