



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
ESPE - LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ  
TESIS DE GRADO**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA  
DETECTOR DE PRESIÓN  
Y RECARGA DE NEUMÁTICOS”.**

**REALIZADO POR:**

**NÉSTOR JAVIER CÓNDOR VELÁSQUEZ**

**LATACUNGA - ECUADOR**

**2005**

# CERTIFICACIÓN

Certificamos que la presente Tesis de Grado fue desarrollada en su totalidad por el Señor: NÉSTOR JAVIER CÓNDOR VELÁSQUEZ bajo nuestra dirección:

.....  
**ING. GERMAN ERAZO**  
**DIRECTOR DE TESIS**

.....  
**ING. EURO MENA**  
**CODIRECTOR DE TESIS**

## DEDICATORIA

*Al cumplir esta meta tan importante, quiero dedicar este triunfo a mi padres Néstor Córdor y Juanita Velásquez las personas más importante en mi vida, quienes siempre estuvieron a mi lado y nunca dejaron de confiar en mi.*

*Como olvidarme de mi abuelita, que aunque no esta físicamente conmigo, espiritualmente esta en todo momento.*

JAVIER

# AGRADECIMIENTO

*El hombre más sabio, no es el que más a creado; sino a aquel que sabe reconocer a su prójimo, por la ayuda incondicional que siempre le brindó en su largo sendero lleno de obstáculos y vicisitudes, es por eso, que en esta hoja quiero dejar impreso mis sentimientos de gratitud y estima a aquellas personas que estuvieron compartiendo sus sabios conocimientos, compartiendo momentos amenos o tan solo brindándonos un consejo, en especial a nuestros padres, hermanos, y maestros, que no midieron esfuerzo alguno, ni sacrificio para que el presente trabajo llegue a feliz término.*

## INDICE

Carátula	i
Certificación	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Índice	v
Introducción	x
<b>I. TÉCNICAS DE CONSTRUCCION DE LOS NEUMÁTICOS</b>	
1.1. Introducción	1
1.2. Información técnica de neumáticos	2
1.3. Llantas, uso y mantenimiento	3
1.3.1. Llantas radiales.	3
1.3.2. Llantas convencionales y llantas con cinturón	3
1.3.3. Llantas radiales ahorradoras de combustible	3
1.3.4. Llantas radiales para toda temporada.	4
1.3.5. Llantas para invierno	4
1.4. Presión de inflado	5
1.5. Beneficios de un buen inflado	5
1.6. Tips de inflado	6
1.7. Dibujos de desgaste en llantas.	6
1.8. Rotación de las ruedas	9
1.9. Combinaciones de llantas y neumáticos	10
1.10. Equivalente de telas/rango de carga	11
1.11. Característica de la interacción en la interfase neumático / camino	11
1.12. Modelos matemáticos de fricción	17
1.13. Influencia de las llantas en el comportamiento mecánico del vehículo	19

1.14.	Factores que influyen en el comportamiento de las llantas en los vehículos	26
1.15.	Deterioro causado por factores de servicio	27
1.16.	Características y factores de servicio	28
1.16.1	Factores de servicio invariables	28
1.16.2.	Factores de servicio variable	29
1.16.3.	Efectos del calor	30
1.17.	Estudio técnico de los elementos y sistemas	31
1.17.1.	Indicadores en la puerta	31
1.17.2.	Neumáticos inteligentes	31
1.17.3.	Estudio de tecnologías aplicadas a neumáticos	32
1.17.4.	Tecnología con apoyo: Michelin Pax System	35
1.18.	Neumática y control	37
1.19.	Compresores	41
1.20.	Mandos direccionales	43
1.20.1.	Válvulas distribuidoras	44
1.20.2.	Electroválvulas (válvulas electromagnéticas)	46
1.20.3.	Reguladores de presión	48
1.20.4	Funcionamiento de los reguladores de presión	48
1.20.5.	Válvula limitadora de presión.	50
1.20.6.	Válvula reguladora de caudal	51
1.20.7.	Tuberías	52
1.20.8.	Filtros	54
1.20.9.	Depósitos	58

## **II. DISEÑO DEL SISTEMA DETECTOR DE PRESIÓN Y RECARGA DE NEUMÁTICO**

2.1.	Planteamiento del problema	60
2.2.	Detector de presión de inflado de los neumáticos (Bosch).	62

2.3.	Sistema de control de aire VDO	64
2.4.	Factor de diseño del circuito neumático	66
2.4.1.	Factor de instalación	67
2.4.2.	Factor de seguridad	68
2.4.3.	Esquema general del circuito	68
2.5.	Descripción del sistema	68
2.6.	Pérdidas de energía por fricción	70
2.6.1.	El flujo de fluido en tuberías	70
2.6.2.	Caída de presión en tuberías:	72
2.6.3.	Caída de presión en válvulas.	73
2.7.	Selección de componentes	75
2.7.1.	Fuente de alimentación	75
2.7.2.	Selección del compresor	77
2.7.3.	Acumulador	81
2.7.4.	Selección de válvulas.	82
2.7.5.	Selección del filtro	83
2.7.6.	Selección de tuberías.	84
2.7.7.	Juntas rotativas	85
2.7.8.	Acoples y uniones	86
2.8.	Descripción técnica de los componentes	87
2.9.	Selección del equipo de control	89
2.9.1.	Selección del microcontrolador.	89

### **III.- CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DETECTOR DE PRESIÓN Y RECARGA DE NEUMÁTICOS**

3.1.	Adecuación del equipo de control	96
3.2.	Programación del microcontrolador.	99
3.2.1.	Características especiales del microcontrolador	100
3.2.2.	Operación de voltajes	100
3.2.3.	Consumo de potencia a 4 Mhz, 3v, 25 grados °C	100

3.2.4. Diagrama de bloques	101
3.2.5. Adecuación de las señales del Lcd.	102
3.2.6. Clear display ( borrar display)	111
3.2.7. Home (cursor a home)	112
3.2.8. Establecer modo de funcionamiento	112
3.2.9. Display on/off control (control on/off)	113
3.2.10. Cursor or display shift (desplazamiento del cursor/ display)	113
3.2.11. Function set (modo de transferencia de la información)	114
3.2.12. Acceso a posición completa de la Cg ram	114
3.2.13. Acceso a posiciones concretas de la Dd ram	115
3.3. Elaboración del sistema de alerta de recarga	115
3.3.1. Diseño del circuito impreso	116
3.3.2. Transferencia térmica del papel a la placa	118
3.4. Construcción del sistema de alerta y recarga	118
3.4.1. Adecuación de los controles de aire	119
3.4.2. Diagrama general del sistema	120
3.5. Instalación en el vehículo	121
3.5.1. Instalación del equipo de control	121
3.5.2. Instalación del sistema de distribución de aire a los neumáticos	122
3.5.3. Armado del sistema	122
3.6. Funcionamiento del sistema	126
3.6.1. Rotores	127
3.7. Ventajas del sistema	128
3.8. Desventajas	128
3.9. Condiciones fundamentales en la puesta en marcha de la instalación	129
3.9. Principios para la puesta en marcha	130

## **IV PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y FIABILIDAD DEL SISTEMA DETECTOR DE PRESIÓN**

4.1.	Análisis de los factores de degradación de los neumáticos	131
4.1.1.	Desgaste de la banda de rodamiento en función de la presión	131
4.1.2.	Desgaste de la banda de rodamiento en función de la velocidad media	132
4.1.3.	Desgaste de la banda de rodamiento en función de la carga	132
4.1.4.	Desgaste de la banda de rodamiento en función de la temperatura	133
4.1.5.	Desgaste de la banda de rodamiento en función de la superficie de contacto	133
4.2.	Análisis de temperatura y presión del aire en los neumáticos	133
4.3.	Verificación del sistema de control y recarga de neumáticos	139
4.3.1.	Pruebas y simulación de pérdidas de presión en el eje delantero y posterior del vehículo.	140
4.4.	Pruebas en el eje delantero y posterior del vehículo	142
4.5.	Mantenimiento sistemático del sistema de control y recarga de presión	144
4.5.1.	Mantenimiento del compresor	145
4.5.2.	El mantenimiento del equipo	145
4.5.3.	Análisis de fallas en el tablero	146
4.6.	Consideraciones básicas en el mantenimiento de la instalación.	147
4.7.	Frecuencia de mantenimiento.	147
4.8.	Manual del usuario	148
	Conclusiones	153
	Recomendaciones	154
	Bibliografía	155
	Anexos	157

## INTRODUCCIÓN

Los automóviles en la actualidad están dotados de diseños eficientes y potencias elevadas razón por lo cual son más veloces y necesitan de mejores sistemas de seguridad. A su vez los conductores están más seguros y aumentan su velocidad media al conducir.

Los vehículos responden mejor ante cualquier situación de peligro y esta invención eliminará el riesgo que, para la estabilidad del vehículo, supone la pérdida de aire en los neumáticos. Por lo tanto los mismos son de importancia crítica para el funcionamiento y rodaje correcto de los automotores, y el control de la presión de los mismos asegura un ahorro neto de prestaciones y seguridad al conducir.

El trabajo de investigación que se ha desarrollado plantea en su Capítulo I la información necesaria para el sistema detector de presión.

El Capítulo II se realiza el diseño del sistema detector de presión y de recarga de neumáticos.

El Capítulo III se realiza la selección de componentes y la construcción del equipo.

El Capítulo IV se realizan pruebas de fiabilidad y de funcionamiento del equipo de pruebas.

Finalmente quedan expresadas mis conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación realizado para que sea utilizado por quienes se interesen en esta área .

# I. TÉCNICAS DE CONSTRUCCION DE LOS NEUMATICOS

## 1.1. INTRODUCCIÓN

Los automóviles en la actualidad están dotados de diseños eficientes y potencias elevadas razón por lo cual son más veloces y necesitan de mejores sistemas de seguridad. A su vez los conductores están más seguros y aumentan su velocidad media al conducir.

Cada día aumenta la preocupación de las grandes compañías multinacionales por añadir los mayores elementos de seguridad a sus productos, muchas de ellas han sido más visionarias que otras a la hora de adelantarse a sus propios tiempos, imaginando como hacer del automóvil un instrumento al servicio del hombre con las máximas garantías para su integridad física.

Los vehículos responden mejor ante cualquier situación de peligro y esta invención eliminará el riesgo que, para la estabilidad del vehículo, supone la pérdida de aire en los neumáticos. Por lo tanto los mismos son de importancia crítica para el funcionamiento y rodaje correcto de los automotores, y el control de la presión de los mismos asegura un ahorro neto de prestaciones y seguridad al conducir.

Todavía no se ha introducido al país un sistema detector de presión y recarga de neumático para vehículos livianos, este trabajo de investigación se orienta a investigar la factibilidad tecnológica para el diseño de este sistema utilizando los conocimientos de neumática aplicada y con elementos de fácil disposición en el mercado para aplicarlo a vehículos livianos.

## 1.2. INFORMACIÓN TÉCNICA DE NEUMÁTICOS

El neumático de la figura 1.1 utiliza el sistema métrico norteamericano denominado P-metric.

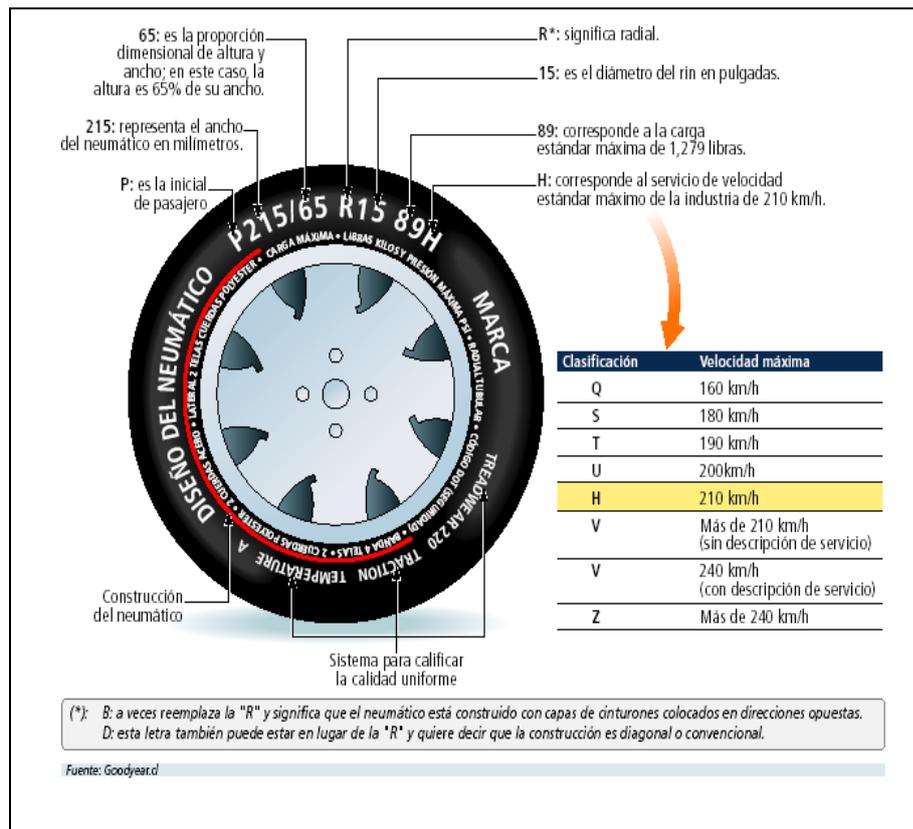


Figura 1.1 Designación de neumáticos

## 1.3. LLANTAS, USO Y MANTENIMIENTO

El usar llantas correctas en su vehículo es muy importante, proveen la tracción, por lo tanto, juegan un papel crucial en el frenado seguro del vehículo. Soportan el peso total del vehículo, absorben los impactos del camino y representan el paso final en la conversión de la energía del combustible en movimiento del vehículo, se deberá escoger la más eficiente para ahorrar combustible en el vehículo.

### **1.3.1. LLANTAS RADIALES.**

Las capas están dispuestas en forma radial, esto es, paralelas las unas a las otras, en un ángulo de 90 grados a la circunferencia de la llanta. Los cinturones de soporte son colocados sobre las capas a lo largo de la periferia de la llanta. Estos cinturones de soporte pueden ser fabricados de acero (como en las llantas radiales con cinturones de acero).

Las llantas radiales son la opción más común, tienen menor resistencia al rodamiento que otros tipos de llantas y, por lo tanto, mejoran el rendimiento de combustible, la maniobrabilidad del vehículo y el diseño de la banda de rodamiento; debido a la construcción radial, ofrecen mejor comportamiento.

### **1.3.2. LLANTAS CONVENCIONALES Y LLANTAS CON CINTURÓN**

Aún están disponibles. Se deben tomar precauciones para no mezclar llantas de diferentes tipos de construcción. Debido a la gran diferencia de comportamiento entre radiales y otros tipos de construcción, colocar dos tipos diferentes de llantas en el mismo extremo del vehículo puede ser peligroso.

### **1.3.3. LLANTAS RADIALES AHORRADORAS DE COMBUSTIBLE**

Están diseñadas para ser infladas considerablemente más que las llantas radiales comunes. Este incremento de presión hace a la llanta más dura y por lo tanto reduce la resistencia al rodamiento y el consumo de combustible..

Muchos vehículos nuevos son equipados con este nuevo tipo de llanta (como equipo de serie) que le ahorran combustible.

#### **1.3.4. LLANTAS RADIALES PARA TODA TEMPORADA.**

Ofrecen lo último en tecnología en llantas. Son diseñadas para comportarse adecuadamente bajo todas las condiciones de manejo y son generalmente del tipo ahorradoras de combustible. Las llantas radiales para toda temporada son una buena inversión para mucha gente, porque no es necesario cambiarlas en invierno o en verano. Sin embargo, debido a que el diseño del piso de las llantas radiales para toda temporada es una combinación entre un diseño para verano y para invierno, el comportamiento bajo condiciones adversas de manejo será ligeramente más pobre que aquellas llantas diseñadas para esas condiciones.

#### **1.3.5. LLANTAS PARA INVIERNO**

Son fabricadas de hule blando. Esto mejora la tracción en nieve o sobre hielo. Recuerde cambiar las llantas para invierno cuando llega la primavera, ya que éstas incrementan el consumo de combustible.

Nota: La presión en la llanta es crítica. La baja presión reduce la vida de una llanta considerablemente, incrementa el consumo de combustible debido a la mayor resistencia al rodamiento y puede ser peligrosa. Compre un medidor de presión y asegúrese de revisar la presión de las llantas al menos 2 veces al mes. No olvide verificar también la presión de la llanta de refacción.

### **1.4. PRESIÓN DE INFLADO**

Los neumáticos son diseñados y construidos con gran cuidado para proveer de miles de kilómetros de excelente servicio. Pero para obtener un máximo beneficio de ellos, se debe tener un buen mantenimiento de estos. Los factores más importantes en el cuidado de estos son:

- Una adecuada presión de inflado.
- Carga adecuada del vehículo.
- Inspección oportuna.
- Buenos hábitos de manejo.
- Condiciones del vehículo

### **1.5. BENEFICIOS DE UN BUEN INFLADO**

Con una presión adecuada, las llantas duran más, ahorran combustible y ayudan a prevenir accidentes. La “presión adecuada” de aire es la especificada por el fabricante del vehículo.

La presión de aire correcta se muestra en la placa de llanta (o estampa) ubicada en un costado de la puerta, en el poste de esta, o en la tapa de la gasolina o en la guantera. Si su vehículo no cuenta con esta placa, consulte su manual de usuario o al distribuidor o al fabricante de llantas.

La placa anterior muestra la carga máxima del vehículo, las presiones de inflado en frío y el tamaño de llanta recomendado por el fabricante.

## 1.6. TIPS DE INFLADO

Revisar la presión de inflado de los neumáticos (incluyendo la llanta de refacción) por lo menos una vez al mes y antes de cualquier recorrido largo.

Las llantas deben de ser revisadas cuando estén frías; esto es cuando hayan recorrido menos de 1 kilómetro.

Al llegar a la estación de servicio, medir la presión de cada llanta, después infla la llanta caliente hasta el nivel correspondiente de presión “en caliente”, más lo desinflado correspondiente “en frío”.

<i>Delantera Izquierda</i> Frío 35 psi Caliente 38 psi		<i>Delantera Derecha</i> Frío 35 psi Caliente 38 psi	
<i>Trasera Izquierda</i> Frío 35 psi Caliente 38 psi		<i>Trasera Izquierda</i> Frío 29 psi Caliente 32 psi (Agregar 6 psi)	

**Figura 1.2 Valores de presiones del neumático**

## 1.7. DIBUJOS DE DESGASTE EN LLANTAS.-

Las llantas con zonas lisas transversales son inseguras y en algunos países son ilegales. Cuando el labrado es menor de 1.5 mm. reemplace las llantas inmediatamente.

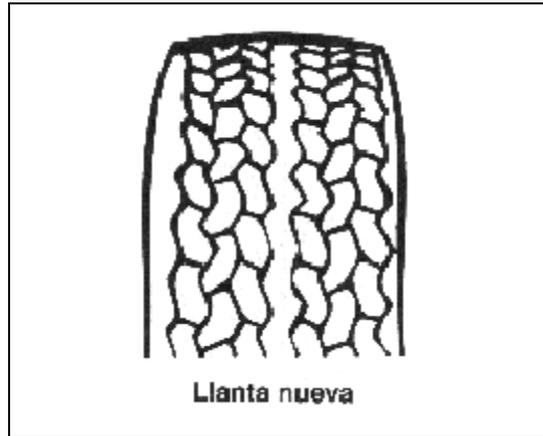


Figura 1.3 Labrado del neumático

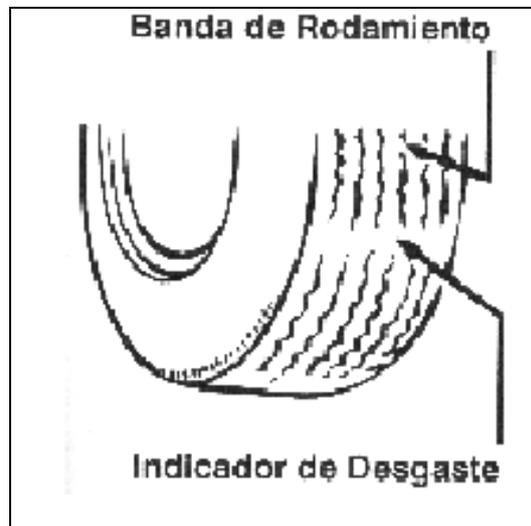


Figura 1.4 Señales de desgaste del neumático

La mayoría de las llantas nuevas tienen indicadores de uso en el piso y usted debe identificarlos en sus llantas.

Desgaste en los "hombros" de la llanta indica baja presión de inflado. Adicione aire, al nivel máximo recomendado por el fabricante del vehículo.

Un incorrecto cambio de estado de la rueda significa que la alineación debe ser revisada.

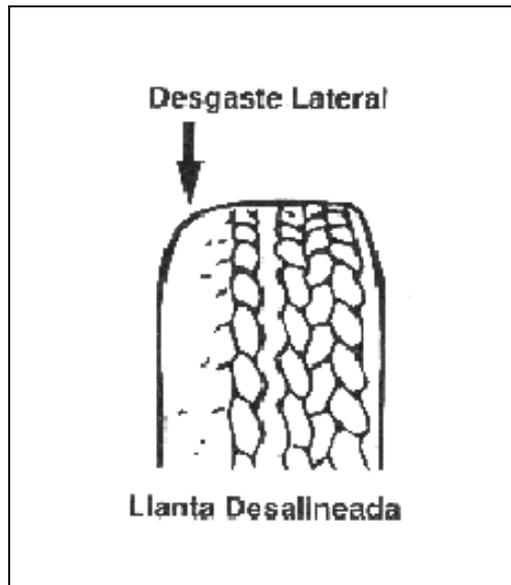


Figura 1.5 Desgaste en los hombros

El desgaste en el centro del piso indica sobre presión. Ajuste la presión de la llanta a la recomendada por el fabricante. Las huellas de desgaste (huecos) en el piso de la llanta son causadas por un desbalanceo de la llanta o por falla en la suspensión, por lo que se le recomienda llevar a balancear sus llantas.

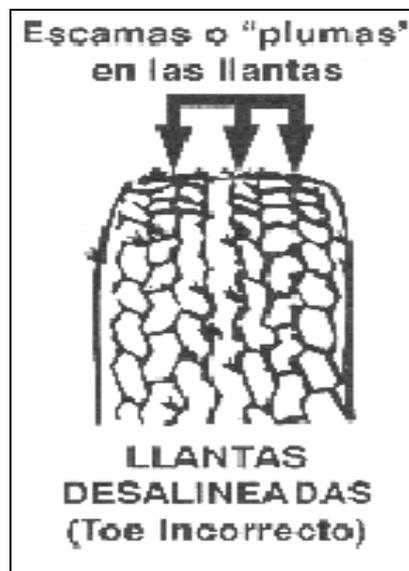


Figura 1.6 Desgaste causado por desbalanceo

Las "Plumas o escamas" en el piso de la llanta son causadas por un excesivo Toe-in o Toe-out; por lo que la alineación de las ruedas debe ser chequeada.

### 1.9. ROTACIÓN DE LAS RUEDAS

Debido a que las llantas delanteras y traseras tienen diferentes funciones en el vehículo, se desgastan de manera diferente, se puede aumentar la vida de sus llantas si las vira.

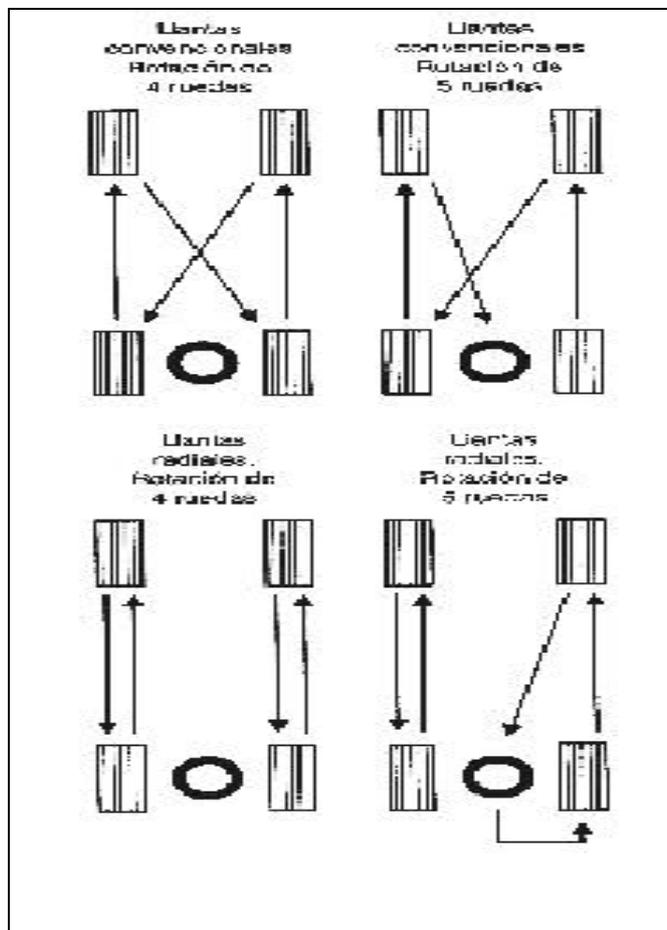


Figura 1.7 Rotación de neumáticos

## 1.9. COMBINACIONES DE LLANTAS Y NEUMÁTICOS

Si no combina adecuadamente los neumáticos a las llantas, puede dañar tanto los neumáticos como las llantas y causar la rotura de ambas partes con una explosión. Esto puede causar graves heridas e incluso la muerte.

Es peligroso instalar un neumático de un diámetro específico de llanta en una de diferente diámetro. Siempre reemplace un neumático en una llanta con otro neumático exactamente de la misma designación de diámetro y letras. Por ejemplo, un neumático de 16" va con una llanta de 16". Aunque es posible pasar un neumático de 16" de diámetro sobre el labio o pestaña de una llanta de 16.5" de diámetro, el neumático no puede inflarse lo suficiente para posicionarse contra la pestaña de la llanta. De intentarse asentar el talón del neumático inflándolo, el talón de neumático se rompería con fuerza explosiva y podría causar graves heridas o la muerte.

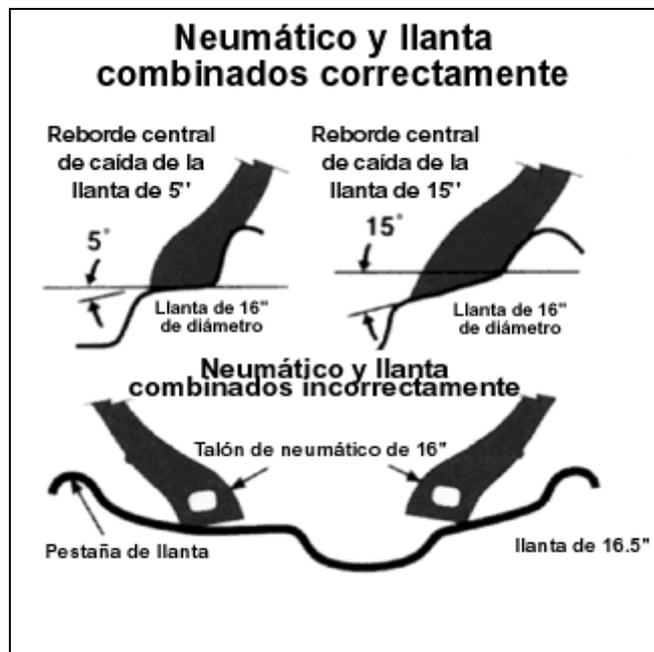


Figura 1.8 Neumático y Llanta combinado correctamente

## 1.10. EQUIVALENTE DE TELAS/RANGO DE CARGA

A pesar que no existe una definición unánime en la industria del equivalente de telas, los neumáticos de camión a menudo se marcan con el equivalente de telas y el de rango de carga. Estas marcas se usan para identificar los límites de carga y de inflado de ese neumático en especial, cuando se lo emplea en un tipo de servicio específico. La tabla 1.1 muestra la conversión de las marcas de los neumáticos

Tabla I.1 Equivalentes de rango y telas

Equivalentes de telas	Rango de carga	Equivalentes	Rango de carga
2	A	14	G
4	B	16	H
6	C	18	J
8	D	20	L
10	E	22	M
12	F	24	N

## 1.11. CARACTERÍSTICA DE LA INTERACCION EN LA INTERFASE NEUMÁTICO / CAMINO

La fricción o adherencia determina de manera persistente muchos procesos de la conducción: arrancar, acelerar y frenar. La fuerza de frenado juega un papel relevante en la seguridad de los pasajeros y sus magnitudes esta relacionada con el coeficiente de fricción.

El lema de "La seguridad es primero" es ampliamente aplicado al transporte, ya sea por los operadores de las redes, los usuarios de las mismas, o por terceros. Los sistemas de transporte inteligentes (ITS)<sup>1</sup>

juegan un papel relevante para mejorar la seguridad de los viajeros. Entre dichos sistemas existe uno llamado AHS (Automated Highway System) cuyo objetivo es reducir los accidentes y las congestiones vehiculares en autopistas mediante la automatización del manejo de los vehículos.

Algunos temas tienen que ser resueltos para que puedan funcionar el sistema AHS, entre ellos uno de los principales es el frenado de emergencia. La seguridad para dicha condición está íntimamente ligada a la capacidad del sistema de frenado del vehículo, por ello la fuerza de frenado juega un papel primordial.

Cuando un automóvil es sometido a acciones de aceleración o frenado, la potencia del motor se transmite a través de las llantas por un fenómeno llamado deslizamiento, que implica que la velocidad tangencial de la llanta sea distinta de la velocidad del centro de gravedad del vehículo. En la mayoría de los textos de dinámica y estática, el estudio del coeficiente de fricción seca se realiza omitiendo el fenómeno de deslizamiento.

Sin embargo, en condiciones de aceleración y frenado, este debe ser considerado para observar su influencia sobre el coeficiente de fricción y en consecuencia poder conocer el comportamiento dinámico del vehículo.

Los sistemas de frenado de emergencia son diseñados para controlar el deslizamiento de los neumáticos manteniendo al coeficiente de fricción en su valor máximo y por ende obtener la fuerza de frenado máxima.

El comportamiento del coeficiente de fricción no resulta sencillo, debido a que existe una gran cantidad de variables que influyen en su comportamiento como: la velocidad, la temperatura, la presión superficial existente en la superficie de contacto, el deslizamiento, etc.

Desde la perspectiva del frenado de emergencia existen dos factores que determinan la capacidad de frenado:

1. La fricción entre la llanta y el camino
2. El par disponible de frenado

La fricción es la resistencia del movimiento relativo entre dos cuerpos en contacto. Si no hubiese fricción, jamás será posible parar un cuerpo en movimiento. La fuerza de fricción entre la llanta y el camino juega un papel fundamental en el desempeño dinámico de cualquier vehículo. El par de tracción no podrá acelerar al vehículo si no existiera suficiente fricción entre la llanta y el camino, asimismo el par de frenado generado por el conductor mediante el pedal no actuaría correctamente sin la existencia de suficiente fricción.

Seis factores gobiernan el aumento de fricción desarrollado en la acción de frenado:

1. La presión superficial
2. La superficie de contacto
3. La temperatura
4. La resistencia a la rodadura
5. El aquaplaning
6. El coeficiente de fricción

A continuación describimos cada uno:

### **1. Presión superficial**

El coeficiente de fricción, que será definido en el siguiente punto, depende entre otros factores de la presión superficial, es decir, la presión existente entre la banda de rodadura y la calzada. Una presión superficial reducida admite Coeficientes de rozamiento altos y viceversa.

Cuanto mayor sea la superficie en contacto del neumático sobre la calzada, mas disminuirá la presión superficial y aumentará la adherencia.

Para aprovechar este fenómeno es por lo que se utilizan dimensiones grandes en los neumáticos de competición y se fomenta su uso en vehículos convencionales. Los neumáticos anchos permiten transmitir mayor fuerza a la calzada y, consiguientemente, una mejor tracción y una distancia de frenado menor sobre calzadas secas y mojadas. También se caracterizan por ofrecer mayor estabilidad de manejo a velocidades altas.

## **2. Superficie de contacto**

El tamaño de las superficies en contacto es un factor que influye básicamente en el desgaste del material de fricción, en efecto, 50 centímetros cuadrados de superficie de fricción se desgastan dos veces más rápido que 100 centímetros cuadrados.

## **3. Temperatura**

La temperatura es el resultado de la fricción; los frenos utilizados en un vehículo, transforman energía cinética en calor cuando

el vehículo esta siendo frenado. Los frenos deben ser dimensionados para absorber o disipar el calor generado durante la acción de frenado.

## **4. Resistencia a la rodadura**

La resistencia a la rodadura, es exclusivamente determinada por el neumático, se genera cuando la superficie de contacto del neumático se aplasta en cada giro de la rueda y tras entrar en contacto con la calzada, vuelve a recuperar su forma redonda original. Las perdidas que se generan en esta deformación cíclica originan la resistencia de rodadura. Al deformarse

el neumático, se produce un desgaste interno, en el que una parte de la energía se transforma en calor.

La resistencia a la rodadura está dada por:

$$R_r = f W$$

Donde:

W = peso del vehículo

f<sub>r</sub> = es el coeficiente de resistencia a la rodadura.

La resistencia a la rodadura es un importante en el desarrollo de los neumáticos. Dicha resistencia ya tuvo en el pasado una gran importancia, por ejemplo, durante la crisis de petróleo a principios de los setentas. Cada vez se logran fabricar neumáticos con una menor resistencia a la rodadura, logrando con ello reducir los índices de consumo de combustible. El sector automovilístico exige de los fabricantes de neumáticos un 10% menos de resistencia a la rodadura, partiendo del nivel de 1990, lo que supone aproximadamente un 2% de reducción de consumo de combustible.

## **5. Aquaplaning (deslizamiento sobre agua)**

El aquaplaning influye notablemente sobre la adherencia, es la situación en que un neumático flota sobre la película de agua de una calzada mojada porque se introduce una cuna de agua debajo de toda la superficie de sustentación y levanta al neumático del suelo. El aquaplaning depende de la altura del agua en la calzada, de la velocidad del vehículo, del perfil y estado de desgaste del neumático, y de la carga que comprime al neumático contra el suelo. En estado de aquaplaning el vehículo no puede conducirse ni frenarse, puesto que sus ruedas delanteras ya no tocan el suelo, por lo tanto la fuerza de frenado no se puede transmitir al mismo.

## 6. Coeficiente de Fricción

Algunos materiales requieren más fuerza para moverlos sobre una superficie que otros, aunque la presión aplicada sobre ellos sea idéntica, lo que significa que los diferentes materiales tienen diferentes características de fricción. Esto es conocido como coeficiente de fricción y puede definirse así:

La fuerza requerida para mover un objeto sobre una superficie, dividida por el peso del objeto que actúa en la superficie.

Las fuerzas de fricción surgen en parte debido a las rugosidades o asperezas de las superficies en contacto.

La temperatura de los neumáticos juega un papel importante en el desempeño del coeficiente de fricción, la goma reacciona acentuadamente a diferentes temperaturas. Cuando esta desciende hasta tal punto que se endurece la goma del neumático, los coeficientes de fricción alcanzan sus valores mínimos; estos se incrementan a medida que aumenta la temperatura hasta alcanzar su valor máximo.

Si a partir de este punto, sigue aumentando la temperatura, vuelven a disminuir. De esta manera cada goma tiene una curva de rendimiento en función de la temperatura (figura 1.9) que permite cada una. El coeficiente de adherencia depende de la velocidad de marcha, del estado de los neumáticos y el estado de la calzada.

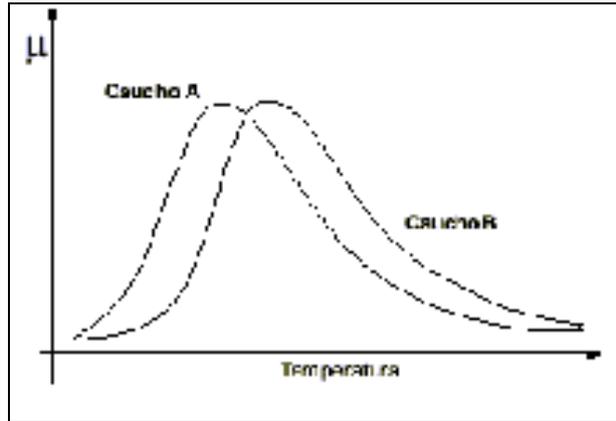


Figura 1.9 Comportamiento del coeficiente de fricción en función de la temperatura

### 1.12. MODELOS MATEMÁTICOS DE FRICCIÓN

El comportamiento del coeficiente de fricción se expresa en función del deslizamiento longitudinal, y otros parámetros como la fuerza normal sobre las llantas y la velocidad del vehículo. El deslizamiento longitudinal se define como el cociente de la velocidad relativa del centro de gravedad del vehículo respecto a la velocidad tangencial del neumático entre la velocidad del centro de gravedad del vehículo o la velocidad tangencial del neumático dependiendo del estado.

Para ejemplo se muestran sus definiciones matemáticas:

$$\lambda_f = \frac{v - \omega R}{v}$$

$$\lambda_o = \frac{v - \omega R}{\omega R}$$

Donde:

V es la velocidad del centro de gravedad del vehículo.

$\omega$  es la velocidad angular de la rueda.

R es el radio del neumático.

Existen dos definiciones para el deslizamiento, esto con la finalidad de que no se generen indeterminaciones en los casos extremos (llanta bloqueada o llanta "atascada").

En el caso de aceleración en donde el neumático se encuentra atascado, para esta situación la velocidad del neumático es diferente de cero pero la del centro de gravedad del vehículo puede llegar a serlo, de ahí que el numerador quede normalizado por la velocidad tangencial de la llanta. Para el segundo caso pensemos en una llanta derrapando, aquí la velocidad del centro de gravedad del vehículo es diferente de cero pero la velocidad del neumático puede llegar a serlo, de ahí que se normalice la expresión por la velocidad del centro de gravedad del vehículo.

En la figura 1.10, para deslizamientos pequeños el coeficiente de fricción crece junto con el deslizamiento hasta alcanzar su máximo valor, el cual se denomina  $\mu_s$  y posteriormente disminuye conforme aumenta el deslizamiento.

Este valor máximo es de suma importancia ya que en esta condición se obtiene la máxima fuerza de frenado, si el deslizamiento sobrepasa el valor de deslizamiento que corresponde a la presión en los frenos se mantiene, se produce como resultado el bloqueo de la llanta.

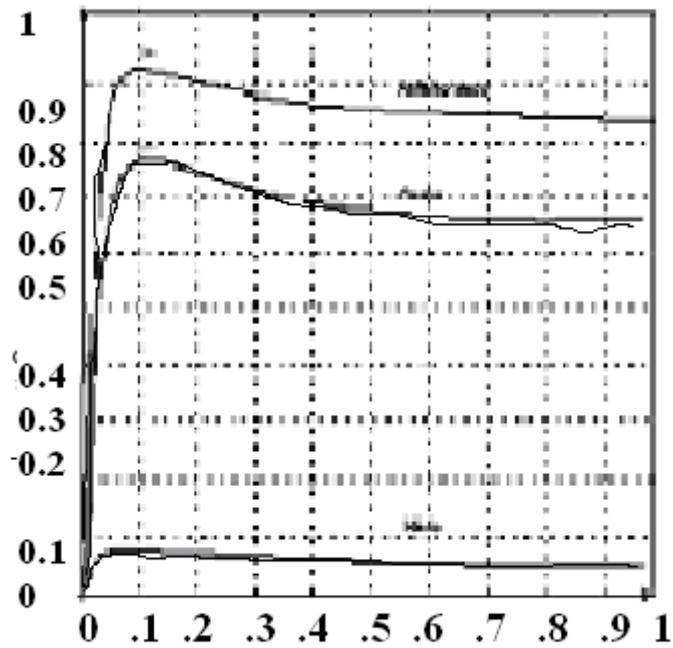


Figura 1.10 Coeficiente de fricción en función del deslizamiento

Al circular por una curva, los neumáticos presentan una resistencia al giro debido a su elasticidad. La banda de rodadura que se encuentra en contacto con el camino resistirá dicha acción debido a la fricción generada entre el neumático y la calzada. Como resultado de ello, las marcas de la llanta que se encuentran en contacto con el camino se deformarán provocando que su dirección diera a la de la rueda. A la diferencia angular entre las marcas de la llanta y la rueda se le denomina ángulo de deslizamiento (figura.1.11).

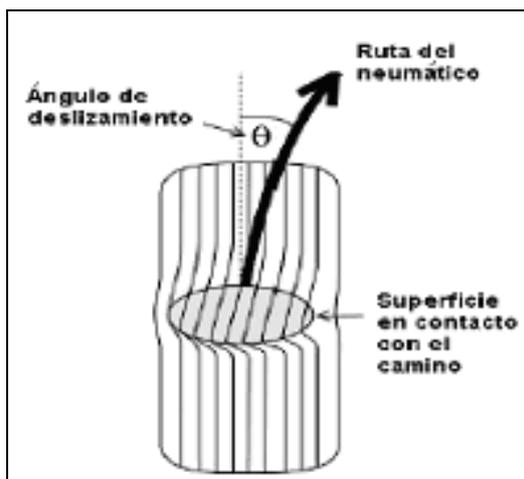


Figura 1.11 Giro a izquierda de rueda

Este ángulo es de gran importancia para la dinámica lateral del vehículo ya que influye directamente en la fuerza lateral desarrollada en el neumático, existe un valor óptimo para el cual la fuerza lateral es máxima (figura 1.12).

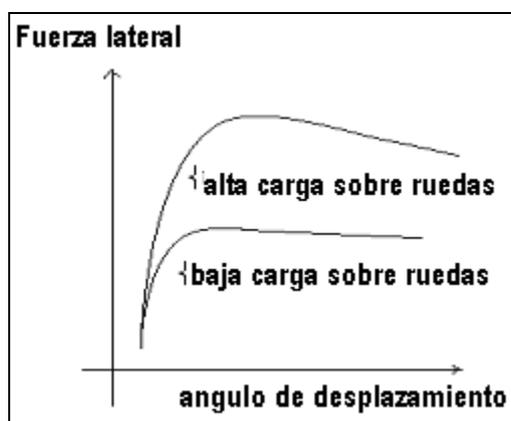


Figura 1.12. Fuerza lateral

Los ángulos de deslizamiento pueden ser distintos en el eje frontal y posterior, esta condición es de gran importancia para la seguridad de los viajeros ya que mediante una cierta combinación de ángulos se producen los estados de subviraje o sobreviraje que se describen a continuación:

Si la trayectoria curva del vehículo es de mayor radio que la curva que se pretende describir, entonces el vehículo está en subviraje, es, por tanto, una trayectoria real del vehículo más abierta de la que debería. Si el ángulo de deslizamiento del eje delantero es mayor que el posterior, se presenta esta condición, donde el vehículo se desplaza hasta el margen externo de la curva, una situación que normalmente no plantea problemas.

Si la trayectoria curva es de menor radio que la curva que se pretende describir, entonces el coche está en sobre viraje, es, por tanto, una trayectoria real del coche más cerrada de la que debería. Un caso extremo de sobre viraje es el trompo, en el que el vehículo gira sobre su eje vertical. Para esta condición el ángulo de deslizamiento del eje delantero es menor que el posterior, dicha parte vira notablemente hacia afuera derrapando, lo cual se traduce en una situación peligrosa.

Acelerar o frenar en una curva perjudica inevitablemente la transmisión de fuerzas laterales. En situaciones críticas, encontrar la distribución óptima entre fuerzas laterales y longitudinales exige del conductor un alto grado de destreza. En el caso de que una maniobra requiera la máxima tracción lateral, se deberían disminuir todas las fuerzas longitudinales que actúan sobre el neumático.

Los profesionales de la conducción, en el caso de un subviraje fuerte, son capaces de compensarlo accionando el freno de manera muy precisa para iniciar un cambio de carga y traspasar las fuerzas dinámicas a las ruedas con tracción. Para obtener el máximo agarre lateral se requiere un deslizamiento pequeño como lo muestra la figura 1.13

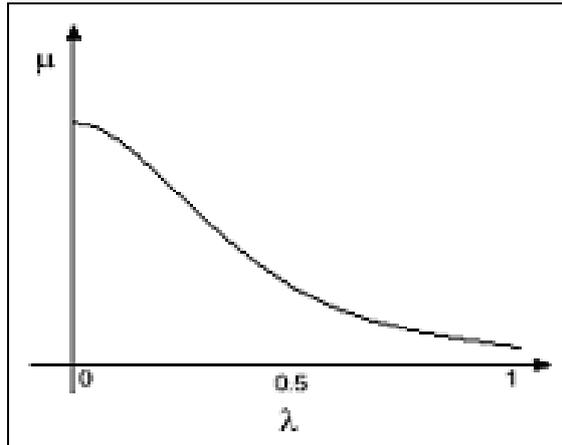


Figura 1.13 Coeficiente de fricción lateral

En los bancos de prueba, los neumáticos estrechos ofrecen mayor tracción lateral en curvas si la carga sobre las ruedas es reducida. Únicamente si la carga es mayor, se invierte dicho efecto. En la práctica suele aparecer una transferencia de carga hacia las ruedas externas a la curva. Resulta evidente que los neumáticos anchos, debido a su menor altura de flancos y su mayor rigidez lateral, aseguran una mejor reacción al virado y más estabilidad de conducción. Únicamente se plantea un problema: el aquaplaning debido a que aumenta el porcentaje de canales, ya que el neumático ancho ofrece mayor espacio para los mismos.

### 1.13 INFLUENCIA DE LAS LLANTAS EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL VEHÍCULO

Exceptuando las fuerzas aerodinámicas, todas las fuerzas presentes en un vehículo se transmiten a través de las llantas, ya que son los elementos que se encuentran en interacción directa con el camino. Este hecho influye no sólo en la dinámica del comportamiento del vehículo, sino también en otros aspectos como el daño producido en su estructura, en el “confort” de los pasajeros y/o el maltrato en la carga.

Estos aspectos dependen de las características de la llanta, entre las que se encuentra la rigidez vertical y otros parámetros físicos relativos a la operación de la misma, como pueden ser, la temperatura, la condición de la superficie de rodadura de la llanta, la presión de inflado, etc.

Además de soportar el peso del vehículo, las llantas proporcionan amortiguamiento, tracción para producir el desplazamiento del vehículo y el control direccional de éste. La capacidad para que el vehículo describa una trayectoria curva depende en gran parte de las propiedades de rigidez del neumático, que no es otra cosa más que su capacidad para deformarse.

Debido a la gran variedad de funciones que la llanta cumple como parte fundamental del desempeño de un vehículo, es importante conocer y comprender su comportamiento y la influencia que tiene dentro de todo el conjunto (vehículo). El rendimiento del neumático y la seguridad están determinados en gran parte por estos parámetros. Por ejemplo, una disminución en la presión adecuada mantiene en contacto con el camino los extremos de la banda de rodadura, originándose con esto una disminución en su capacidad de carga, un desgaste prematuro en las paredes del mismo e incremento en la temperatura del cuerpo del neumático debido a una flexión excesiva, lo que puede ocasionar que las capas o cinturones se desprendan o fallen. Un exceso de presión incrementa la rigidez de la llanta y disminuye la zona de contacto con el camino solamente al centro de rodado, lo que ocasiona una menor estabilidad. En consecuencia, las paredes del neumático no flexionan de un modo adecuado, lo cual evita que el neumático absorba elásticamente las irregularidades del camino, con efectos negativos en el "confort", la seguridad y consumo de combustible.

Las llantas han evolucionado a través de los años para poder satisfacer las demandas que los distintos tipos de vehículos les han ido exigiendo. Su evolución ha implicado modificaciones en sus características, con el propósito de obtener mejores propiedades y un mejor desempeño en

capacidad de carga, en la maniobrabilidad, en el manejo y en el “confort”, en correspondencia a los distintos tipos de vehículos que han ido surgiendo desde los inicios del automóvil, ver figura 1.14.



Figura 1.14 Tractocamión del siglo XXI

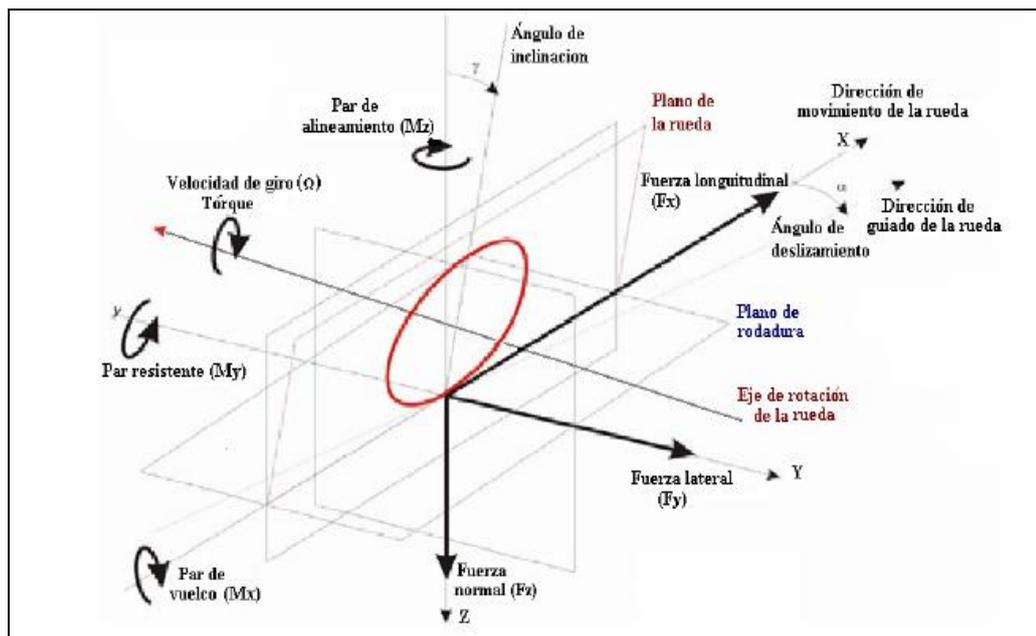


Figura. 1.15 Fuerzas, momentos y grados de libertad de una llanta.

Este sistema de referencia tiene su origen al centro del área de contacto de la llanta con la superficie de rodamiento. El eje **X**, formado con la intersección del plano del rin y el plano del camino, se orienta positivamente en el sentido de avance. El eje **z**, vertical y perpendicular al plano del camino, es positivo hacia abajo. El eje **Y** se encuentra contenido en el plano

del camino, cuyo sentido positivo resulta de acuerdo a un sistema ortogonal dextrógiro.

En la misma figura se indican también las fuerzas y momentos a los que pudiera estar sujeto el neumático de un vehículo en movimiento, atendiendo no sólo a la rotación de la llanta, sino considerando también los desplazamientos en el espacio. Así, se pueden identificar desplazamientos en la dirección de viaje,  $x$ , en la dirección transversal,  $y$ , y verticales,  $z$ . Estas fuerzas ( $F$ 's) y momentos ( $M$ 's y  $T$ ), como usualmente se describen en la dinámica de la llanta, son resultado de la interacción de la misma con el medio circundante, tanto para producir su movimiento, como las que ofrecen resistencia al mismo. Además de estas acciones, en la figura se describen ángulos y planos necesarios para describir el movimiento de la llanta. Estos son:

Plano de la rueda o rin. - Plano central de la rueda, normal al eje de giro.

Ángulo de inclinación ( $\tilde{\alpha}$ ). – Ángulo formado entre el eje  $Z$  y el plano de la rueda.

Ángulo de deslizamiento ( $\acute{\alpha}$ ). – Ángulo que se forma entre el eje  $X$  y la dirección de viaje del centro de contacto de la llanta.

Estas fuerzas y momentos producen que la llanta se deforme, lo cual refleja el efecto de sus propiedades mecánicas que repercuten en el movimiento resultante.

Un parámetro importante en el comportamiento de la llanta, es el ángulo de deslizamiento,  $\acute{\alpha}$ , el cual se debe a la deformación que sufre debido a la elasticidad lateral del material, representado en la figura 1.16

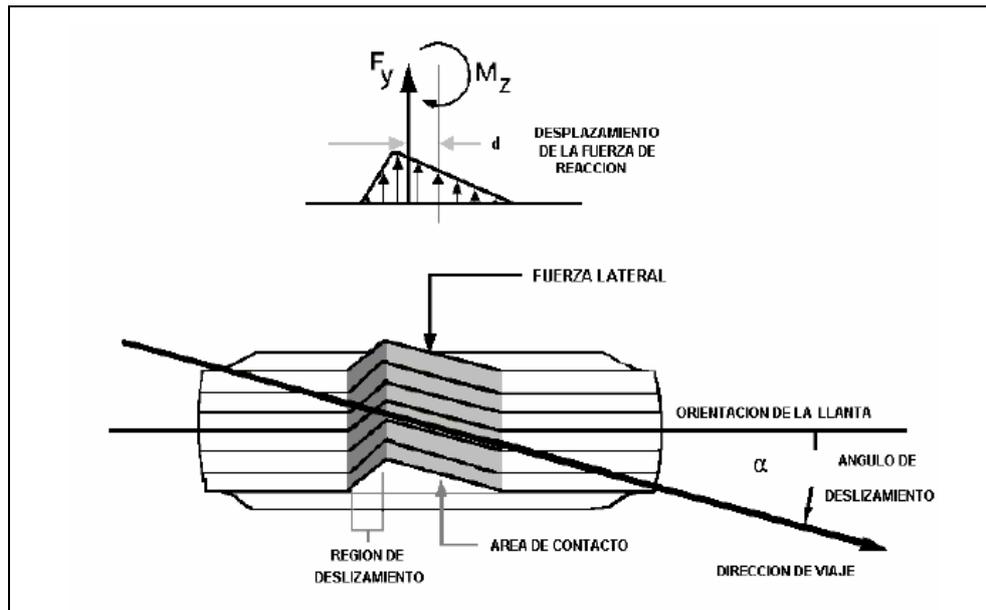


Figura 1.16 Ángulo de deslizamiento y área de contacto de la llanta.

De este ángulo, producto de la capacidad de deformación elástica de la llanta, se deriva una variedad de características mecánicas, que proporcionan a la llanta propiedades únicas para su empleo en los vehículos terrestres, rigiendo su comportamiento dinámico.

#### 1.14. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS LLANTAS EN LOS VEHÍCULOS

Existen distintos factores que afectan a la fuerza tractiva entre la banda de rodadura de la llanta y la superficie de rodado (entre llanta y camino) los cuales se deben tener presentes durante el proceso de diseño. Dentro de estos factores se encuentran los asociados al camino, al neumático y al vehículo.

Los factores del camino involucran la superficie de rodamiento, así como las condiciones de compatibilidad entre la llanta y la superficie. Por tanto, son importantes su rugosidad y los materiales que constituyen el camino, así como factores ambientales como la humedad y la temperatura de la superficie.

Con respecto a los factores del neumático, como ya se ha mencionado, son las características propias de las llantas que resultan del diseño (radial, diagonal), tanto geométricas como de componentes. Intervienen también las condiciones de trabajo a las que está sometida la llanta, como cargas que soporta, presión de inflado, estado de desgaste y velocidad de operación.

El vehículo tiene también una influencia en el desempeño de la llanta, ya que la llanta reaccionará, dentro de sus capacidades, a las demandas de éste. Por ello, es importante considerar el tipo de vehículo, función de la llanta en el mismo, condiciones de operación y maniobras de conducción (aceleración, frenado, cambios de trayectoria, etc.). Dentro de estos factores se encuentran también involucrados aspectos del sistema de suspensión, de los frenos y de otros componentes estructurales.

#### **1.15. DETERIORO CAUSADO POR FACTORES DE SERVICIO**

La velocidad normal a la que debe viajar un vehículo es un factor que tiene que ser considerado al seleccionar el tipo de neumático y el labrado del mismo, a mayor velocidad tiene que soportar una mayor concentración de calor.

El calor acaba con los neumáticos y un vehículo que viaje siempre a altas velocidades, generara mayor calor y los neumáticos fallaran antes de lo normal, la solución en el caso de vehículos pesados y livianos que deban hacer largos recorridos a altas velocidades es utilizar neumáticos radiales los cuales por su construcción generan menor calor al rodar a grandes velocidades.

## **1.16. CARACTERÍSTICAS Y FACTORES DE SERVICIO**

Para determinar como afectan las características de servicio en un neumático tenemos que considerar los factores de servicio que se dividen en dos grupos:

- Factores de servicio Invariable
- Factores de servicio Variables

### **1.16.1 FACTORES DE SERVICIO INVARIABLES**

Se denominan invariables debido a que son independientes del control del operador del vehículo específicamente son características externas al neumático como son:

- El Camino

Debido a la diversidad de vías, un neumático puede sufrir efectos dañinos por factores como:

- Tipo de la superficie del camino
- Condiciones de la carretera
- Perfil transversal de la vía
- Perfil longitudinal o altimétrico del camino
- Sinuosidad de las rutas

Nota .- Sinuosidad las Rutas.- Carretera con ondulaciones, recodos y tramos curvos

- Condiciones Atmosférica

Las diferentes regiones y zonas climáticas donde operan los neumáticos se ven afectados por factores como:

- Temperatura ambiente
- Lluvia
- Humedad

Los efectos de la humedad interior de un neumático particularmente del tipo sin cámara, producen oxidación de los cordones de acero, daño de la carcasa y también oxidara el aro.

- Característica del Vehículo

El desgaste anormal en los neumáticos puede ser provocado por una anomalía o un desreglaje de los órganos de la suspensión, dirección, tracción o del sistema de frenado del vehículo, etc.

### **1.16.2.- FACTORES DE SERVICIO VARIABLE**

Se denominan variables debido a que son dependientes del control del operador del vehículo, y muchos factores de estos pueden ser corregidos, a continuación tenemos:

- Presión de inflado

Es un deber inflar un neumático con la presión de aire correcta y seguir las siguiente indicaciones:

- Inflar los neumáticos a su debida presión cuando estén fríos
- Comprobar la presión de aire correcta semanalmente
- Verificar que las válvulas tengan su respectivo tapón
- Deben eliminarse y corregirse las fugas de aire

### **1.16.3- EFECTOS DEL CALOR**

El calor destruye los neumáticos cuando el vehículo es conducido a velocidades excesivas, dicha temperatura se eleva aun más cuando el neumático esta inflado por debajo de la presión

recomendada o soportando mayor peso que el indicado para esa presión de inflado. Los productos de caucho utilizados a temperaturas por encima de los 121 grados centígrados se debilitan y ablandan.

El resultado lógico de este ablandamiento en el caso de los neumáticos, es que la banda de rodadura queda expuesta a roturas, desgarramientos, agrietamientos y otros daños como:

- El material de las cuerdas de los neumáticos pierde fuerza
- El calor más un alto inflado hacen que el neumático sea altamente susceptible a explosiones
- Puede producirse debilitamiento después de algunos viajes y ocurrir la explosión en cualquier momento.

## **1.17. ESTUDIO TÉCNICO DE LOS ELEMENTOS Y SISTEMAS**

El aire comprimido ha experimentado en estos últimos tiempos un auge inusitado debido a su alto poder de adaptación a cualquier sistema de trabajo organizado, siendo evidente que sus cualidades innatas lo hacen recomendable para ejecutar labores que difícilmente pueden cubrir otras energías que carezcan de la flexibilidad que lleva implícita el aire comprimido.

### **1.17.1- INDICADORES EN LA PUERTA**

Para evitar estos problemas y mantener el neumático en óptimas condiciones. Revise la placa que se encuentra en el marco de la puerta de su vehículo. En ella se especifica la presión recomendada por el fabricante o consulte el manual del propietario

VEHICLE CAPACITY					COLD TIRE PRESSURE		
MAX. LOAD	WEIGHT	OCCUPANTS			FRONT	REAR	
		FRT	CTR	RR	TOTAL		
	1,100 lb. 499 kg	3		3	6	35 PSI 240 kPa	
TIRE SIZE	P205/75R15					SEE OWNER'S MANUAL FOR ADDITIONAL INFORMATION	

Fuente: El Mercurio

Figura 1.17 Indicador de la puerta

### 1.17.2.- NEUMÁTICOS INTELIGENTES

Las firmas más prestigiosas del mundo como Michelin y Good Year están diseñando diferentes sistemas que operan con sensores para controlar la presión del neumático brindando información adicional al conductor, lo que sin duda mejorara su seguridad y la de su vehículo.

Michelin por un lado esta implementando el sistema PAX en algunos vehículos, mientras que Good Year sigue desarrollando un sistema propio de características parecidas denominado EMT (Extended Mobility Tyre), que a más de medir la presión también monitorea la temperatura del neumático y sobre otros factores relativos a su seguridad.

Nokia también ha desarrollado un sistema para implementarlo a futuro el cual emplea El Sistema de Seguridad RoadSnoop, una patentada aplicación Bluetooth. Gracias a sus capacidades de conectividad, el sistema Bluetooth puede efectuar la transmisión de advertencias de la presión del neumático a diferentes aparatos: como por ejemplo al display de un teléfono móvil .

### 1.17.3.- ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS APLICADAS A NEUMÁTICOS

#### RoadSnoop

Realizar una inspección visual antes de salir a la carretera no es la única y, probablemente, la mejor manera de verificar la presión y estado del neumático. El Sistema de Seguridad RoadSnoop, patentado por Nokia, está diseñado para medir la presión del neumático constantemente. Si la presión de uno o más neumáticos varía mientras el vehículo rueda, aparece inmediatamente una alarma en el teléfono móvil del conductor.

Esta alarma previene de numerosos riesgos. La baja presión del neumático afecta a las prestaciones y la conducción del vehículo. Esta falta de presión no será destacable cuando el vehículo se desplaza en un tramo recto de carretera, pero el control del vehículo puede verse comprometido cuando frene, gire o se desvíe para evitar un obstáculo.

Otro de los beneficios del nuevo sistema de Nokia reside en los problemas que pueden acaecer a un neumático. Casi la mitad de los pinchazos son causados por una deficiencia debida a la baja presión de la cubierta, la cual da como resultado un aumento de la temperatura de rodado del neumático. También se aumenta considerablemente el riesgo de daño cuando se carga en exceso el vehículo. El sistema de control RoadSnoop descubre por igual los cambios más pequeños en presión del neumático y está diseñado para advertir antes de una situación peligrosa.

### **Instalación**

El Sistema de Seguridad RoadSnoop es una patentada aplicación Bluetooth. Gracias a sus capacidades de conectividad, el sistema Bluetooth puede efectuar la transmisión de advertencias de la presión del neumático a diferentes aparatos: en el display de un teléfono móvil .

La instalación del RoadSnoop se realiza cuando se compran los primeros neumáticos. Se instalan los sensores en las llantas y no se requiere ninguna modificación dentro del vehículo. Comenzar a utilizar RoadSnoop es fácil gracias a que el sistema se auto configura. Una vez instalado, el RoadSnoop permanecerá invisible mientras las presiones del neumático estén correctas. El display se mantendrá en estado de espera automático y la alarma saltará inmediatamente si se produce algún cambio en la presión o

temperatura del neumático. Naturalmente, también se puede consultar esta información en el display todas las veces que se quiera.

El RoadSnoop no requiere mantenimiento. Las baterías durarán aproximadamente cinco años y se pueden reemplazar haciéndolo coincidir con una sustitución de neumáticos. Los sensores, por su parte, pueden ser reinstalados en los nuevos neumáticos.

Además de automóviles de pasajeros, RoadSnoop está también diseñado para camiones, vehículos especiales y neumáticos con cámara. Además de mejorar la seguridad, también supone un importante ahorro al incrementar la vida del neumático (manteniendo las presiones correctas de rodadura), particularmente en vehículos pesados.

### **Ventajas**

Numerosas son las ventajas que aporta el RoadSnoop. Una de ellas es el ahorro de dinero que se consigue utilizando una correcta presión del neumático, ya que ésta reduce la resistencia a la rodadura. Conduciendo con presiones un 10 % demasiado bajas aumentará el consumo de combustible alrededor del 4%. Si la presión es 10% demasiado baja, el neumático ofrecerá un 30% menos de kilometraje antes de finalizar su vida útil.

Otra ventaja es la preservación del medioambiente. Por usar RoadSnoop, se puede estar seguro de que las presiones del neumático son correctas, con lo que se reduce el consumo de combustible y, por tanto, las emisiones contaminantes. Además, rodando con presiones correctas también se reduce la cantidad de neumáticos fuera de uso. Cuando se extiende su vida útil, como se consumen menos neumáticos nuevos, también se necesita consumir menos recursos naturales no renovables para producirlos.

### **El futuro**

Gracias a la constante conexión a Internet, el sistema RoadSnoop tiene otras muchas posibles utilidades. RoadSnoop podrá memorizar las

diferentes presiones del neumático durante el invierno, almacenarlas en Internet y mostrarlas cuando sea requerido.

RoadSnoop calculará las presiones del neumático correctas según la carga del vehículo, número de pasajeros o si se conecta un remolque. También alertará al conductor de las condiciones de tiempo cambiantes. Le advertirá por ejemplo, si hay una nevada a 100 Km. La alarma será particularmente fuerte si el automóvil está calzado todavía con neumáticos de verano.

En el futuro, el neumático en el automóvil podrá medir también la adherencia del pavimento. Se alertará al conductor si la calzada está resbaladiza. Al mismo tiempo, el equipo enviará la información al servidor RoadSnoop, el cual dispondrá de información en tiempo real de las condiciones de la carretera gracias a todos los vehículos equipados con el sistema. Con ayuda de los servidores de posicionamiento de la red del teléfono móvil, se puede advertir a los conductores de cuando se acercan a áreas arriesgadas. El sistema RoadSnoop también podrá detectar en que estado se encuentra el neumático, y recordar cual es el límite de kilometraje de seguridad que resta en los mismos.

#### **1.17.4.- TECNOLOGÍA CON APOYO: MICHELÍN PAX SYSTEM**

- **GOMAS DEL FUTURO ANILLO DE SOPORTE**

Se trata de una banda de goma o polímero, que es la encargada de soportar el peso del vehículo y mantener la «pisada» del neumático ante un pinchazo. Tiene un recubrimiento lubricante, para que su roce contra el neumático pinchado no genere demasiado calor. Sobre ella se está trabajando para reducir su peso, ya que es uno de los elementos que más contribuyen a que este tipo de rueda sea muy pesada.

La [llanta](#) puede ser de acero o de aleación ligera, y cuyos bordes o asientos no son simétricos. El de la cara interior es más pequeño para facilitar el montaje del anillo soporte.



Figura 1.18. Llanta Michelin

### **Detector de presión.**

Aunque no es un invento nuevo, ni funcionalmente necesario, es necesario indicar al conductor que se ha producido el pinchazo para que se mantenga dentro de los márgenes de seguridad para las nuevas condiciones (no superar los 80km/h), pues el Pax se ha diseñado para evitar un cambio brusco de comportamiento que supone la pérdida repentina de aire, además que podría ofrecer la posibilidad de combinarse con la gestión del motor del coche para reducir la velocidad a los límites aconsejados.

## **1.18. NEUMÁTICA Y CONTROL**

Las válvulas de control de dirección, más conocidas en la práctica como válvulas distribuidoras, son las que gobiernan el arranque, paro y sentido de circulación del aire comprimido. La misión que se encomienda a los distribuidores dentro de un circuito de automatización es la de mantener o cambiar, según unas órdenes o señales recibidas, las conexiones entre los conductos a ellos conectados, para obtener unas señales de salida de acuerdo con el programa establecido. Simultáneamente, los distribuidores actúan como transductores o como amplificadores, ya que controlan una potencia neumática con otra menor, también neumática, o de otra naturaleza: eléctrica o mecánica.

Es recomendable utilizar la simbología que a continuación se sugiere

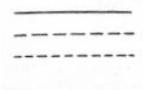
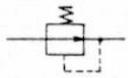
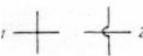
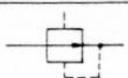
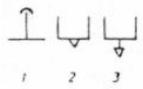
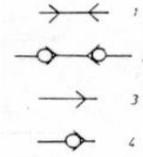
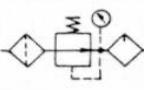
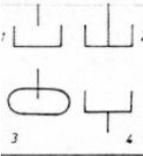
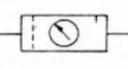
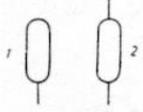
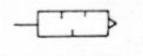
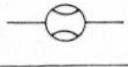
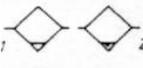
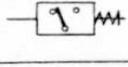
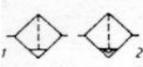
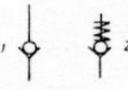
	Conductores 1 - de trabajo 2 - de pilotaje 3 - de purga o drenaje		Deshumidificador
	Conductor flexible		Lubricador
	Unión de conductores		Reductor de presión
	Cruce de conductores		Reductor de presión pilotado
	Purga de aire 1 - orificio de evacuación 2 - piso no conectable 3 - conectable por roscado		Manómetro (Indicador de presión)
	Acoplamientos rápidos 1 - Acoplado sin válvula anti-retorno. 2 - Acoplado con válvula anti-retorno. 3 - Acoplado simple 4 - Cerrada por válvula anti-retorno.		Grupo de acondicionamiento Filtro-Reductor, indicador de presión. Lubricador.
	Depósitos 1 - Conducciones por encima 2 - Conducciones por debajo del nivel del líquido 3 - Conducciones a presión 4 - Conducciones con depósito con carga		Grupo de acondicionamiento Esquema anterior simplificado
	Acumuladores 1 - Hidráulico 2 - Neumático		Inicio de instalación (presión)
	Silenciador		Medidor de temperatura (Termómetro)
	Filtro		Medidor de caudal
	Purgadores 1 - Mando manual 2 - Mando automático		Presostato
	Filtro con purgador 1 - Mando manual 2 - Mando automático		Válvula (símbolo general)
			Válvula directa (pilotaje neumático) Normalmente abierta
			Válvula inversa (pilotaje neumático) Normalmente cerrada
			Válvula antirretorno 1 - No regulada 2 - Regulada (tarada)

Figura 1.19 Simbología neumática

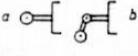
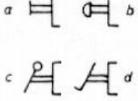
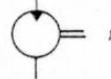
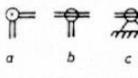
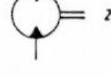
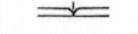
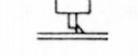
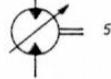
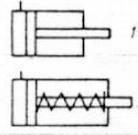
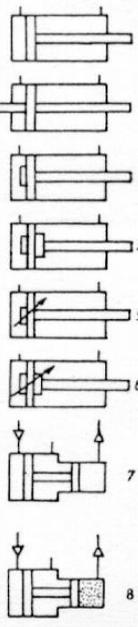
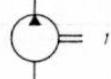
	<b>Mando mecánico</b> a – por rodillo b – por rodillo abatible		Convertidor de presión aire-aceite
	<b>Mando manual</b> a – símbolo general b – por pulsador c – por palanca d – por pedal		1 – Motor de caudal constante. Motor hidráulico no reversible
	<b>Mecanismos articulados</b> a – articulación simple b – articulación con palanca c – articulación con punto fijo		2 – Motor de caudal constante. Motor hidráulico reversible
	<b>Ejes rotativos</b> a – un solo sentido de rotación b – con dos sentidos de giro		3 – Motor de caudal constante. Motor neumático no reversible
	Dispositivo de mantenimiento de posición		4 – Motor de caudal variable no reversible
	Dispositivo de enclavamiento		5 – Motor de caudal variable reversible
	<b>Cilindros</b> 1 – de simple efecto 2 – de simple efecto con retorno por resorte		6 – motor térmico
	1 – de doble efecto 2 – de doble efecto con doble vástago 3 – de doble efecto con amortiguación al retorno 4 – de doble efecto con amortiguación a la ida y retorno 5 – de doble efecto con amortiguación regulable al retorno 6 – de doble efecto con amortiguación regulable a la ida y retorno 7 – multiplicador de presión con fluido de la misma naturaleza 8 – multiplicador de presión con fluidos de distinta naturaleza (aire-aceite)		1 – Bomba de caudal constante, compresor. Bomba hidráulica no reversible 2 – Bomba de caudal constante, compresor. Bomba hidráulica reversible 3 – Bomba de caudal constante, compresor no reversible 4 – Bomba de caudal variable, no reversible 5 – Bomba de caudal variable, reversible 6 – Bomba de vacío

Figura 1.20 Simbología neumática continuación

	Válvula antirretorno pilotada 1 - Al cierre 2 - A la apertura														<p>Distribuidores</p> <p>a) Distribuidor de 2 posiciones b) Distribuidor de 3 posiciones con posición intermedia de paso c) Distribuidor de 3 posiciones indistintas</p> <p>Vías interiores</p> <p>1 - 1 vía 2 - 2 vías paralelas 3 - 2 vías cruzadas 4 - 2 orificios cerrados 5 - 2 vías en conexión transversal en by-pass 6 - 2 orificios cerrados y 2 vías en paralelo 7 - 1 orificio cerrado y 2 vías en paralelo 8 - 1 orificio cerrado y 2 vías en paralelo 9 - 4 orificios cerrados</p> <p>Distribuidores 2 p, 2 v</p> <p>1 - Accionamiento manual 2 - Accionamiento neumático con retorno por resorte</p> <p>Distribuidor de 2 p, 3 v</p> <p>Accionamiento neumático en los dos sentidos</p> <p>Distribuidor de 2 p, 4 v</p> <p>Accionamiento neumático en los dos sentidos</p> <p>Distribuidor de 2 p, 5 v</p> <p>Accionamiento neumático en un sentido y retorno por resorte.</p> <p>Mando de distribuidores</p> <p>1 - Mando por fluido directo 1a - por presión 1b - por depresión (falta pres.) 2 - Mando por fluido indirecto 2a - por presión 2b - por depresión 3 - Mando combinado 3a - por electroimán y distribuidor piloto 3b - por electroimán o distribuidor piloto 4a - equivale a 3a 4b - equivale a 3b 5 - Mando eléctrico 5a - por electroimán (un arrollamiento) 5b - por electroimán (dos arrollamientos) 5c - por motor eléctrico</p> <p>Mando mecánico</p> <p>a - por pulsador b - por resorte (muelle)</p>										
	Selector de circuitos		Regulador de caudal en un solo sentido		Válvula de escape rápido		Limitador de presión (Válvula de seguridad)		Limitador de presión pilotado		Limitador proporcional de presión		Reductor de presión pilotado		Reductor diferencial de presión		Reductor proporcional de presión		Regulador de caudal (a) Simplificado		Regulador de caudal con retorno al depósito (a) Simplificado		Divisor de caudal		Válvula de estrangulamiento (a) Simplificado

Figura 1.21 Simbología neumática (continuación)

## 1.19. COMPRESORES <sup>1</sup>

El elemento central de una instalación productora de aire comprimido es el compresor. Ver figura 1.22

La función del compresor neumático es aspirar aire a presión atmosférica y comprimirlo a una presión mas elevada.

La compresión es el proceso mediante el cual se eleva la presión de un fluido gaseoso por una disminución de su volumen. Por consiguiente, un compresor es una máquina destinada a elevar la presión de un fluido gaseoso.

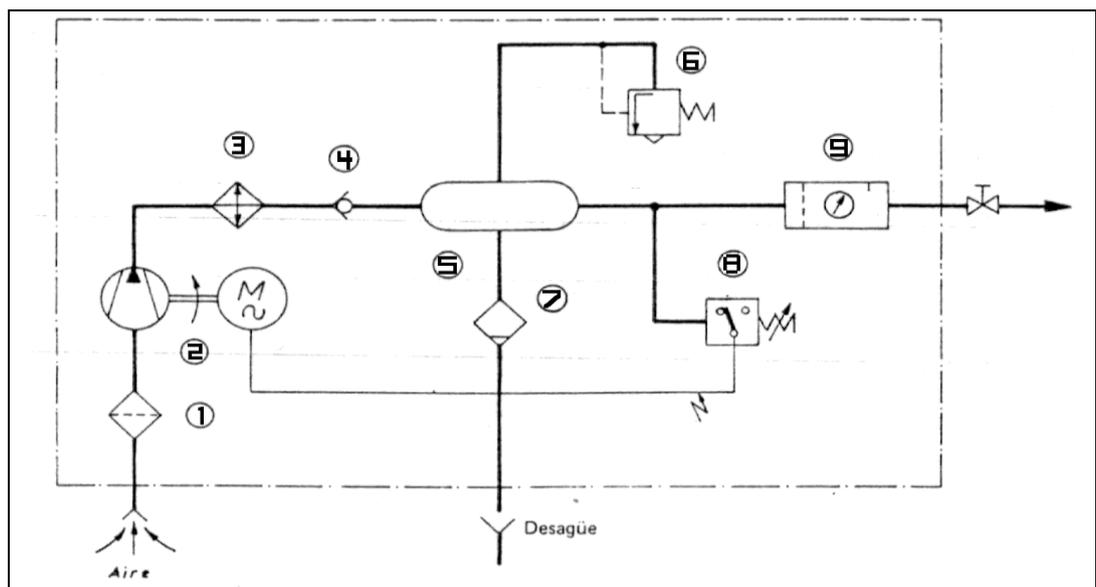


Figura 1.22 Grupo compresor.

### Partes:

1. Filtro
2. Grupo motocompresor.

3. Refrigerador.
4. Válvula antiretorno.
5. Acumulador de aire, recipiente.
6. Válvula de seguridad.
7. Purgador manual.
8. Presostato. La función de este elemento es que cuando él depósito alcanza la presión máxima, manda una señal de paro al motor.
9. Conjunto de: filtro - indicador de presión – engrasador.

Las características técnicas a valorar en los compresores son: el caudal suministrado en l/min. (Para compresores pequeños) o en m<sup>3</sup>/min. Y por la relación de compresión, siendo esta última la presión alcanzada en bar, kp/cm<sup>2</sup>.

Los compresores se clasifican en:

### **Compresores volumétricos**

- Alternativo de pistón, de simple y doble efecto
- Paletas
- Helicoidal o de tornillo
- Roots o pistones rotativos
- Anillo líquido
- Membrana

### **Compresores dinámicos**

- Centrífugos, axiales o radiales
- Eyectores

En el compresor volumétrico es la reducción de un volumen por el desplazamiento de un pistón alternativo o por la acción de un elemento rotativo quien provoca un aumento de la presión.

En un compresor dinámico el fluido recibe una aceleración mediante los rotores imprimiéndole una gran velocidad, siendo esta última convertida en presión en los difusores y volutas. Es decir, se fundamentan en la transformación de la velocidad en presión.

El campo de utilización de los compresores viene estipulado por su caudal, habitualmente medido en condiciones de admisión y su relación de compresión.

## **1.20. MANDOS DIRECCIONALES**

Los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, elementos de mando y una parte de trabajo. Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo de los elementos de trabajo y se denominan válvulas.

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por una bomba hidráulica o almacenado en un depósito. En lenguaje internacional, el término "válvula" o "distribuidor" es el término general de todos los tipos tales como válvulas de corredera, de bola, de asiento, grifos, etc.

Según su función las válvulas se subdividen en 5 grupos:

1. Válvulas de vías o distribuidoras.
2. Válvulas de bloqueo.
3. Válvulas de presión.
4. Válvulas de caudal.
5. Válvulas de cierre.

### **1.20.1. Válvulas distribuidoras**

Estas válvulas son los componentes que determinan el camino que ha de tomar la corriente de aire, a saber, principalmente puesta en marcha y paro (Start-Stop).

Se entiende por número de vías el número máximo de conductos que pueden interconectarse a través del distribuidor. (Ver figura 1.23 y 1.24)

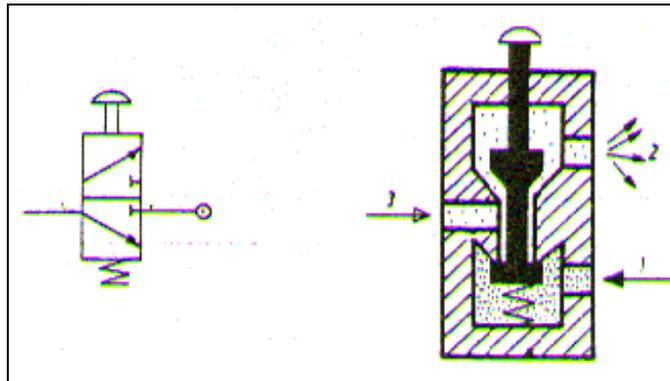


Figura 1.23 Válvula de tres vías

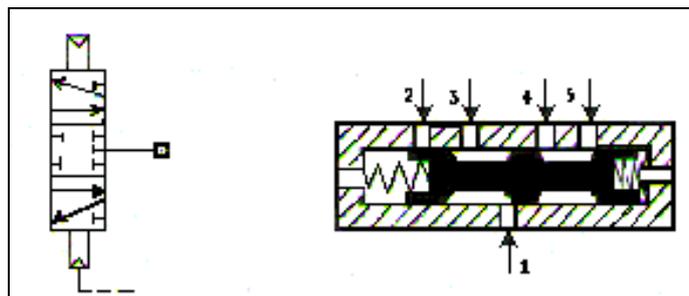


Figura 1.24 Válvula de cinco vías

El número de posiciones es el de conexiones diferentes que pueden obtenerse de manera estable entre las vías del distribuidor. (Ver figura 1.25 y 1.26)

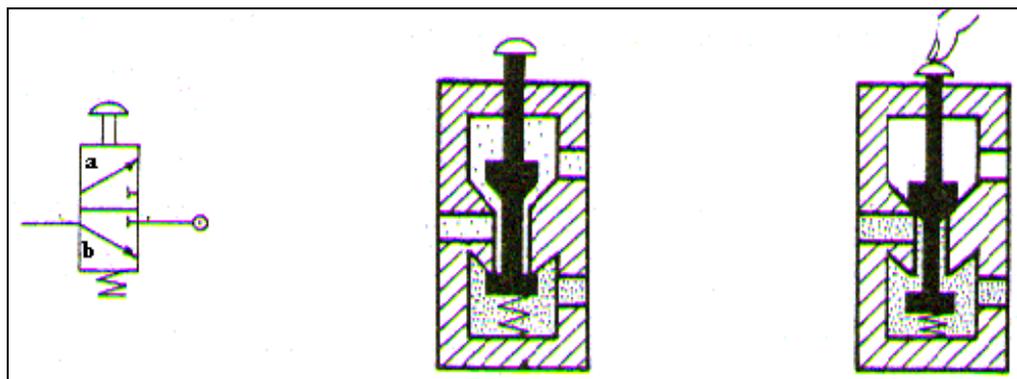


Figura 1.25 Válvula de dos posiciones

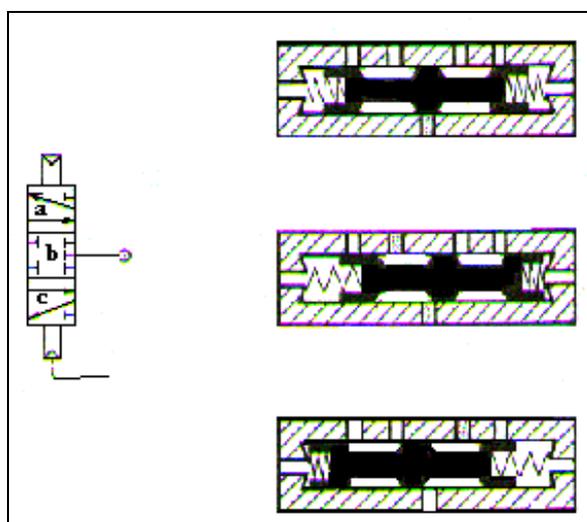


Figura 1.26 Válvula de tres posiciones

Las válvulas de vías se designan en los catálogos de los fabricantes por el número de las vías controladas y de las posiciones de maniobra estables.

Así, una válvula 3/2 vías quiere decir que posee tres vías y dos posiciones de maniobra. Hay que observar que la primera cifra es siempre indicativa del número de vías, indicando la segunda el número de posiciones.

Para evitar errores durante el montaje y, además, para identificarlos, se indican con letras mayúsculas o números.

Según DIN 24300 , se indica así: ver figura 1.27

P = alimentación de aire comprimido

A,B, = salidas de trabajo

R,S, = escape de aire

X,Y,Z = conexiones de mando

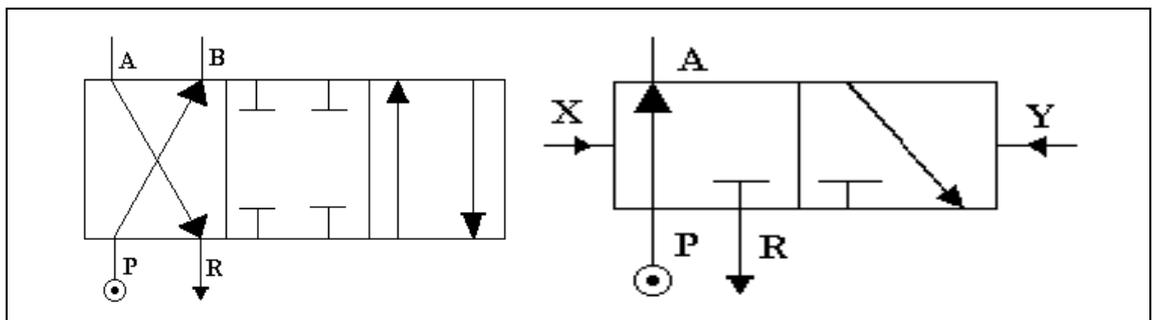


Figura 1.27.Designación de vías.

### 1.20.2. ELECTROVÁLVULAS (VÁLVULAS ELECTROMAGNÉTICAS)

Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presostato o mandos electrónicos. En general, se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión.

Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas se dividen en válvulas de mando directo o indirecto. Las de mando directo solamente se utilizan para un diámetro luz pequeño, puesto que para diámetros mayores los electroimanes necesarios resultarían demasiado grandes.

Válvula distribuidora 3/2 (de mando electromagnético)

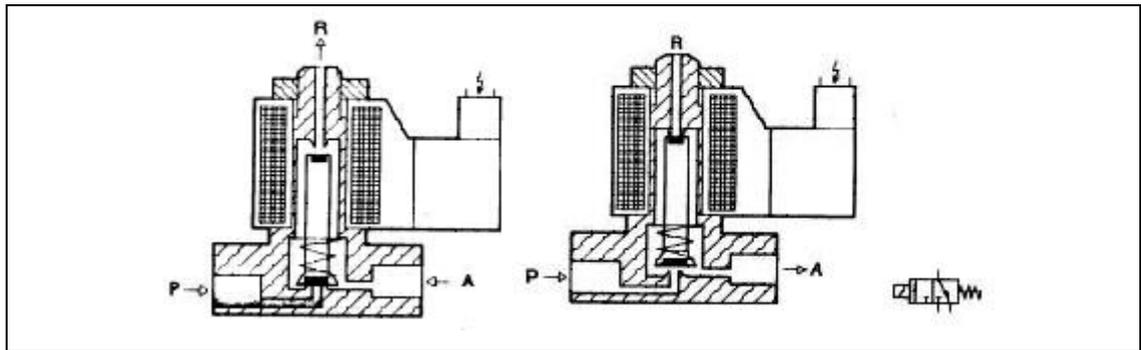


Figura 1.28 Esquema de una electro válvula

Al conectar el imán, el núcleo (inducido) es atraído hacia arriba venciendo la resistencia del muelle. Se unen los empalmes P y A. El núcleo obtura, con su parte trasera, la salida R. Al desconectar el electroimán, el muelle empuja al núcleo hasta su asiento inferior y cierra el paso de P hacia A. El aire de la tubería de trabajo A puede escapar entonces hacia R. Esta válvula tiene solapo; el tiempo de conexión es muy corto.

Para reducir al mínimo el tamaño de los electroimanes, se utilizan válvulas de mando indirecto, que se componen de dos válvulas: Una válvula electromagnética de servo pilotaje (de diámetro nominal pequeño) y una válvula principal, de mando neumático.

### 1.20.3. Reguladores de presión <sup>2</sup>

El montaje de los reguladores de presión en las conducciones de aire comprimido, tiene como misión principal mantener estables las condiciones de funcionamiento requeridas.

Las características de un regulador deben estar referidas a la regulación y al caudal. La primera determina la posibilidad de que el regulador mantenga una presión de utilización constante, independientemente de las variaciones en la presión de entrada.

<sup>2</sup> Aire comprimido

Las características de caudal demuestran la capacidad del regulador para mantener la presión de salida constante, a pesar de las variaciones en el caudal de aire comprimido. De ello se deduce que, cuando mayor es la diferencia entre presión de entrada y presión de salida, tanto más ventajosa o favorable es la característica del caudal. Por este motivo, en ningún caso se debe hacer una reducción de presión por saltos, es decir, no hay que conectar nunca en serie varios reguladores.

#### **1.20.4. Funcionamiento de los reguladores de presión**

En la figura 1.29 explica de una manera concisa el comportamiento de un regulador de presión. Se gira el botón de ajuste (A) a fin de que se contraiga el muelle (B) lo suficiente hasta que la presión regulada que se desea obtener aparece en el manómetro. La carga es transmitida por intermedio del diafragma flexible (C) del regulador a la válvula (D), que en consecuencia se abre. La parte inferior del diafragma está conectada a la salida del regulador mediante un tubo de sifón (E). Al aumentar la presión regulada, la fuerza debajo del diafragma aumenta así mismo, obligando al diafragma a comprimir el muelle de ajuste hasta que se alcanza un equilibrio. El excedente de presión es eliminado por el orificio de escape. La presión fijada puede mantenerse a voluntad apretando hacia abajo la llave de paso

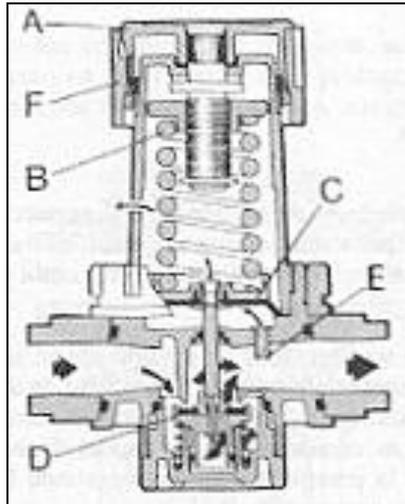


Figura 1.29 Regulador de presión en corte

Los reguladores de presión se identifican por dos funciones o relaciones conocidas como “características de regulación “ y características de caudal”.

Las “características de caudal” establecen la relación entre la presión regulada y el caudal o cantidad de fluido que circula a través del regulador, siendo la presión secundaria independiente.

Las “características de regulación” establecen la relación entre la presión regulada (presión secundaria) y la primaria o presión de suministro. Idealmente, la presión secundaria no debería sufrir alteración alguna aunque la presión primaria fluctúe sensiblemente. Sin embargo, las condiciones ideales nunca se obtienen con exactitud en la práctica.

### 1.20.5 VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN.

Es un componente de todo equipo productor de aire comprimido, pero apenas se emplea en los equipos neumáticos.

La válvula limitadora de presión sirve para seguridad, puesto que, al sobrepasarse la presión máxima permitida en el sistema, abre hacia la atmósfera libre el orificio de salida y escapa el exceso de presión hasta el

valor nominal, cerrándose el orificio de escape por la fuerza de un muelle.  
(Ver figura 1.30)

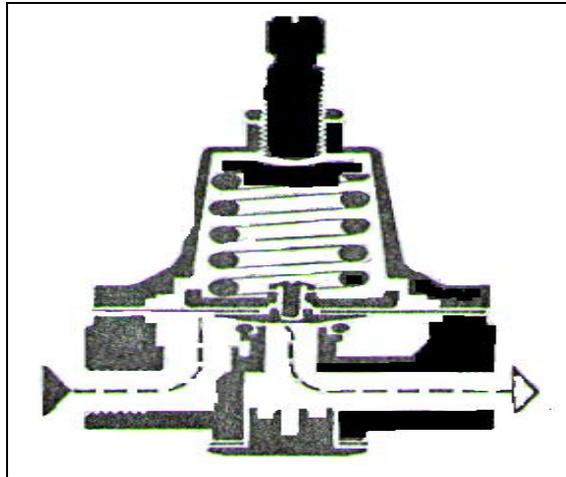


Figura 1.30 Limitadora de presión

En los casos en que sea posible un incremento elevado de presión de tipo instantáneo, hay que colocar una válvula limitadora de presión entre la válvula reductora y el sistema neumático. Para montar

una válvula limitadora de presión en una tubería del circuito ha de hacerse en derivación. ( figura 1.31)

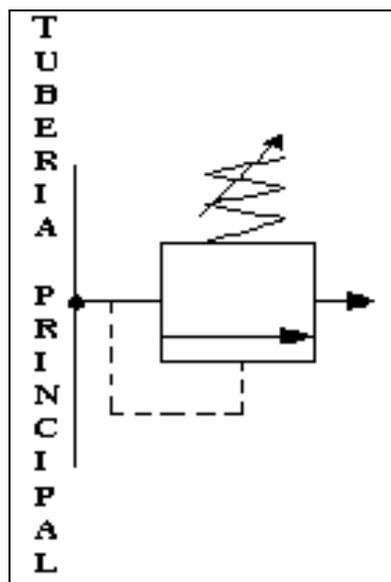


Figura 1.31. Conexión de la limitadora de presión

### **1.20.6. VÁLVULA REGULADORA DE CAUDAL**

Las válvulas reguladoras de caudal se pueden dividir en dos grandes grupos:

- a) Reguladores unidireccionales
- b) Reguladores bidireccionales

Los reguladores unidireccionales permiten la libre circulación del aire en un sentido, y en el contrario intercalan una estrangulación que fija el caudal del aire una vez determinada la presión. La estructura básica de un regulador de caudal unidireccional equivale a una válvula antiretorno en paralelo con una estrangulación ajustable montadas en un mismo cuerpo.

Los reguladores bidireccionales regulan el paso del aire en ambos sentidos. Su estructura básica es similar a la de los reguladores unidireccionales pero anulando el antiretorno.

Si la regulación del aire de escape se hace entre el distribuidor de mando y el cilindro, debe utilizarse reguladores de caudal unidireccionales.

Si la regulación se hace entre el distribuidor y la atmósfera, se utilizan los reguladores bidireccionales conectados en los orificios de escape del distribuidor de mando. En este caso pueden utilizarse también los restrictores-silenciador, que están constituidos por una válvula reguladora de caudal bidireccional y un silenciador.

### **1.20.7. TUBERÍAS<sup>3</sup>**

<sup>3</sup> Aire comprimido

Para el transporte del aire desde la central del compresor hasta los lugares de utilización se emplea una red de conducciones conocidas bajo el nombre genérico de tuberías.

Se pueden considerar tres tipos de tuberías:

- Tubería principal, llamada también tubería madre;
- Tuberías secundarias;
- Tuberías de servicio.

- **Tubería principal**

Se denomina tubería principal a la línea de aire que sale del depósito y canaliza la totalidad del caudal de aire. Debe tener la mayor sección posible y prever un margen de seguridad en cuanto a posteriores crecimientos de fábrica y como resultado, a un aumento de la central de compresores.

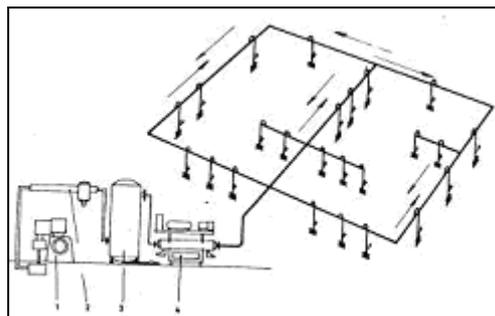


Figura 1.32 Instalación de tuberías

- **Tuberías secundarias**

Son las que toman el aire de la tubería principal, ramificándose por las zonas de trabajo, y de las cuales salen las tuberías de servicio.

El caudal de aire que transportan será el correspondiente a la suma de los caudales parciales que de ella se deriven. Al mismo tiempo, es conveniente pensar en alguna futura ampliación al calcular su diámetro.

- **Tuberías de servicio**

Las tuberías de servicio, o bajantes, son las que alimentan a las herramientas o equipos neumáticos en el punto de manipulación.

Llevan los acoplamientos de cierre rápido e incluyen las mangueras de aire, así como los grupos filtro-regulador-engrasador.

Se requiere dimensionarlas conforme al número de salidas o tomas, procurando no colocar más de dos o tres acoplamientos rápidos en cada una de ellas. Y evitar poner tuberías de servicio inferiores a  $\frac{1}{2}$ " $\varnothing$ , ya que si el aire está sucio puede cegarlas.

La velocidad máxima del aire es de 15 m/segundo. Las tuberías demasiado pequeñas causan altas velocidades de circulación de aire, haciendo difícil la separación por métodos mecánicos de las partículas contaminantes en suspensión.

### **1.20.8 Filtros <sup>4</sup>**

La contaminación del aire atmosférico es grande, por lo cual se utiliza un filtro en la instalación de aire comprimido.

<sup>4</sup> Aire comprimido

Los filtros son los encargados de eliminar residuos de humedad y polvo que circulan a lo largo de las tuberías.

Normalmente, el elemento filtrante es de 50 micras, adecuado para la mayoría de las tareas que se realizan en una factoría.

Como se aprecia en la figura 1.33 el aire que entra en el filtro a través de persianas de dirección (A) que por la forma de sus paletas le confiere un movimiento de rotación. Las partículas líquidas son arrojadas contra la pared interior de la cubeta por la fuerza centrífuga y, a continuación, van a parar a la base de la cubeta donde hay un tabique (B) que cuida de mantener una “zona de calma” y de impedir que la turbulencia aspire el líquido y lo devuelva al caudal de aire. El aire pasa entonces por el filtro de bronce sintetizado (C), donde quedan retenidas las partículas mayores que el tamaño del poro, saliendo limpio de contaminantes sólidos inferiores a la micra. Cuando el nivel del líquido alcanza una cota fijada de antemano, el mecanismo de purga automática abre la válvula inferior de vaciado en el momento en que el líquido concentrado levanta el flotador (D) provocando el drenaje del líquido acumulado. En los filtros de purga manual se acciona el grifo de purga.

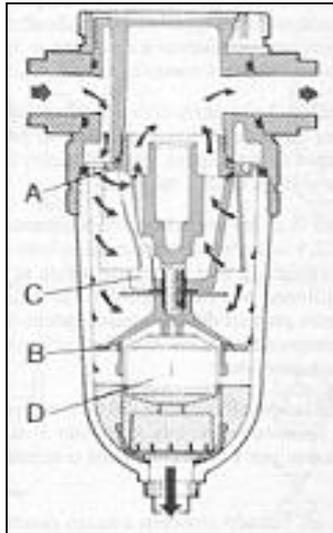


Figura 1.33 Partes del filtro.

El depósito del filtro es de materia plástica transparente muy resistente al impacto y a la compresión. Soportan una presión máxima de 10 bar y una temperatura de 50°C.

Si se precisan presiones y temperaturas superiores, se recurre a cubeta metálica.

#### 1.20.8.1. Filtro de Succión

Nuestro compresor utiliza para su protección un filtro destinado a retener partículas sólidas en la aspiración.

Con la introducción de compresores y válvulas con alto grado de precisión, operación a presiones elevadas y altas eficiencias, el empleo de filtros de succión no es protección suficiente para el sistema, si se quiere obtener una larga vida del mismo.

El propósito de la filtración no es solo prolongar la vida útil de los componentes neumáticos, si no también evitar paradas producidas por la

acumulación de impurezas en las estrechas holguras y orificios de las modernas válvulas y servo válvulas

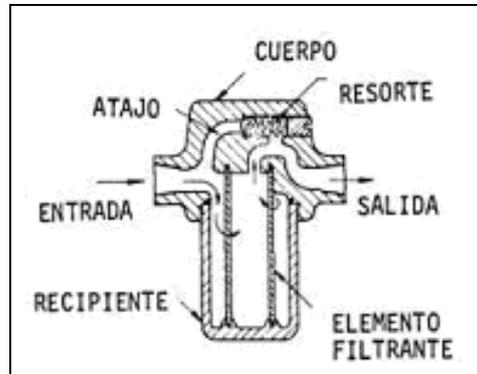


Figura 1.34. Filtro de succión.

La figura 1.34 nos muestra un filtro micronico que puede ser empleado en el retorno o el envío, el elemento filtrante de papel impregnado en fibra de vidrio, metal sinterizado, u otros materiales puede ser removido desenroscando el recipiente.

#### 1.20.8.2. Filtro en Línea.

Una configuración popular y económica es el filtro en línea que también lleva incluida una válvula de retención, su desventaja consiste en que hay que desmontar la tubería para su mantenimiento.

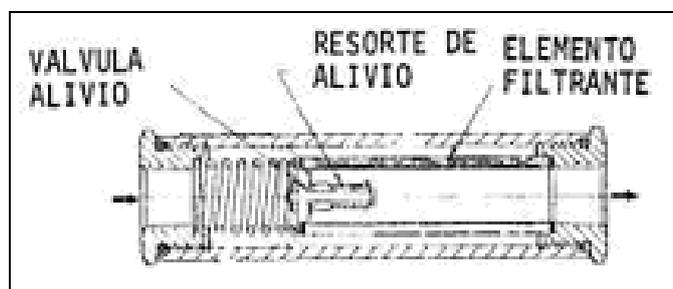


Figura 1.35. Filtro en línea

#### 1.20.8.3 En la línea de presión.

La figura 43 vemos un filtro instalado a la salida de la bomba y delante de la válvula reguladora de presión y alivio. Estos filtros deben poseer una estructura que permite resistir la máxima presión del sistema. Por seguridad deben poseer una válvula de retención interna. La máxima pérdida de carga recomendada con el elemento limpio es de 5 PSI.

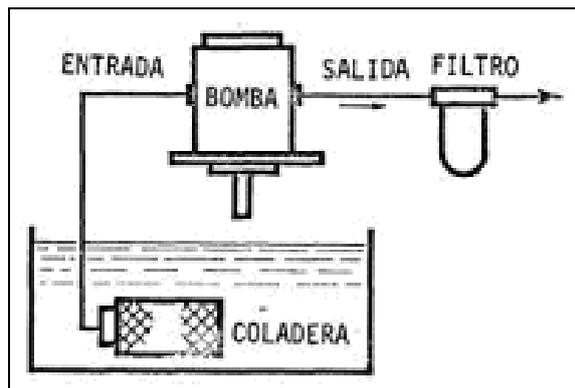


Figura 1.36 Filtro en la línea de presión

### 1.20.9. DEPÓSITOS

La función que cumple un depósito en una instalación de aire comprimido es múltiple:

- a) Amortiguar las pulsaciones del caudal de salida de los compresores alternativos.
- b) Permitir que los motores de arrastre de los compresores no tengan que trabajar de manera continua, sino intermitente.
- c) Hacer frente a las demandas punta del caudal sin que se provoquen caídas de presión en la red.

Por lo general, los depósitos son cilindros, de chapa de acero, y van provistos de diversos accesorios tales como un manómetro, una válvula de seguridad y una llave de purga para evacuar los condensados, así como un presostato para arranque y paro del motor. Los depósitos para pequeños compresores suelen ir montados debajo mismo del compresor y en sentido

horizontal. Para grandes caudales suelen estar separados, montados después del refrigerador en posición vertical.

Los factores que influyen más decisivamente en el dimensionado de los depósitos son:

- a) El caudal del compresor
- b) Las variaciones de la demanda
- c) El tipo de refrigeración, que determina unos períodos aconsejables de para o marcha en vacío.

## **II. DISEÑO DEL SISTEMA DETECTOR DE PRESIÓN Y RECARGA DE NEUMÁTICO**

### **2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los sistemas de seguridad y accesorios de los vehículos van mejorando, proporcionando al conductor y pasajeros mayor seguridad y confianza al viajar, sistemas que van desde accionamientos automáticos de los limpiaparabrisas hasta sistemas de piloto automático, van haciendo que tengamos progresivamente vehículos que se conducen por sí solos.

Es común encontrar vehículos varados con neumáticos desinflados, en las calles de la ciudad sin importar que sean de primer orden. Es alta la frecuencia con la que el conductor debe revisar el estado de la presión de los neumáticos, pues una deficiente presión de inflado de estos, causan un incremento considerable en el consumo de combustible, disminuye la eficiencia de frenado, endurecen o desvían la dirección provocan un desgaste anormal de los neumáticos, restan potencia al motor, y se

incrementa el consumo de recursos no renovables, que en si viene a ser la materia prima con la cual se fabrican los neumáticos.

La mayoría de los conductores, alrededor del 60%, ha pinchado alguna vez mientras conducía, un contratiempo molesto e inesperado que por desgracia muchas veces acaba en accidente grave.

Quien esta informado del valor de presión de los neumáticos para asegurar el buen comportamiento del vehículo en caso de frenadas bruscas, o situaciones de emergencia adversas e impensadas, además de que influyen en el consumo de combustible y en la misma duración del neumático.

Este tipo de accidentes aumenta notablemente cuando se circula por autovías o autopistas, donde normalmente se conduce a mayor velocidad. Asimismo se revela que la tercera causa de siniestros en este tipo de vías es la explosión causado por el exceso de velocidad además del desgaste, la mala presión o el pinchazo.

También influye la antigüedad del vehículo, pues los que tienen entre 5 y 15 años sufren más accidentes relacionados con las cubiertas.

Existen algunas normas para saber reaccionar con seguridad en caso de pinchazo o reventón. Es fácil darse cuenta de que se ha pinchado una rueda porque al escaparse el aire despacio, se van notando vibraciones en el volante o en la parte posterior del vehículo.

Ante la necesidad de mejorar las condiciones de conducción y evitar accidentes de tránsito, con esta investigación se pretende diseñar un sistema que mejore la seguridad activa del vehículo, proporcionando aire a las ruedas permanentemente en caso de fugas, manteniendo la presión especificada, y con un sistema de alerta a bordo del vehículo le informará de

las anomalías en la presión de nuestros neumáticos, después nosotros podremos, con solo apretar un botón, reparar la anomalía y restaurar la presión adecuada. Por lo tanto es importante poder adaptar la presión de los neumáticos al terreno tratando de perder el menor tiempo posible.

En el país son pocos los sistemas realizados por manufactura ecuatoriana, por eso se crea la necesidad de diseñar y construir un sistema detector de presión y recarga de neumáticos que pueda acoplarse a vehículos livianos con extremada sencillez y resistencia.

## **2.2 DETECTOR DE PRESIÓN DE INFLADO DE LOS NEUMÁTICOS (BOSCH).**

Entre los sistemas expuestos, uno de los más complejos es el descrito a continuación. En la figura de abajo podemos ver un esquema de un sistema de control de presión. Figura 2.1

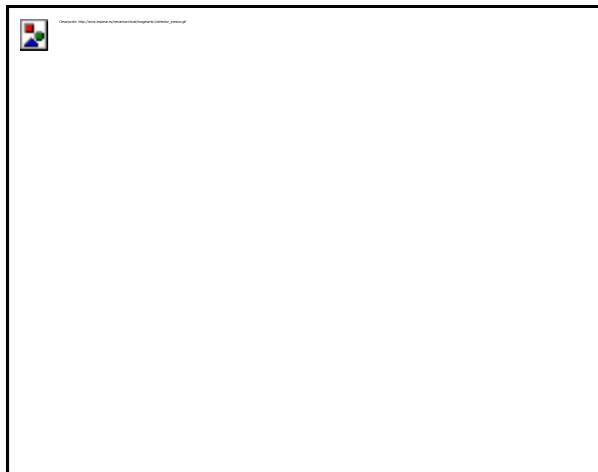


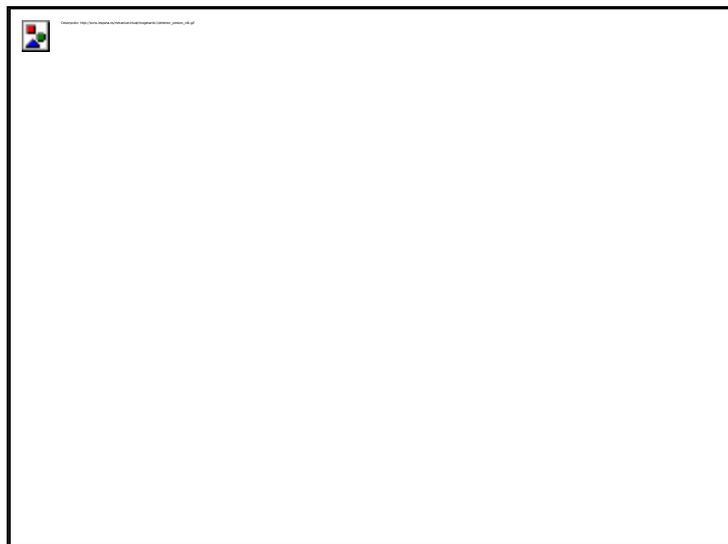
Figura 2.1. Detector de presión

La base de este circuito esta constituida por el captador de alta frecuencia, que permanece anclado a la carrocería, conectado a la corriente de batería y en una posición estática. Sujeto a la rueda y enfrentado a cada vuelta al captador se encuentra un piezo interruptor, que va ubicado en la misma llanta de la rueda y que en uno de sus extremos está en contacto con

la presión interna que existe en la cámara del neumático. Cuando la rueda da una vuelta completa, el captador de alta frecuencia y el piezo interruptor coinciden y pasan muy próximos el uno al otro a través de una separación o entrehierro relativamente pequeño.

Cuando la presión en el interior del neumático decrece por debajo de un nivel determinado, por ejemplo, 0,2 bar, el piezo interruptor pierde presión y se retira por la acción de su muelle. Esto hace que su contacto interno cierre el circuito. En este momento se forma entre el detector de presión y el captador de alta presión un circuito resonante que, al cambiar de frecuencia, modifica su acoplamiento en el circuito secundario del captador, lo que transforma éste en un impulso que puede ser recogido por un circuito amplificador, de modo que pueda mandar información a una luz testigo que se ilumina en el panel de instrumentos. Al recibir esta señal, el conductor sabe que esta circulando con una de sus ruedas con baja presión.

El principio de funcionamiento descrito lo ha puesto en practica la casa BOSCH en colaboración con la casa PORSCHE. El sistema recibió el nombre de las siglas RDK y tiene algunas variantes con referencia al principio de funcionamiento que hemos descrito anteriormente. En este caso el interruptor (1) del esquema de abajo va provisto de membrana, esta fijado a la llanta. Por cada rueda van fijados dos interruptores de membrana.



## Figura 2.2 Sistema RDK

El transmisor de alta frecuencia (2) está instalado en la pinza de freno. Esta pinza se encuentra anclada y, por lo tanto, fija. La información mandada por el transmisor de alta frecuencia va como información a la computadora que recibe también información de las revoluciones por minuto a la que gira la rueda. Estos dos parámetros le sirven para elaborar una señal que manda al panel de instrumentos donde se encuentra un display que distingue la posición de cada una de las ruedas a que hace referencia la alarma. Cuando la presión no es la correcta, aparece una flecha que señala la rueda donde se está produciendo el defecto y que actúa, en una primera etapa, de forma parpadeante. Si el conductor no revisa la rueda y el estado de la presión de inflado empeora, la flecha sigue parpadeando. Al mismo tiempo, el color del display pasa de naranja a rojo y, si la situación es peligrosa, la flecha permanece encendida.

El valor de la presión de inflado también depende de la temperatura, el sistema RDK tiene en su computadora un analizador termo compensador. Este dispositivo es capaz de considerar la temperatura para reconocer el umbral de presión adecuado en todo momento, considerando normales los aumentos de presión a medida que aumenta la temperatura.

La precisión del sistema RDK se encuentra dentro de la tolerancia de más o menos 0.05 bares, lo que da idea de la exactitud con la que informa al usuario del estado de presión de cada una de las ruedas.

### **2.3 SISTEMA DE CONTROL DE AIRE VDO**

Este sistema existente en una reducida parte del parque automotor pesado, funciona de la siguiente manera.

Ante cualquier disminución de la presión por mínima que sea, en uno o más neumáticos, el sistema VDO informa al conductor sobre la existencia y localización del problema, al tiempo que comienza de manera instantánea el

proceso de inflado, garantizando mantener la presión adecuada, de forma permanente, tal como fue calibrada en frío. Es decir que permite en forma constante y automática conocer y regular la calibración de los neumáticos, manteniendo la presión predeterminada en frío, aún en caso de pinchaduras y con el vehículo en movimiento.

El Calibrador VDO funciona alimentándose de aire del tanque auxiliar de la unidad (1). Luego es transportado por un tubo hasta un exclusivo filtro de aire que garantiza máxima pureza, por condensar aceite, sustancias grasas y sólidas (2). Una vez filtrado el aire, llega hasta el tablero de control VDO donde se concentran todas las operaciones de funcionamiento del equipo y todas las señalizaciones que brinda (3). Desde allí el aire es redistribuido por el circuito de presión hasta los diferentes neumáticos (4). Los rotores son los encargados de permitir el paso del aire a los mismos (5), como lo indica la figura 2.3.



Figura 2.3. Sistema VDO

- **Ventajas del Calibrador VDO**
- Mayor vida útil para los neumáticos
- Aumenta la seguridad en la ruta
- Disminuye el consumo de combustible
- Evita reventones por baja presión
- Evita paradas imprevistas, asegurando el cumplimiento de horarios
- Protege el medio ambiente.

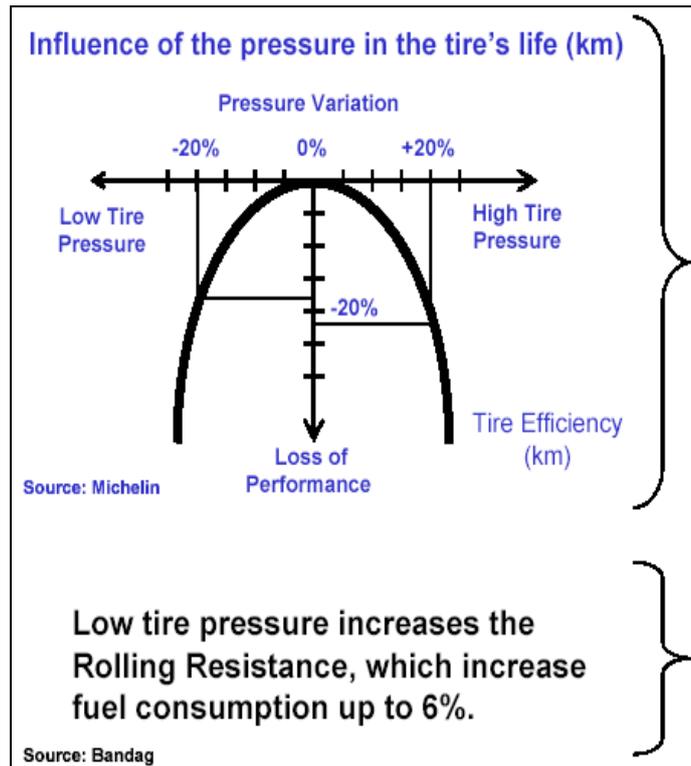


Figura 2.4. Influencia de la presión en la vida de los neumáticos.

## 2.4 FACTOR DE DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMÁTICO

Para el diseño del circuito neumático hay que tener presente los siguientes parámetros técnicos.

La distribución de aire hasta los neumáticos debe estar exenta de fuga para la efectividad del sistema. El depósito y acumulador que utilizemos, cumplirán varias funciones y en general servirán para compensar las fluctuaciones de la presión en todo el sistema de distribución y para separar el agua de condensación, a través de un tornillo de evacuación.

El depósito lo ubicaremos directamente a continuación del compresor y debe estabilizar los impulso de presión procedente del compresor. En la mayoría de los casos debe servir también de acumulador

para toda la red y adicionalmente contribuir a la refrigeración del aire comprimido y a la separación de la condensación producida.

En este sistema neumático se tomara muy en cuenta la velocidad de circulación y la caída de presión en las tuberías así como la estanqueidad de la red, conduciendo el aire a los puntos de toma para cada neumático.

El sistema debe subdividirse en secciones con el fin de realizar el mantenimiento en forma periódica y en las reparaciones evitar pérdidas de aire que puedan ocasionar accidentes por la mala manipulación de las tuberías.

#### **2.4.1 FACTOR DE INSTALACIÓN**

Para que el diseño pueda aplicarse a vehículos livianos debe cumplir con lo siguiente:

- Dimensiones relativamente pequeña
- El sistema debe trabajar en forma silenciosa especialmente el compresor
- Los acoples a los neumáticos deben ser prácticos y funcionales
- El sistema no deberá ser un consumo de potencia notable para el motor.

#### **2.4.2 FACTOR DE SEGURIDAD**

- El sistema debe tener la capacidad de bloquearse de forma automática o semiautomática en caso de pinchadura total del neumático
- Los acoples instalados exteriormente al neumático no deben representar riesgos a terceros
- El sistema no representara daños de incendio o explosión del deposito de aire que ocasionen daños a sus ocupantes.

#### **2.4.3.ESQUEMA GENERAL DEL CIRCUITO**

Los aspectos y requerimientos que han de tomarse en cuenta para la ejecución del proyecto, nos permitirá determinar los elementos

disponibles en el mercado, y adaptarlos al vehículo técnicamente con el objetivo de constituirse en un asistente permanente para el conductor.

## **2.5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA**

El sistema detector de presión y recarga de neumático se alimenta de aire generado por el compresor, el cual gira con transmisión de movimiento del motor y cuando los requerimientos del sistema lo sugiera, el mismo que mantendrá al acumulador en su capacidad de servicio para el circuito neumático.

A la salida del acumulador esta ubicado un filtro que permite condensar el aceite, atrapar sustancias grasas o partículas de agua a fin de conseguir un aire limpio que no ocasionen daños al equipo de control principal, el mismo que esta constituido por electroválvulas de control de apertura y cierre ON – OFF, las mismas que ayudan a mantener la presión en el sistema.

Una vez que obtenemos la presión adecuada de aire, la electroválvula deja pasar aire hacia el neumático, una vez que el transductor de presión, detecta baja presión, en el circuito, neumático y compensa enseguida de aire al neumático una vez que haya generado la señal de activación de la electroválvula, y también se encarga de cortar el flujo de aire cuando haya alcanzado su valor especificado.

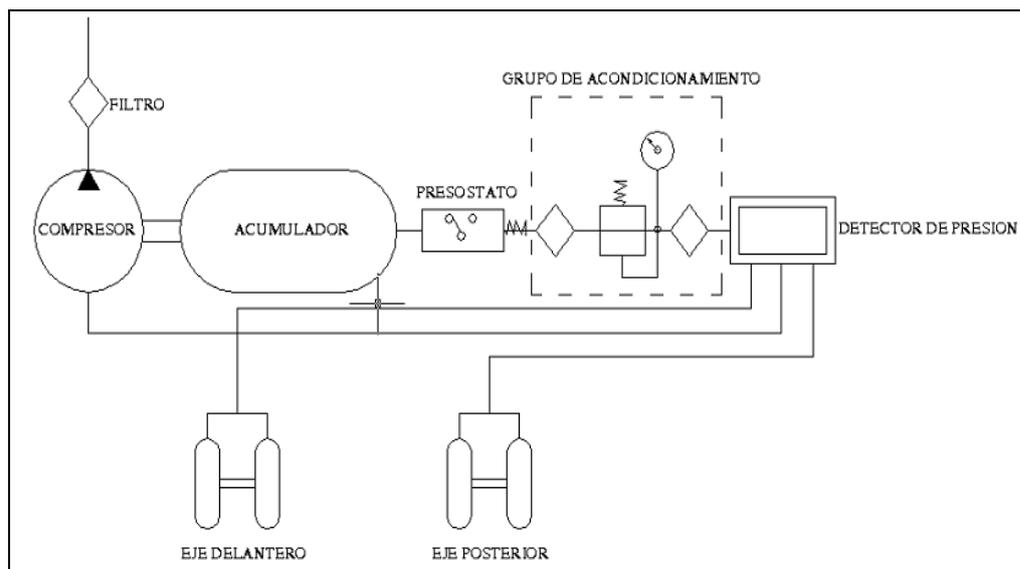


Figura 2.5. Esquema de la instalación del sistema de recarga

Los neumáticos son inflados a través de las Tubería flexibles que van montados a los mismos mediante juntas rotativas diseñados para acoplarse a distintos tipos de aros.

El presostato es el encargado de regular la presión del acumulador, activando y desactivando al compresor para tener aire suficiente en la línea de salida hacia los neumáticos.

El panel de control se encarga del funcionamiento general del sistema de aire a los neumáticos, proporcionándoles la cantidad de aire adecuada según la caída de presión que se presente, estando provisto de un indicador de alerta que se encarga de presentar la anomalía del eje que presenta pérdida de presión.

## 2.6 PERDIDAS DE ENERGÍA POR FRICCIÓN

Las pérdidas que ocurren en tuberías debido a dobleces, codos, juntas, válvulas, etc. se llaman pérdidas menores. Este es un nombre incorrecto porque en muchas situaciones son más importantes que las pérdidas debidas a fricción en el tubo consideradas en este capítulo, pero el nombre es convencional.

Si hay contados accesorios en una instalación puede, prescindirse de calcular la pérdida de presión, pero si presentan un numero considerable, es indispensable tenerlos en cuenta. En el Anexo B se puede apreciar la tabla de pérdidas de presión en diversos accesorios de tubería.

### 2.6.1 EL FLUJO DE FLUIDO EN TUBERÍAS

La situación ideal del flujo en una tubería se establece cuando las capas de fluido se mueven en forma paralela una a la otra. Esto se denomina "flujo laminar" figura 2.6. las capas de fluido próximas a las paredes internas de la tubería se mueven lentamente, mientras que las cercanas al centro lo hacen rápidamente. Es necesario dimensionar las tuberías de acuerdo al caudal que circulará por ellas, una tubería de diámetro reducido provocará elevadas velocidades de circulación y como consecuencia pérdidas elevadas por fricción; una tubería de gran diámetro resultará costosa y difícil de instalar.

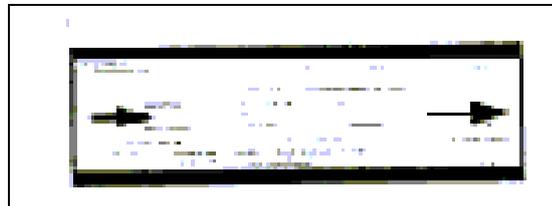


Figura 2.6. Flujo laminar

En la figura 2.7. vemos una situación de flujo turbulento donde las partículas de fluido se mueven en forma desordenada con respecto a la dirección del flujo. La turbulencia es causada por el exceso de velocidad de circulación, por cambios bruscos del diámetro de la tubería, y por la rugosidad interna de la misma la turbulencia produce excesiva pérdida de presión en los sistemas y sobrecalentamiento del aceite. A menudo puede ser detectada por el ruido que produce la circulación por las tuberías. Para prevenir la turbulencia, las tuberías deben ser de diámetro adecuado, no

tener cambios bruscos de diámetro u orificios restrictores de bordes filosos que produzcan cambios de velocidad.

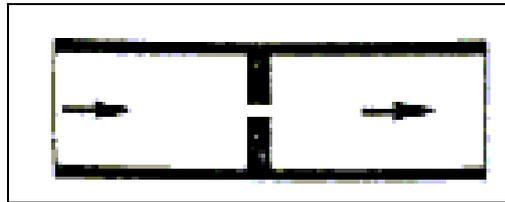


Figura 2.7. Flujo turbulento

En la figura 2.8. vemos una sección de tubería con flujo laminar, las partículas se mueven a alta velocidad en el centro pero paralelas una a la otra. La restricción se ha realizado de manera tal que presenta una transición lenta de velocidades, de esta forma se evita la turbulencia.



Figura 2.8. Flujo laminar partículas a alta velocidad

Las figura 2.9. muestra que sucede con la corriente fluida cuando toma una curva de radio amplio se mantienen las condiciones de flujo laminar, a la derecha el cambio de dirección es abrupto induciendo un flujo turbulento.

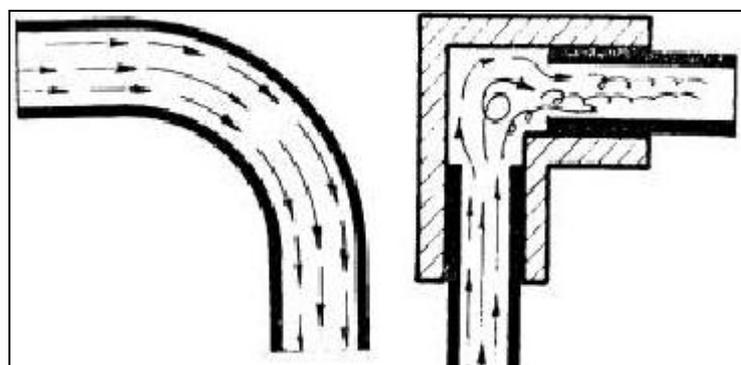


Figura 2.9. Flujo turbulento

### 2.6.2. CAÍDA DE PRESIÓN EN TUBERÍAS:

Es importante recordar que la pérdida de presión en tuberías "solo" se produce cuando el fluido esta en "movimiento" es decir cuando hay circulación. Cuando esta cesa, caso de la figura 2.10 las caídas de presión desaparecen y los tres manómetros darán idéntico valor.

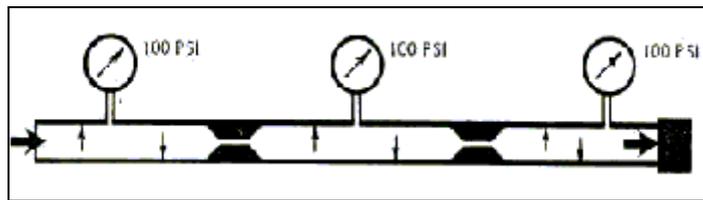


Figura 2.10 Caídas de presión

Si al mismo circuito de la figura anterior le retiramos el tapón del extremo aparecerán pérdidas de presión por circulación que podemos leer en los manómetros de la figura 2.11. Cuando más larga sea la tubería y más severas las restricciones mayores serán las pérdidas de presión.

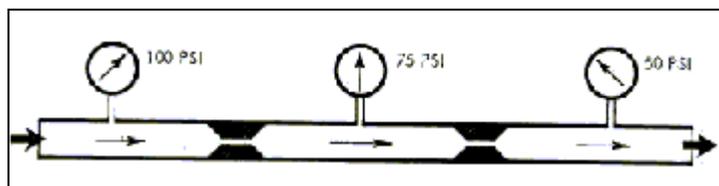


Figura 2.11 Pérdidas de presión.

Si quitamos las restricciones una gran proporción de la pérdida de presión desaparece. En un sistema bien dimensionado, la pérdida de presión natural a través de la tubería y válvulas será realmente pequeña.

### 2.6.3 CAÍDAS DE PRESIÓN EN VÁLVULAS.

Las válvulas presentan pérdidas de presión localizadas, por ello deben ser correctamente dimensionadas. Una válvula subdimensionada

provocará pérdidas de potencia y velocidad, una sobre dimensionada será económicamente cara.

Las recomendaciones precisas figuran en los catálogos de los fabricantes.

#### **a.- Válvulas Neumáticas.**

Una regla similar puede utilizarse aquí. El tamaño de los orificios de conexión de los cilindros neumáticos es una guía razonable para el tamaño de la válvula. Como excepción se presenta los siguientes casos:

Una válvula comanda varios cilindros.

Se requieren altas velocidades de operación en un cilindro.

El cilindro operara siempre a bajas velocidades

#### **b.- Pérdida de presión en un circuito automático.**

No todas las caídas de presión son malas. En la figura 2.12. ilustra una técnica importante utilizada en la automatización de circuitos, y aplicada en neumática e hidráulica. Cuando el cilindro llega a su posición de trabajo, una señal eléctrica es obtenida para poner en funcionamiento la próxima operación en un ciclo automático.

Nuestra descripción comienza con plena presión disponible en la bomba o compresor, pero con la válvula de control cerrada, de manera que el cilindro se encuentra retraído El primer manómetro indica 100 PSI (7Kg/cm<sup>2</sup>). Los dos restantes indican 0. El presostato está ajustado a 80 PSI.

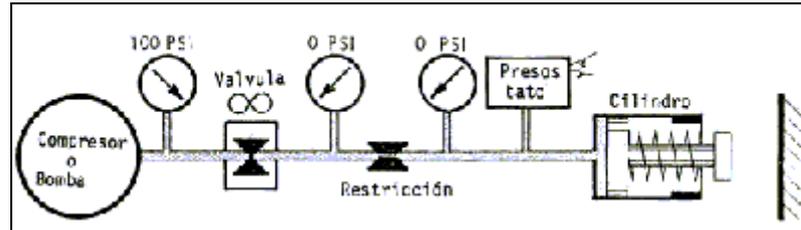


Figura 2.12. Perdidas en circuitos

Con la válvula abierta, el fluido se dirige al cilindro. La restricción representa la pérdida de carga de una tubería.

Cuando el fluido comienza a circular, una pérdida de presión es generada, y esta ilustrada por la lectura de los sucesivos manómetros. El cilindro se desplaza libremente, requiriendo solamente 20PSI para moverse ; el remanente de presión disponible es consumido a lo largo de la línea. El presostato ajustado a 80 PSI no se conmuta mientras el cilindro hace su carrera libre.

Cuando el cilindro llega al final de su carrera o a un tope positivo el movimiento de fluido cesa y en la cámara del cilindro (y en el presostato) la presión alcanza su valor máximo 100 PSI. Una señal eléctrica procedente del presostato comandará la siguiente función de un ciclo automático.

## 2.7. SELECCIÓN DE COMPONENTES

### 2.7.1. FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Las alternativas para la generación de aire comprimido, tienen dos opciones:

- Alimentación por compresor eléctrico y acumulador
- Alimentación por compresor mecánico y acumulador

La primera opción, permite una fácil adaptación de un compresor eléctrico con alimentación de 12V. De la misma batería del vehículo, el mismo que genera aire comprimido a una presión promedio de 80 PSI al acumulador provisto y está libre de mantenimiento.

Como desventajas de este sistema tenemos el ruido que este genera y la molestia que puede generar a los ocupantes del habitáculo.

El compresor tiene la característica de fabricación que le impide estar encendido por mas de diez minutos, por el recalentamiento que pueden sufrir componentes, lo que dificultaría el llenado total de dos llantas a la vez.

La segunda opción, consiste en readecuar el sistema de aire acondicionado en este vehículo Chevrolet Trooper, repotenciado el compresor del aire acondicionado, suspendiendo su salida y entrada de gas freón y adaptándolo para que alimente al acumulador provisto para el efecto. Este compresor genera aire comprimido a una presión nominal de 180 PSI y utiliza un sistema de lubricación estanca.

Las ventajas de este sistema son que al utilizar la potencia del motor, permite un rápido llenado del acumulador y puede ser utilizado por intervalos largos de tiempo. Como desventajas esta el mantenimiento y lubricación periódica del mismo, el alto costo que resultaría al reemplazarlo y la sustracción de potencia al motor. En la figura 2.13. podemos observar su instalación en el vehículo.



Figura 2.13 Compresor vehículo Tropper

El ensamblaje del mismo y pruebas de fugas se lo hizo con el motor apagado y evitando que entre humedad en el interior del compresor.

## 2.7.2 SELECCIÓN DEL COMPRESOR

<sup>5</sup>La adecuada elección de un compresor para una instalación dada va estrechamente ligada a los consumidores, y es frecuente tener que hacer varios tanteos antes de encontrar la combinación idónea.

Los parámetros fundamentales a considerar son: el caudal aspirado y la presión deseada a la salida.

Si hay posibilidad de elección debe tenerse presente que los compresores más lentos, y por lo tanto de más cilindrada para un caudal dado, son mas caros pero de mayor duración y rendimiento. Otro factor importante a tener en cuenta es el motor que arrastra el compresor y su sistema de control.

Tabla II.1. Especificaciones del compresor

Canal	Tensión, lb (kgf)
A	121 ± 5 (55 ± 2)
B	132 ± 5 (60 ± 2)
C	132 ± 5 (60 ± 2)
M	132 ± 5 (60 ± 2)
PV4	132 ± 5 (60 ± 2)
PV6	198 ± 5 (90 ± 2)

Tabla II.2. Velocidades de Funcionamiento Normales

Modelo	Tipo de Embrague	RPM máximas	
		Constante	Puntual
SD5H14	Std.	6,000	7,000
SD5H14	HD	4,000	6,000
SD7B10	All	6,000	7,000
SD7H13	All	6,000	8,000
SD7H15	Std.	6,000	8,000
SD7H15	HD	4,000	6,000
SD7H15	SHD	4,000	4,000

Tabla II.3. Especificaciones Básicas del Compresor

Modelo	Refrigerante	Desplazamiento pulg. cub. (cc)	Peso normal, lb. (kg.)			Carga de aceite normal			Rotación
			Compresor	Embrague	Conjunto	Tipo de Aceite	Tipo de Sistema	Cantidad, fl. oz. (cc)	
SD5H14	R134a	8.4 (138)	11.2 (5.1)	6.0 (2.7)	17.2 (7.8)	SP-20	TXV	7.2±0.5 (210±15)	Ambos sentidos
							CCOT	No normal	
SD7B10	R134a	6.1 (100)	5.9 (2.7)	3.3 (1.5)	9.2 (4.2)	SP-10	TXV	No normal	CW (Clock)

									Wise) Sólo Sentido Reloj
SD7H13	R134a	7.9 (129)	9.3 (4.2)	4.6 (2.1)	13.9 (6.3)	SP-20	TXV	4.6±0.5 (135±15)	CW (Clock Wise) Sólo Sentido Reloj
SD7H15 /HD	R134a	9.5 (155)	9.9 (4.5)	5.3 (2.4)	15.2 (2.4)	SP-20	TXV	4.6±0.5 (135±15)	CW (Clock Wise) Sólo Sentido Reloj
							CCOT	8.1±0.5 (240±15)	
SD7H15 /SHD	R134a	9.5 (155)	9.9 (4.5)	7.7 (3.5)	17.6 (8.0)	SP-20	TXV	4.6±0.5 (135±15)	CW (Clock Wise) Sólo Sentido Reloj
							CCOT	8.1±0.5 (240±15)	

Para evaluar la capacidad del compresor a colocar, es necesario conocer el consumo medio del conjunto que va abastecer. <sup>6</sup>La capacidad del compresor o compresores necesarios puede averiguarse estableciendo los sucesivos procedimientos:

- (a) Se estudian detenidamente todas las aplicaciones que en el proyecto puede tener el aire comprimido. De este estudio aparecerán los tipos y el número de herramientas y equipos neumáticos que se necesitan para el funcionamiento del proyecto.

Neumáticos = 4

<sup>6</sup> Aire comprimido

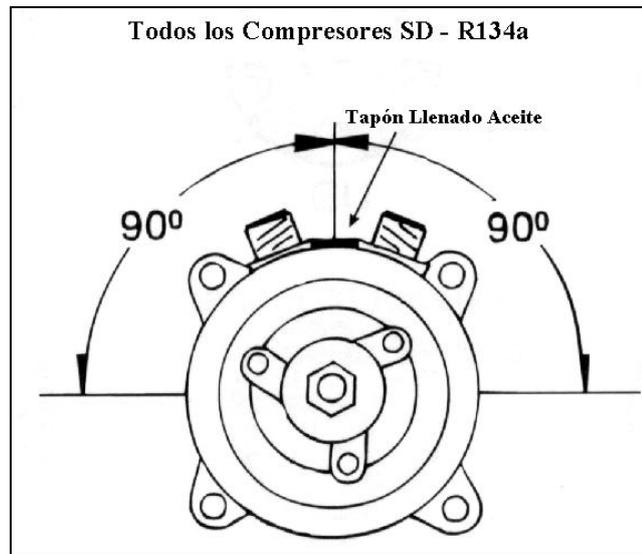


Figura 2.14 Ángulos del compresor

- (b) Se anota en una lista cada modelo de herramienta o de equipo, y su número cifrando su consumo específico.

neumático = 32l/min

- (c) Se perfila el consumo general promedio del aire libre de todas las unidades neumáticas.

$$X = \frac{32+32+32+32}{4}$$

4

$$X = 32 \text{ l/min}$$

- (d) Se añade un tanto por ciento de consumo de aire, que suele oscilar entre un 5 y un 10% sobre el computado, para integrar la parte de pérdida de aire en el sistema.

$$\text{Consumo} = 32 * 0.1 = 3.2 \text{ l/min}$$

- (e) Se agrega un tanto por ciento de consumo de aire por posibilidades de ampliación.

$$\text{Consumo} = 32. * 0.02 = 0.64 \text{ l/min}$$

- (f) La suma de todos estos valores será el consumo de aire total correspondiente al estudio planificado.

$$\text{Total} = 32 + 3.2 + 0.64 = 35.84 \text{ l/min} = 0.035 \text{ m}^3/\text{min}$$

De acuerdo con los cálculos realizados el compresor que se adapta mejor a las características requeridas es el compresor tipo SD7H15 el cual puede girar acoplado hasta a 7000 revoluciones generando una presión de 150 Psi y un caudal de 66 l/ min = 0.066 m<sup>3</sup>/min

Para efectivamente determinar prácticamente el caudal utilizamos un caudalímetro y comprobamos el caudal generado a 4500 revoluciones y 150 psi de presión su valor se muestra la figura 2.15

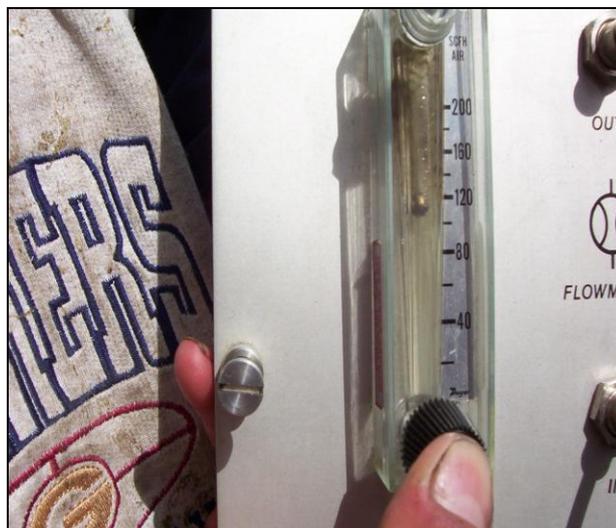


Figura 2.15. Medición de caudal

### 2.7.3. ACUMULADOR

Existen en el mercado acumuladores de presión los mismos que poseen un elevado costo y no permitirían cumplir con el objetivo de hacer del sistema accesible económicamente. Debido a esto se diseño el

acumulador partiendo de las especificaciones técnicas que se estableció en las primeras páginas de este proyecto.

La construcción del acumulador empezó seleccionado un envase de contención utilizado en refrigeración, por las ventajas de trabajo con alta presión de aire comprimido, resistencia al aumento de temperatura, resistencia a la corrosión y oxidación, y a esfuerzos mecánicos como golpes y abolladuras. El acumulador seleccionado soporta presiones de hasta 200 PSI, pero será cargado tanto por seguridad y presión requerida a 100 PSI, lo que representa tener un margen de seguridad de 100Psi.

La capacidad del acumulador se determino por el caudal del compresor y la presión generada por el mismo.

#### **2.7.4 SELECCION DE VÁLVULAS.<sup>7</sup>**

Para llevar a cabo la selección de una válvula neumática es conveniente recurrir a ciertos criterios de elección, los cuales deben abarcar los conceptos siguientes:

- ◆ Números de vías y posiciones
- ◆ Sistemas de accionamiento
- ◆ Características de caudal.
- ◆ Presión de trabajo

Para este sistema seleccionamos una válvula 2/2 ya que necesitamos que en una posición nos permita el flujo de aire con lo cual el circuito esta en funcionamiento; al cambiar de posición se cierra el flujo de aire parando el funcionamiento el circuito.

La presión máxima con la que va a trabajar el circuito es la de 6 bar por lo que se selecciona válvulas que trabajen en un margen de presión de 0.1 hasta 10 bar adaptándose a los parámetros requeridos.

#### **2.7.4.1 VÁLVULAS DE ESTRANGULACION Y LIMITADORA DE PRESIÓN**

La presión máxima con la que va a trabajar el circuito es la de 6 bar por eso se escogió unas válvulas que soporten hasta esta presión.

Las válvulas son de accionamiento manual y se ajustan a la presión requerida del sistema que opera eléctricamente según los requerimientos solicitados.

Nomenclatura según FESTO:

REGULADOR DE PRESIÓN: Tipo PAG GF 3L

VÁLVULA REGULADORA DE CAUDAL: GR 5/16 B

#### **2.7.5. SELECCION DEL FILTRO<sup>8</sup>**

La selección de un filtro y de su elemento filtrante, estará también condicionada por la forma en que tengamos tratada la instalación desde el mismo compresor.

Los cartuchos o elementos filtrantes se clasifican por su cifra en micrones, y esta cifra indica la medida de la partícula menor que puede detener un filtro limpio.

---

<sup>8</sup> Aire comprimido

De la calidad del filtrado dependerá directamente la vida de los elementos del circuito.

El filtro nos permite retener impurezas de un diámetro mayor a 5 micras, garantizándonos un aire limpio que preserve la vida útil de los componentes del circuito.

Nomenclatura según VDO: filtro tipo LPM-1/4 – SB

En el proyecto, utilizaremos un filtro utilizado en circuitos neumáticos de media presión, con capacidad para 180 PSI, como podemos observar en la figura 2.16.



Figura 2.16 Filtro de aire

### 2.7.6 SELECCION DE TUBERÍAS.<sup>9</sup>

Con el diagrama de la figura 2.17 escogeremos los diámetros de las tuberías con los siguientes parámetros; para presiones de trabajo de 6 bar, considerando una pérdida de carga<sup>10</sup> del 2 % de la presión de trabajo.

<sup>9</sup> Neumática hidráulica y electricidad aplicada

<sup>10</sup> Aire comprimido

1 paso: buscar el punto de intersección de 6 bar con 66 l/min

2 paso: desde el punto de intersección anterior subir una línea paralela a la línea inclinada más cercana hasta intersectar con la línea perpendicular que sale del eje donde se nos indica la pérdida de carga que en nuestro caso es de 0.06 Kg/cm<sup>2</sup>.

3 paso: desde este nuevo punto de intersección bajar una línea perpendicular al eje donde se nos indica los diámetros de las tuberías dándonos un diámetro de 5/16 pulgada (0.0015m).

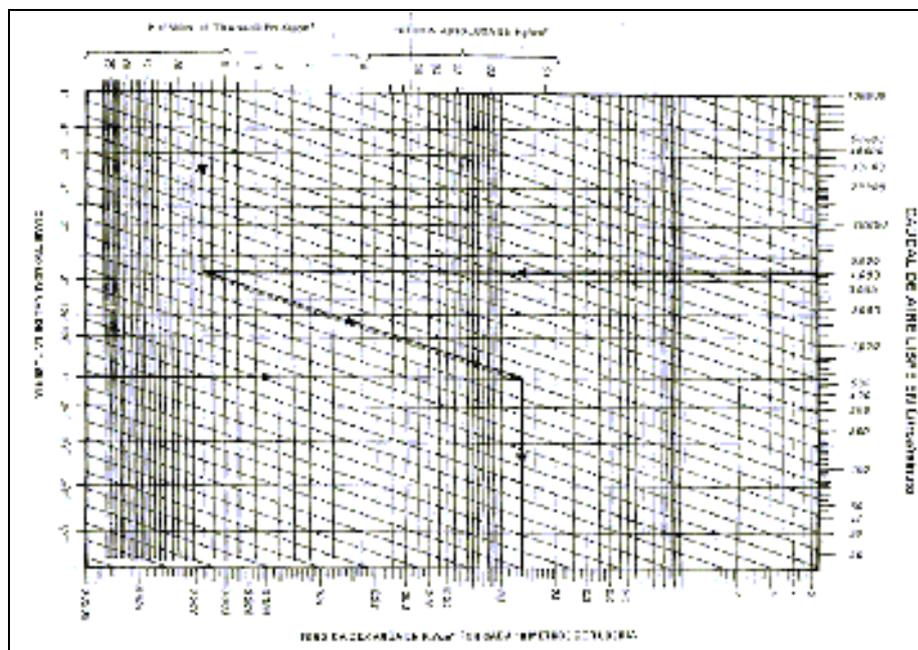


Figura 2.17 Selección diámetro de tubería.

Por disponibilidad en el mercado usamos en su mayoría tuberías de plástico y de goma ya que también son maleables y pueden doblarse con facilidad para lograr cambios de dirección con curvatura más amplia.

### 2.7.7 JUNTAS ROTATIVAS

Los rotores nos permiten hacer llegar el sistema de aire comprimido a las llantas. Estos van unidos a la rueda y su parte flotante a la cañería de alimentación como puede verse en la figura 2.18



Figura 2.18 Junta rotativa

Estos rotores tienen la capacidad de trabajar con presiones superiores a los 180 PSI, asegurando un cierre estanco sin presencia de fugas a menos de 100PSI.

### 2.7.8. ACOPLER Y UNIONES

Hemos tomado los mejores acoples y accesorios de las marcas VDO y Bosch, los mismos que detallamos a continuación.

- Acoples de 1/4" y 3/8"
- Casquillos de estanqueidad de 1/4" y 3/8"



Figura 2.19. Acoples y uniones

- Acoples tipo T.

- Capuchones de cierre
- Expansor metálico
- Acoples de válvula de neumático
- Válvulas Check.

## **2.8 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS COMPONENTES**

Para una mejor visualización, en la tabla II. 4 podemos observar las características técnicas de los componentes utilizados en este sistema.

Tabla II.4. Características de los componentes del sistema

<b>ELEMENTO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>MATERIAL DE FABRICACIÓN</b>
COMPRESOR	Presión nominal :180 PSI Presión efectiva: 120 PSI Lubricación : estanca	Aleación de aluminio
ACUMULADOR	Tipo: Acumulador de refrigeración industrial. Presión nominal : 200 PSI Presión de trabajo : 100 PSI	Chapa de aleación de acero con aluminio.
CAÑERÍA NEUMÁTICA FLEXIBLE	Marca: Capanema Serie: HTPA 12 Diámetro: 8 mm. Capacidad: 200 PSI	NYLON 12
CAÑERÍA NEUMÁTICA FLEXIBLE	Marca: BOSCH Serie: PE 01081 Diámetro: 5 mm. Capacidad: 180 PSI	Plástico especial
ACOPLE T	Marca: Vdo Medida: 5 mm.	Polímero especial.
EXPANSOR	Marca: VDO Diámetro: 3/8"	Acero inoxidable
ACOPLE DE VÁLVULA DE RUEDA	Marca: VDO Serie: s/n	Aleación de cobre y aluminio
UNIDAD DE MANDO	Marca: Capanema Alimentación: 12 V. 5 A. CC. Sensor: Transductor de presión a 12 V. Margen de captación: 20 a 180 PSI	Transductor: Aleación de bronce.
VÁLVULA DE ROTACIÓN (ROTOR)	Marca: VDO Presión nominal: 180 PSI	Aleación de acero

<b>Válvula estranguladora</b>	Regula el paso del aire en cantidad y tiempo (caudal)	<b>Racor:</b> 0.009525m (3/8 pulg)
<b>Válvula limitadora presión</b>	Su función es la de regular la presión en el circuito de utilización, independientemente de la presión de la red de suministro	<b>Racor:</b> 0.009525m (3/8 pulg) <b>Presión a regular:</b> 0.1 a 10 bar

## 2.9 SELECCIÓN DEL EQUIPO DE CONTROL

### 2.9.1. SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR.

El Microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador, se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de «controlador incrustado» (*embedded controller*). El microcontrolador es un computador **dedicado**, en su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada: sus líneas de entrada / salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar, y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. El microcontrolador (Figura 2.16) es un computador completo, aunque de limitadas prestaciones, que está contenido en el chip de un circuito integrado y se destina a gobernar una sola tarea.

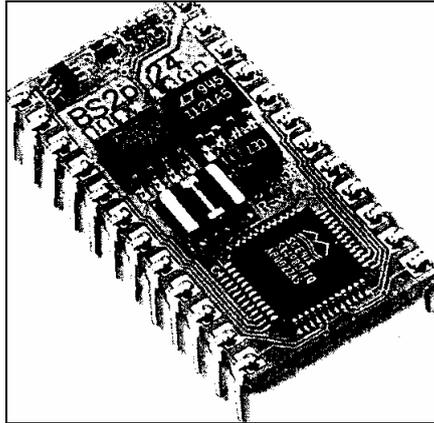


Figura 2.20 Microcontrolador

Las partes principales del microcontrolador son:

- Procesador
  - Memoria no volátil para contener el programa
  - Memoria de lectura y escritura para guardar los datos
- Líneas de *E/S* para los controladores de periféricos:  
Recursos auxiliares:

#### **a.- EL PROCESADOR.**

En la arquitectura **Harward** son independientes la memoria de instrucciones y la memoria de datos y cada una dispone de su propio sistema de datos para el acceso. Esta dualidad además de propiciar el paralelismo, permite la adecuación del tamaño de las palabras y los buses a los requerimientos específicos de las instrucciones y de los datos.

#### **b.- MEMORIA DE PROGRAMA.**

El microcontrolador está diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de control. No hay posibilidad de utilizar memorias externas de ampliación. Como el programa a ejecutar siempre es el mismo, debe estar grabado de forma

permanente. Los tipos de memoria adecuados para soportar esta función admiten cinco versiones diferentes:

- **ROM**

En este tipo de memoria el programa se graba en el chip durante el proceso de su fabricación mediante con el uso de «máscaras». Los altos costes de diseño e instrumental sólo aconsejan usar este tipo de memoria cuando se precisan series muy grandes.

- **EPROM.**

La grabación de esta memoria se realiza mediante un dispositivo físico gobernado desde un computador personal que recibe el nombre de grabador. En la superficie de la cápsula del microcontrolador existe una ventana de cristal por la que se puede someter al chip de la memoria a rayos ultravioletas para producir su borrado y emplearla nuevamente. Es interesante la memoria EPROM en la fase de diseño y depuración de los programas, pero su coste unitario es elevado.

- **EEPROM.**

La grabación es similar a las memorias OIP y EPROM, pero el borrado es mucho más sencillo al poderse efectuar de la misma forma que el grabado o sea, eléctricamente. Sobre el mismo zócalo del grabador puede ser programada y borrada tantas veces como se quiera, lo cual la hace ideal en la enseñanza y en la creación de nuevos proyectos. Aunque se garantiza 1.000.000 de ciclos de escritura/borrado en una EEPROM, todavía su tecnología de fabricación tiene obstáculos para alcanzar capacidades importantes y el tiempo de escritura de las mismas es relativamente grande y con elevado consumo de energía.

- **FLASH.**

Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar en circuito al igual que las EEPROM, pero suelen disponer de mayor capacidad que estas últimas. El borrado sólo es posible con bloques completos y no se puede realizar sobre posiciones concretas. En las FLASH se garantizan 1.000 ciclos de escritura/borrado. Son muy recomendables en aplicaciones en las que sea necesario modificar el programa a lo largo de la vida del producto, como consecuencia del desgaste o cambios de piezas, como sucede con los vehículos.

**c.- MEMORIA DE DATOS.**

Los datos que manejan los programas varían continuamente, y esto exige que la memoria que les contiene deben ser de lectura y escritura, por lo que la memoria RAM estática (SRAM) es la más adecuada, aunque sea volátil.

Hay microcontroladores que también disponen como memoria de datos una de lectura y escritura no volátil, del tipo EEPROM. De esta forma un corte en el suministro de la alimentación no ocasiona la pérdida de la información, que está disponible al reiniciarse el programa. El microcontrolador ATMEGA8 y ATMEGA8L dispone de 512 bytes de memoria EEPROM para contener datos. Y una memoria SRAM de 1K Byte, lo que ayuda a que el procesamiento de la información sea rápida y óptima.

**d.- LÍNEAS DE E/S PARA LOS CONTROLADORES DE PERIFÉRICOS.**

A excepción de dos terminales destinadas a recibir la alimentación, otras dos para el cristal de cuarzo, que regula la frecuencia de trabajo y una más para provocar el Reset, los restantes pines de un microcontrolador sirven para soportar su comunicación con los periféricos externos que controla. Las líneas de E/S que se adaptan con los periféricos manejan

información en paralelo y se agrupan en conjuntos de ocho que reciben el nombre de **Puertas**.

Con el objeto de optimizar el funcionamiento del sensor que envía señales del tipo analógico se a utilizado un microcontrolador ATMEGA8 de 28 pines (Figura 2.21) el cual tiene 130 Instrucciones Poderosas, es uno de los más potentes del mercado y de un precio accesible, la principal ventaja para nuestra aplicación es que posee conversores análogos digitales que nos va ha permitir después de la programación sacar los valores de presión a un visualizador de texto LCD

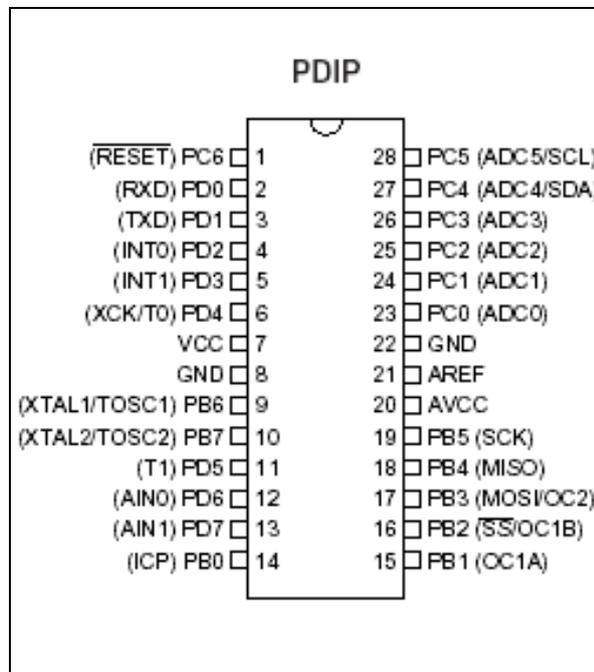


Figura 2.21. Microcontrolador ATMEGA8 de 28 pines

Tabla II.5 Características del Microcontrolador ATMEGA

MODELO		ATMEGA 8	ATMEGA 8L
Memoria	F. Max (MHZ)	16	16
Programación	Max I/O Pins	23	35
Memoria Datos	KBytes EEPROM	0.5	0.5
	KBytes RAM	1024	512
TWI		si	no
10 Bit A/D Channels		8	no
Análogo Comparador		si	no
Interrupts		18	16
Self Program Memory		si	si
16 Bit Timers		1	1
RTC		si	no
ICSP (Programación Serie en Circuito)		Si	Si
UART		1	1
PB-Free Packages		MLF32PDIP28TQ FP32	MLF44PDIP40TQ FP44
COMUNICACIÓN PARALELO		si	si

## 2.10 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE CONTROL Y RECARGA DE NEUMÁTICOS

El microcontrolador se va a encargar de recibir y procesar la señal del sensor de presión, para activar y desactivar las electroválvulas en el instante que el sensor determine baja presión.

¡Error!

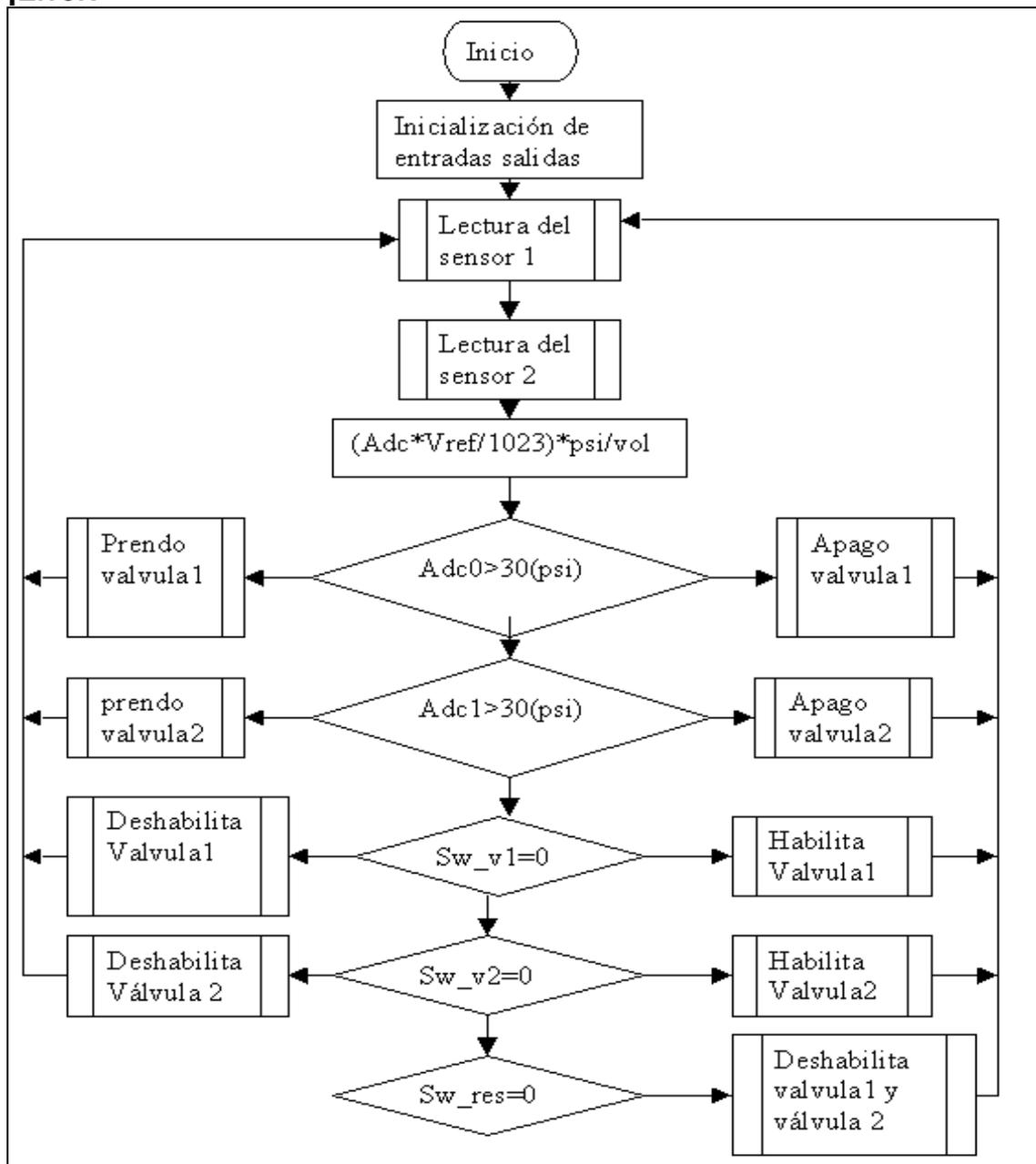


Figura 2.22. Diagrama de flujo de pruebas.



### III.- CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DETECTOR DE PRESIÓN Y RECARGA DE NEUMÁTICOS

#### 3.1. ADECUACIÓN DEL EQUIPO DE CONTROL

El transductor de presión es un sensor del tipo analógico, del cual utilizamos la salida de voltaje hacia el microcontrolador. La figura 3.1 muestra el sensor de presión, y su diagrama de bloque funcional el cual nos permite observar la disposición de sus conexiones utilizadas en el proyecto.



Figura 3.1 Sensor de Presión

El voltaje de salida del sensor ingresa hacia el terminal 6 del comparador LM358 (figura 3.2) y por el terminal 5 ingresa un valor de voltaje fijado por un grupo de resistencias.

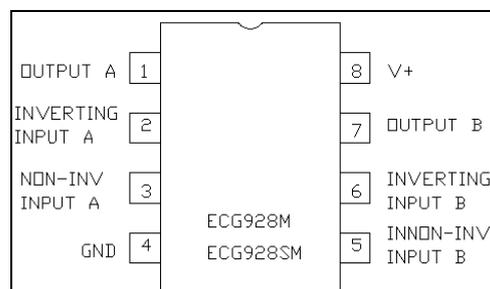


Figura 3.2 Comparador LM358m

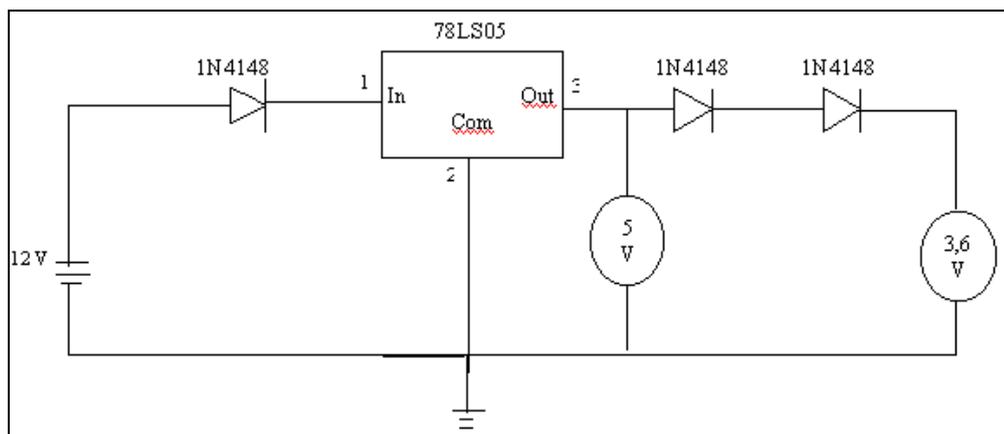
Cuando existe variación de presión se va a producir alimentación de la fuente hacia tierra.

En vista que el voltaje de salida del sensor es variable, los valores registrados son los que indica la tabla III.1. permitirán programar al microcontrolador, puesto que pueden ser convertidos a bytes para su procesamiento.

Tabla III.1 Voltaje de salida en el sensor

Estado	Voltaje (mv)
Apagado	0
Nivel Bajo	760
Nivel Intermedio	780
Nivel alto	800

La Figura 3.3 muestra el circuito que se utiliza para la etapa de regulación de 3 voltios tomada de la fuente de alimentación de 12 voltios.



Figura

3.3 Circuito de regulación de 3 voltios

$$V_{out} = 5 \text{ v.}$$

$$V_R = V_{out} - V_{d1} - V_{d2} \text{ (Voltaje de regulación)}$$

$$V_R = 5 - 0,7 - 0,7$$

$V_R = 3.6 \text{ v.}$

El diodo que se encuentra ubicado después de la fuente de 12 voltios hacia el regulador, limita el paso de la corriente en una sola dirección, evitando que el sensor se polarice en forma inversa.

Con el objetivo de mejorar y optimizar el funcionamiento del equipo de control es necesario adecuar cada elemento integrante al voltaje de la batería que es de 12 voltios, es así como el microcontrolador, LCD necesitan 5 voltios para operar correctamente entonces el objetivo es utilizar un regulador de 12 a 5 voltios, para proteger el circuito de subidas de tensión.

Para la regulación de voltaje se utilizó un diodo Zener que se va a encargarse de fijar el voltaje de la batería al que necesitan el microcontrolador.

La Figura 3.4 indica el circuito que se utilizó para la etapa de regulación a 5 voltios tomada de la fuente de alimentación de 12 voltios.

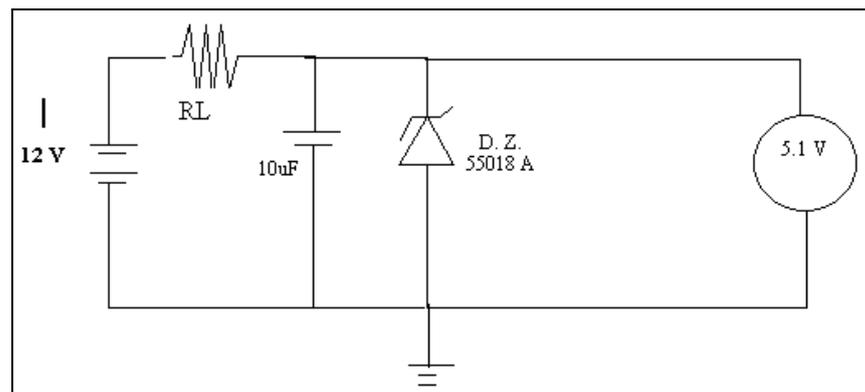


Figura 3.4 Circuito de regulación de 5 voltios

$V_R = 5 \text{ v}$  (Voltaje de regulación)

$R_L = 220\Omega$

$V_L = V_F - V_R$        $I_L = V_L / R_L$

$V_L = 12 - 5$        $I_L = 7 / 220\Omega$

$$V_L = 7 \text{ v.} \qquad I_L = 31 \text{ mA.}$$

$$P_L = V_L \times I_L$$

$$P_L = 7 \times 0,031$$

$$P_L = 0,22 \text{ watt.}$$

### **3.2. PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR.**

Los valores de voltaje que fueron registrados anteriormente en la tabla III.1 servirán como datos de entrada para programar el microcontrolador, en vista que este dispone de conversores análogos digitales en el cual se va a programar para que los valores de voltaje que ingresarán sean convertidos a su equivalente en bytes.

El microcontrolador ATMEGA8 dispone de las siguientes características:

- 130 Instrucciones Poderosas-
- Funcionamiento Totalmente Estático
- 8K bites de In-System Self-Programmable
- 512 bites EEPROM
- 1K bite SRAM Interior
- 8-bit cronómetro/ contadores con prescaler separado, un modo de comparación
- Uno 16-bit cronómetro/ contador con prescaler separado, modo de comparación, y captura
- chip comparador analógico
- Microcontroller especial rasgos
- Fuentes de la interrupción externas e interiores

#### **3.2.1. Características especiales del Microcontrolador**

Cinco modos de velocidades: intermedio, adc reducción del ruido, power-save, power-down, y estado de espera

#### **3.2.2. Operación de voltajes**

- 4.5- 5.5V (ATmega8)

- 0- 16Hz (ATmega8)

### 3.2.3. Consumo de potencia a 4 Mhz, 3V, 25 Grados C

- Activo: 3.6 [mA]
- Intermedio: 1.0 [mA]
- Modo Bajo: 0.5  $\mu$ A.

La configuración electrónica que utiliza este microcontrolador está representada en la figura 3.5.

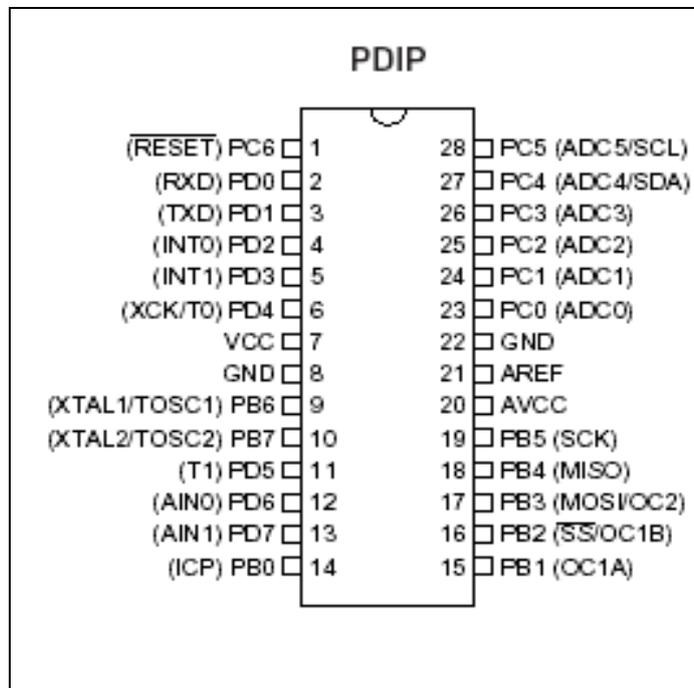


Figura 3.5 Configuración electrónica del microcontrolador ATMEGA8

### 3.2.4. Diagrama de Bloques

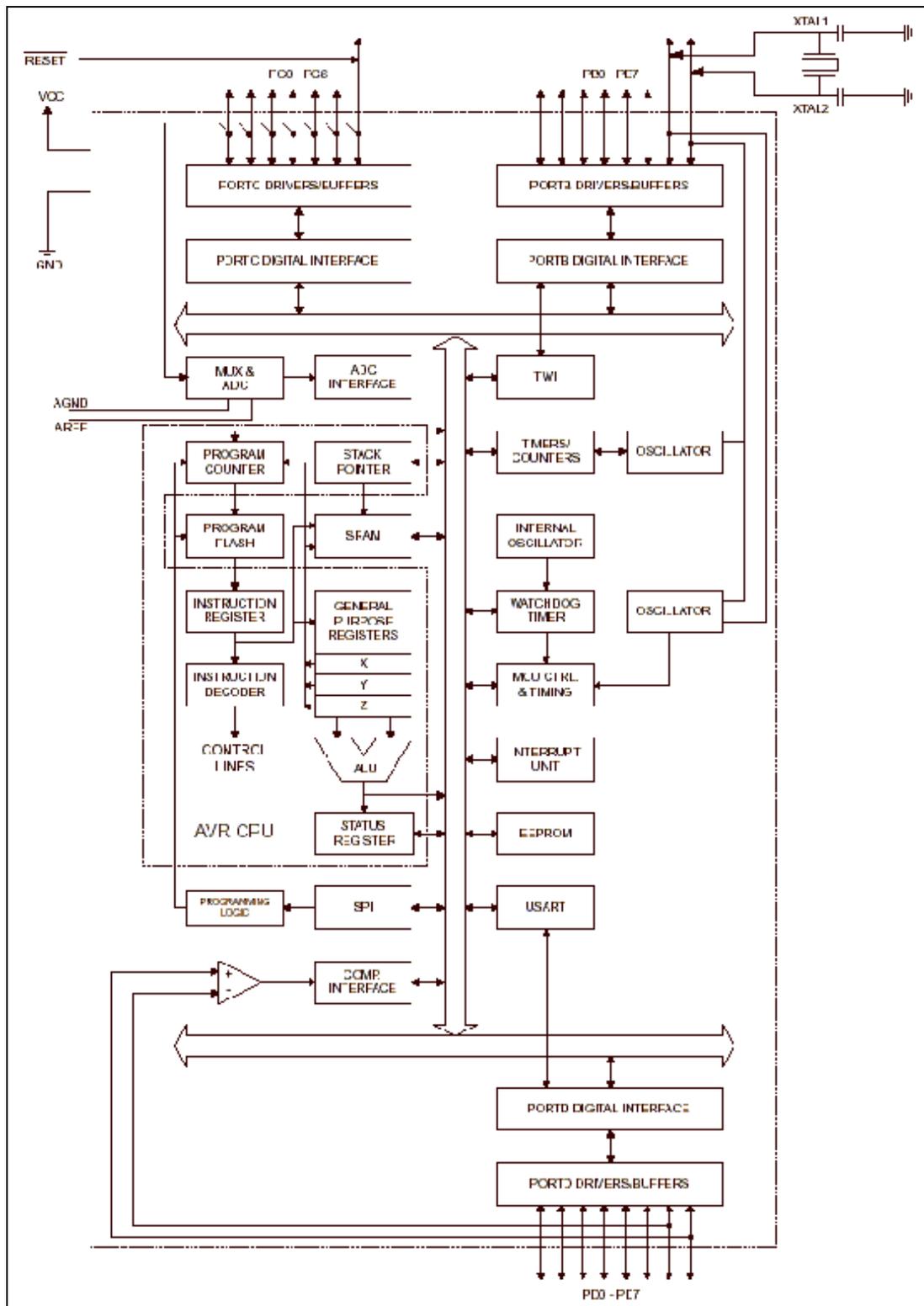


Figura 3.6 Diagrama de bloques del microcontrolador

La programación para cada etapa está especificada en el Anexo A, en cuanto a la configuración electrónica que se utilizó para el circuito que se indica en la figura 3.7.

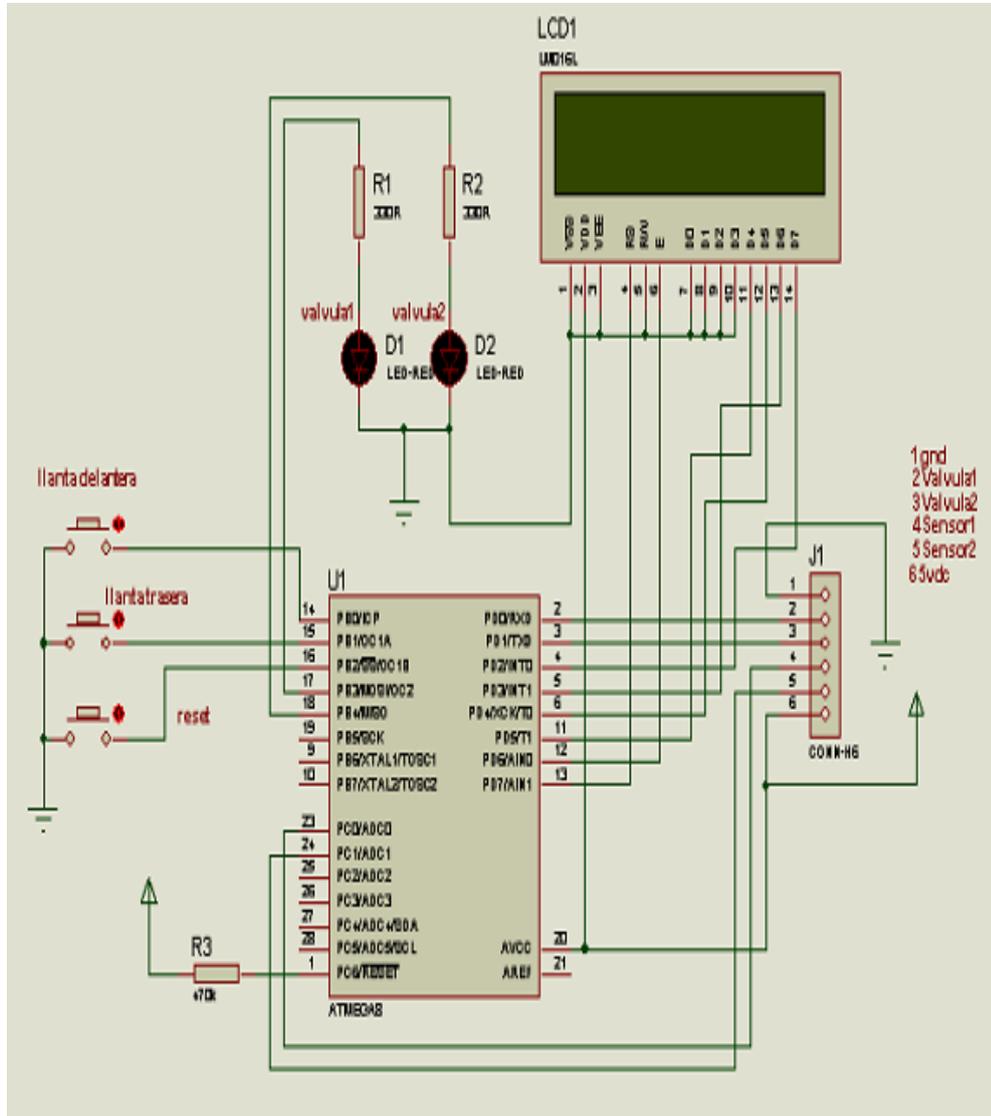


Figura 3.7 Circuito electrónico del Detector de presión de neumáticos para vehículo

### 3.2.5. ADECUACIÓN DE LAS SEÑALES DEL LCD.

La pantalla de cristal liquido o LCD (Liquid Crystal Display) es un dispositivo microcontrolado de visualización gráfica para la presentación de caracteres, símbolos o incluso dibujos (en algunos modelos). Dispone de 2

filas de 16 caracteres, cada caracter se conforma de una matriz de 5x7 puntos (pixels), aunque los hay de otro número de filas y caracteres. Este dispositivo esta gobernado internamente por un microcontrolador que regula todos los parámetros de presentación, este modelo es el más la Figura 3.8 muestra el LCD utilizado.

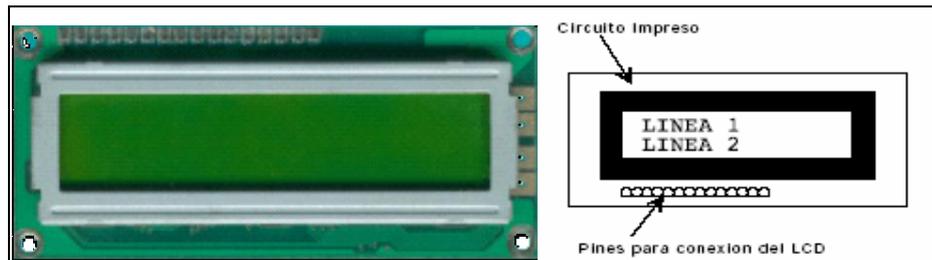


Figura 3.8 pantalla de cristal líquido LCD

Las características más importantes son:

- Voltaje de alimentación 5VDC
- Pantalla de caracteres ASCII, además de los caracteres Griegos
- Desplazamiento de los caracteres hacia la izquierda o hacia 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 una interfase de 4 u 8 bits

La descripción de pines está indicada en la tabla III.2

Tabla III. 2 Pines de uso del microcontrolador

PIN N°	CONEXIÓN	DESCRIPCIÓN
8-22	GND	Tierra del micro controlador
7	Vcc	Alimentación de +5V
1	RESET	Reset del microcontrolador
2	PD0	Activación válvula 1
3	PD1	Activación válvula 2
4	PD2	Conexión al LCD en el Bit de Datos D7
5	PD3	Conexión al LCD en el Bit de Datos D6
6	PD4	Conexión al LCD en el Bit de Datos D5
9-10	PB6 (xTAL1- XTAL2)	Conexión al OSILADOR
11	PD5	Conexión al LCD en el Bit de Datos D4
12	PD6	Conexión al ENABLE del LCD
13	PD7	Conexión RW del LCD
14	PB0	Control del eje Delantero
15	PB1	Control del eje Trasero
16	PB2	Reset
17	PB3	LED de válvula 1
18	PB4	LED de válvula 2
20	Vcc	Voltaje Alimentación + 5V
23	PC0	Sensor 1
24	PC1	Sensor 2

Para el control del display son necesarios 3 bits: una señal de enable (E), una para indicar lectura/escritura (R/W) y otra para seleccionar uno de los dos registros internos (RS).

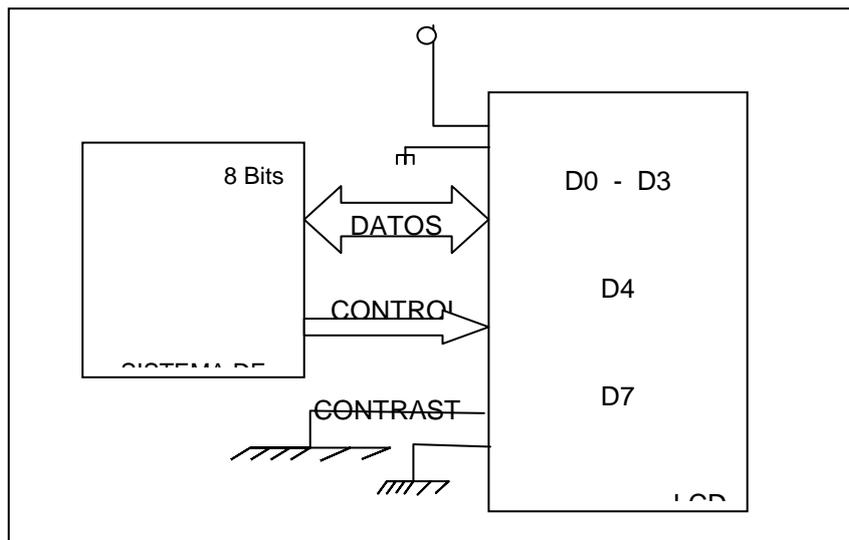


Figura 3.9 Interfaz del LCD con el mundo exterior

El LCD dispone de una matriz de 5x8 puntos para representar cada caracter. En total se pueden representar 256 caracteres diferentes. 240 caracteres están grabados dentro del LCD y representan las letras mayúsculas, minúsculas, signos de puntuación, números, etc. Existen 8 caracteres que pueden ser definidos por el usuario. En la figura 3.10 se muestra gráficamente cómo es la matriz de representación de los caracteres. Se ha dibujado el caracter A y un caracter definido por el usuario.

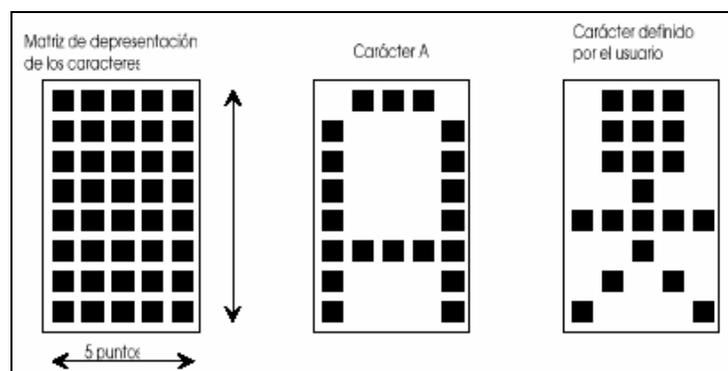


Figura 3.10 Representación de caracteres

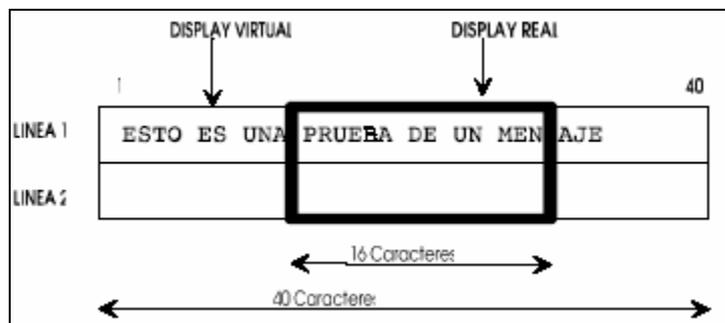
El LCD dispone de dos tipos de memorias independientes: la DD RAM y la CG RAM.

### DD RAM (Display Data Ram)

En esta memoria se almacenan los caracteres que están siendo visualizados o que se encuentran en posiciones no visibles. El display almacena en esta memoria dos líneas de 40 caracteres pero sólo se visualizan 2 líneas de 16 caracteres. Por ello la **DD RAM** tiene un tamaño de  $2 \times 40 = 80$  bytes.

Debido a esta disposición de la DD RAM se puede pensar en el display como un display virtual constituido por dos líneas de 40 caracteres cada una (Figura 3.11). La posición situada más a la

izquierda de cada línea es la posición 1 y la situada más a la derecha es la posición 40. Para localizar los elementos dentro del display virtual se va a utilizar un par de coordenadas (x,y) donde “x” representa la posición horizontal (comprendida entre 1-40) y “y” representa la línea (1-2). El display real es una ventana en la que se visualizan dos líneas de 16 caracteres. Es lo que el usuario está viendo. En el ejemplo de la figura 3.10 se encuentra almacenado en la línea 1 del display virtual el mensaje: “ESTO ES UNA PRUEBA DE UN MENSAJE”. Sin embargo, en este ejemplo, el usuario sólo verá en el display el mensaje “PRUEBA DE UN MEN” que tiene exactamente 16 caracteres de longitud. Más adelante se verá cómo es posible ‘mover’ el display real para que se desplace a lo largo del display virtual. Tal y como se encuentra configurado el display real, la posición (14,1) se corresponde con la letra P, la posición (15,1) con la letra R, ....., y la posición (29,1) con la letra N. Cuando se inicializa el LCD, el display real se sitúa en el extremo más izquierdo del display virtual, que se corresponde con los valores de x comprendidos entre 1 y 16.



**Figura 3.11 Display virtual y display real**

En la figura 3.12 se muestra la situación del display real respecto al virtual al inicializar el LCD.

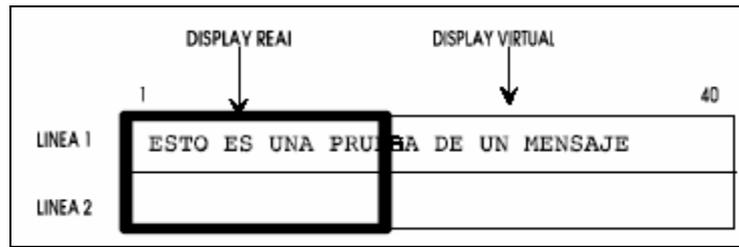


Figura 3.12 Posición del display real respecto al virtual

El mapa de memoria de la **DD RAM** se muestra en la figura 3.13. Está constituido por dos bloques de 40 bytes. El primer bloque se corresponde con los 40 caracteres de la línea 1 del display virtual. El segundo bloque con la segunda línea. En la figura se han representado las direcciones en hexadecimal.

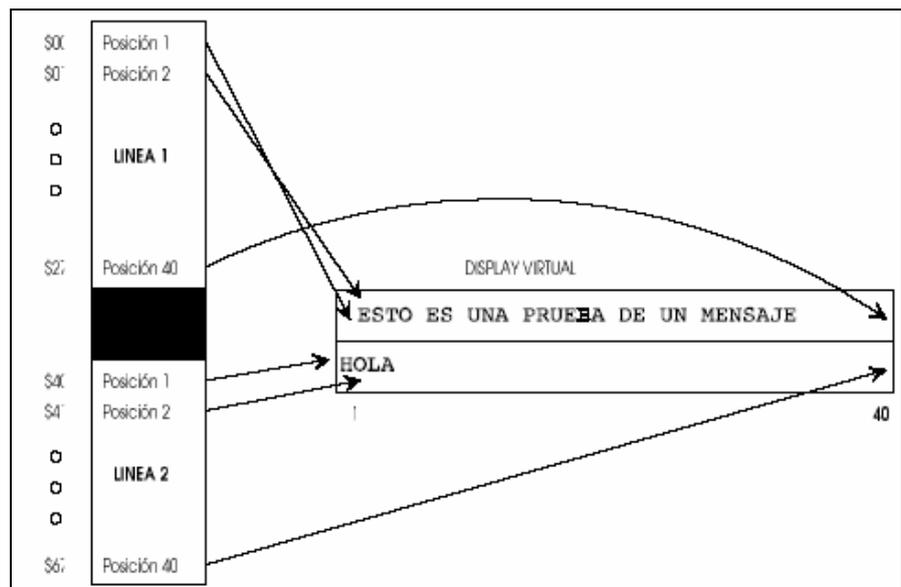


Figura 3.13 Mapa de memoria de la DD RAM

Así, las direcciones \$00-\$27 están asociadas a las posiciones (1,1)-(40,1) del display virtual y las direcciones \$40-\$67 a las posiciones (1,2)-(40,2). En el ejemplo, en la dirección \$40 de la DD RAM se encuentra almacenado el carácter H, que se corresponde con la posición (1,2) del display virtual. En la dirección \$02 se encuentra el carácter S, posición (3,1) del display virtual. Note que los bloques de memoria asociados a la línea 1 y 2 no son contiguos.

Las operaciones de escritura en el display, en realidad son operaciones de escritura en la memoria DD RAM. Según en la posición de esta memoria en la que se escriba el carácter, aparecerá en una posición u otra en el display real. Los caracteres enviados al display pueden ser visibles si se encuentran en posiciones que caen dentro del display real o pueden ser no visibles. En la figura 3.12 las posiciones (1,1)-(16,1) y (1,2)-(16,2) son visibles. Todos los caracteres enviados a esas posiciones serán visibles. Si se envía un carácter a cualquiera de las otras posiciones no será visible.

### La CG RAM (Character Generator RAM)

La CG RAM es la memoria que contiene los caracteres definibles por el usuario. Está formada por 64 posiciones, con direcciones \$00-\$3F. Cada posición es de 5 bits. La memoria está dividida en 8 bloques, correspondiendo cada bloque a un carácter definible por el usuario. Por ello el usuario puede definir como máximo 8 caracteres, cuyos códigos van del 0 al 7. En la figura 3.14 se ha representado la CG RAM. Todas las direcciones están en hexadecimal.

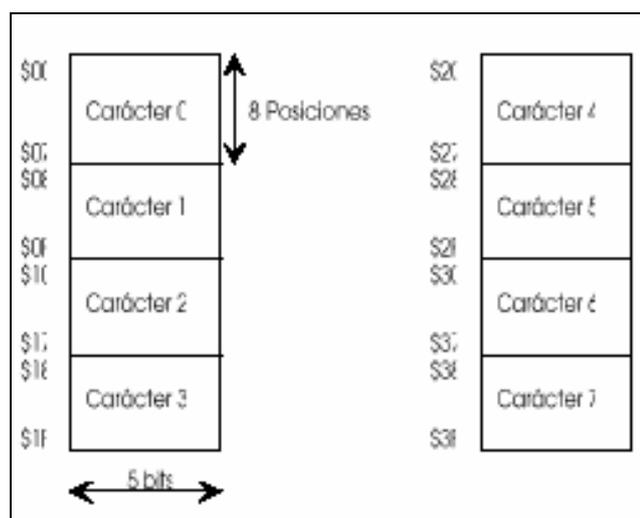


Figura 3.14 Mapa de memoria de la CG RAM

Cada carácter está constituido por una matriz de 5 columnas x 8 filas. Para definir un carácter y asignarle por ejemplo el código 0 habrá que almacenar en las posiciones \$00-\$07 los valores binarios de las 8 filas del carácter del usuario. Un bit con valor 1 representa un punto encendido. Un bit con valor 0 es un punto apagado. En la figura 3.15 se ha dibujado un carácter que se quiere definir. A la derecha del dibujo se encuentran los valores en binario y en hexadecimal que hay que almacenar en las posiciones de la CG RAM.

Carácter a definir por el usuario	Valores a almacenar en la CG RAM	
	BINARIO	HEXADECIMAL
■ ■ ■	0111	\$0E
■ ■ ■	0111	\$0E
■ ■ ■	0111	\$0E
■	0010	\$04
■ ■ ■ ■ ■	1111	\$1F
■	0010	\$04
■ ■ ■	0101	\$0A
■ ■ ■ ■	1000	\$10

Figura 3.15 Carácter definido por el usuario y sus valores a almacenar

Si se quiere que este carácter tenga asignado el código 0 habrá que almacenar el valor \$0E en la posición \$00, \$01 y \$02, el valor \$04 en la \$03.y el valor \$11 en la posición \$07, como se muestra en la figura 3.16 Una vez definido el nuevo carácter, cada vez que se envíe su código correspondiente al display se visualizará.

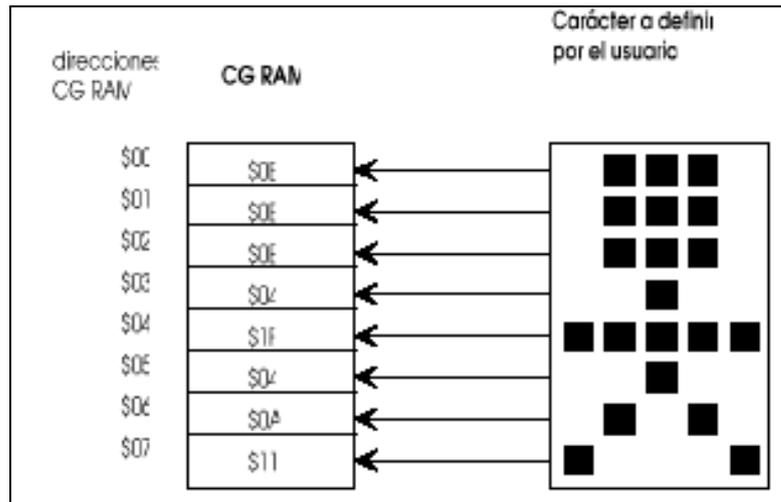


Figura 3.16 Valores a almacenar en la GG RAM para definir el carácter 0

Las abreviaturas utilizadas en el LCD se listan a continuación en la tabla III.3 y su significado:

Tabla III.3 Abreviaturas del LCD

Abreviatura	Descripción
S=1	Desplaza la visualización cada vez que se escribe un dato.
S=0	Modo normal
I/D=1	Incremento del cursor
I/D=0	Decremento del cursor
S/C=1	Desplaza el display
S/C=0	Mueve el cursor
R/L=1	Desplazamiento a la derecha
R/L=0	Desplazamiento a la izquierda
BF=1	Módulo ocupado
BF=0	Módulo disponible
DL=1	Bus de datos de 8 bits
DL=0	Bus de datos de 4 bits
N=1	LCD de dos líneas
N=0	LCD de una línea
F=1	Carácter de 5 x 10 puntos
F=0	Carácter de 5 x 7 puntos
B=1	Parpadeo de cursor ON
C=1	Cursor ON
D=1	Display ON
X=1	Interlineado

El juego de instrucciones consiste en diferentes códigos que se introducen a través del bus de datos del módulo LCD conectado al Port B del PIC.

### 3.2.6. CLEAR DISPLAY ( BORRAR DISPLAY)

Borra el módulo LCD y coloca el cursor en la primera posición (dirección 0).

Pone el bit **I/D** a "1" por defecto.

**Tabla III.4 Códigos del microcontrolador**

PD6 PIN 12	PD7 PIN 13	-	PD2 PIN4	PD3 PIN5	PD4 PIN6	PD5 PIN11	Conexión a tierra			
E	RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Tiempo de ejecución: 10 mS										

### 3.2.7. HOME (CURSOR A HOME)

Coloca el cursor en la posición de inicio (dirección 0) y hace que el display comience a desplazarse desde la posición original. El contenido de la memoria RAM de datos de visualización (DD RAM) permanecen invariables. La dirección de la memoria RAM de datos para la visualización (DD RAM) es puesta a 0.

**Tabla III.5 Código: de visualización DD-RAM**

PD6 PIN 12	PD7 PIN 13	-	PD2 PIN4	PD3 PIN5	PD4 PIN6	PD5 PIN11	Conexión a tierra			
E	RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	0	0	0	1	X	0	0	0	0
Tiempo de ejecución: 10 Ms										

### 3.2.8. (ESTABLECER MODO DE FUNCIONAMIENTO)

Establece la dirección de movimiento del cursor y especifica si la visualización se va desplazando a la siguiente posición de la pantalla o no.

Estas operaciones se ejecutan durante la lectura o escritura de la DD RAM o CG RAM. Para visualizar normalmente poner el bit **S** a " 0 ".

Tabla III.6. Código tiempo de ejecución

PD6 PIN 12	PD7 PIN 13	-	PD2 PIN4	PD3 PIN5	PD4 PIN6	PD5 PIN11	Conexión a tierra			
---------------	---------------	---	-------------	-------------	-------------	--------------	-------------------	--	--	--

E	RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	0	0	1	1/D	S	0	0	0	0
Tiempo de ejecución: 10 mS										

### 3.2.9. DISPLAY ON/OFF CONTROL (CONTROL ON/OFF)

Activa o desactiva poniendo en ON/OFF tanto al display (D) como al cursor (C) y se establece si este último debe o no parpadear (B).

Tabla III.7. Código tiempo de ejecución

PD6 PIN 12	PD7 PIN 13	-	PD2 PIN4	PD3 PIN5	PD4 PIN6	PD5 PIN11	Conexión a tierra			
E	RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	0	1	D	C	B	0	0	0	0
Tiempo de ejecución: 10 mS										

### 3.2.10. CURSOR OR DISPLAY SHIFT (DESPLAZAMIENTO DEL CURSOR/ DISPLAY)

Mueve el cursor y desplaza el display sin cambiar el contenido de la memoria de datos de visualización DD RAM.

Tabla III.8. Código tiempo de ejecución

PD6 PIN 12	PD7 PIN 13	-	PD2 PIN4	PD3 PIN5	PD4 PIN6	PD5 PIN11	Conexión a tierra			
E	RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	0	Sc	RI	X	x	0	0	0	0
Tiempo de ejecución: 10 mS										

### 3.2.11. FUNCTION SET (MODO DE TRANSFERENCIA DE LA INFORMACIÓN)

Establece el tamaño de interfase con el bus de datos (DL), número de líneas del display (N) y tipo de carácter (F).

### 3.2.12. (ACCESO A POSICIÓN COMPLETA DELA CG RAM)

El módulo LCD además de tener definidos todo el conjunto de caracteres ASCII, permite al usuario definir 4 u 8 caracteres gráficos. La composición de estos caracteres se va guardando en una memoria llamada CG RAM con capacidad para 64 bytes.

Cada carácter gráfico definido por el usuario se compone de 16 u 6 bytes que se almacenan en sucesivas posiciones de la CG RAM. Mediante esta instrucción se establece la dirección de la memoria CG RAM a partir de la cual se irán almacenando los bytes que definen un carácter gráfico.

Ejecutado este comando todos los datos que se escriban o se lean posteriormente, lo hacen desde esta memoria CG RAM.

Tabla III.9. Código tiempo de ejecución

PD6 PIN 12	PD7 PIN 13	-	PD2 PIN4	PD3 PIN5	PD4 PIN6	PD5 PIN11	Conexión a tierra			
E	RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	0	0	0	Dirección CGRAM		0	0	0	0
Tiempo de ejecución: 10 mS										

### 3.2.13. ACCESO A POSICIONES CONCRETAS DE LA DD RAM

Los caracteres o datos que se van visualizando, se van almacenando previamente en una memoria llamada DD RAM para de aquí pasar a la pantalla.

Mediante esta instrucción se establece la dirección de memoria DD RAM a partir de la cual se irán almacenando los datos a visualizar. Ejecutado este comando, todos los datos que se escriban o lean posteriormente los hacen desde esta memoria DD RAM.

Las direcciones de la 80h a la 8Fh corresponden con los 16 caracteres del primer renglón y de la C0h a la CFh con los 16 caracteres del segundo renglón, para este modelo.

Tabla III.10. Código tiempo de ejecución

PD6 PIN 12	PD7 PIN 13	-	PD2 PIN4	PD3 PIN5	PD4 PIN6	PD5 PIN11	Conexión a tierra			
E	RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	0	1	Dirección en RAM			0	0	0	0
Tiempo de ejecución: 10 ms										

### 3.3. ELABORACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA DE RECARGA

Los elementos necesarios para realizar la conexión tanto en el protoboard así como en la placa son los siguientes:

- 1 Display - LCD 2 x 16.
- 1 Microcontrolador ATMEGA8.
- 1 Cristal de cuarzo de 4MHZ.
- 2 Condensadores de 22pF.
- 1 Diodo zener 55018 de 5 voltios.
- 1 Regulador 78L5505.
- 3 Diodos 1N4148.
- 2 Resistencias (270Ω, 330Ω, ).
- 1 Diodo 1N4007..
- 1 Conector de 16 pines..
- 1 Condensador de 10 uf.
- 2 diodo led.
- 1 cinta ribón de 30 cm x 16 líneas.
- 1 Buzzer de 5 voltios.
- 1 Retazo de baquelita de 10 cm x 10 cm.

- 1 Fusible de 3 A
- 1 Portafusible

### 3.3.1.- DISEÑO DEL CIRCUITO IMPRESO

Se requiere el dibujo de las pistas para nuestros elementos, esto lo conseguimos con la ayuda del software PROTEL para trazar las líneas y pads del circuito, a continuación se presenta el diagrama obtenido del proyecto en la figura 3.17

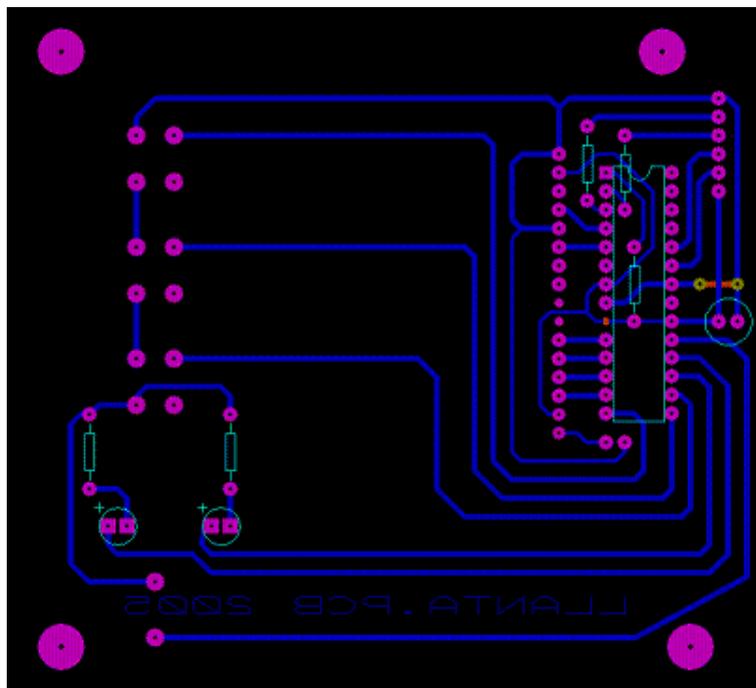


Figura 3.17 Etapa de procesamiento

Una vez que se ha establecido el diagrama de conexiones y con el programa simulador PROTEL, lo imprimimos con una impresora laser o copiadora (que tenga los cartuchos toner de polvo en color negro), papel de transferencia Press-n-Peel o (papel de transferencia PCB), se procede a obtener el PCB del circuito el mismo que nos servirá para su posterior construcción en la placa de bakelita

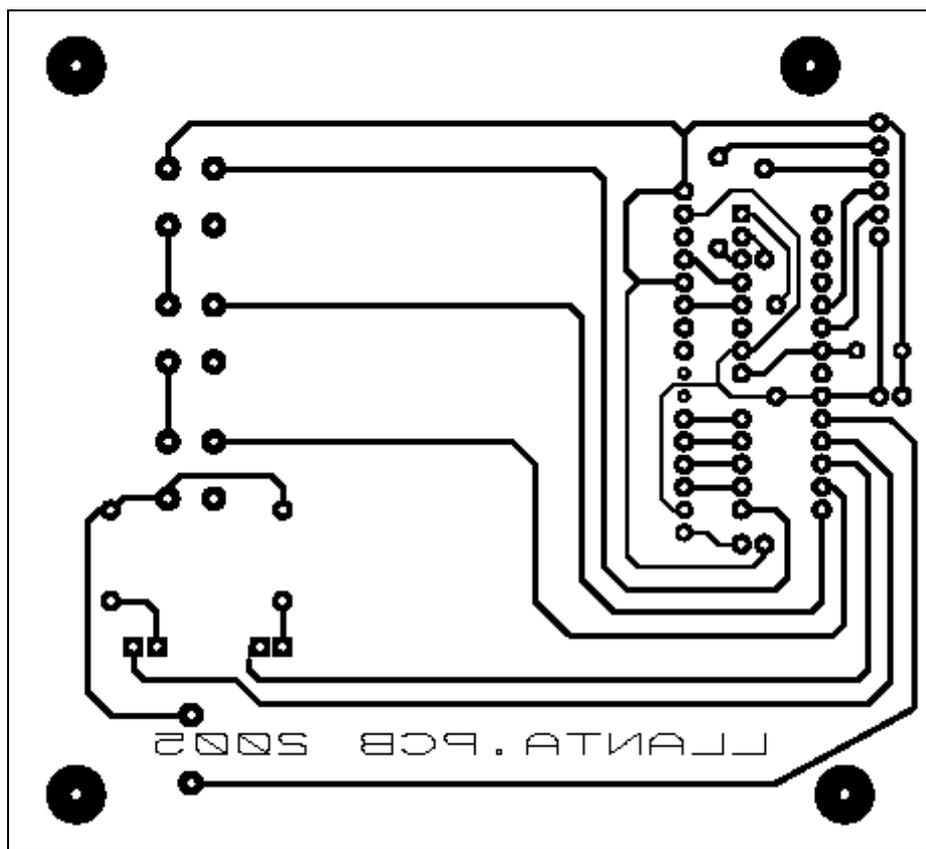


Figura 3.18 Esquemático del circuito impreso

El diagrama obtenido esta realizado un espejo, esto lo necesitamos por la transferencia térmica, la caja para ensamblar el circuito fue seleccionado teniendo en cuenta las medidas de nuestra placa de 10 cm X 10 Cm.

### 3.3.2.- TRANSFERENCIA TÉRMICA DEL PAPEL A LA PLACA

Al realizar la transferencia a la placa, esta debe estar completamente limpia y no debe ser tocada con los dedos, se debe sujetar por los bordes, el PCB con el lado de la tinta sobre el lado del cobre y lo introducimos debajo de una tela sobre una mesa rígida para aplicar calor con una plancha al máximo de su temperatura alrededor de 20 a 30 segundos, frotamos hasta

enfriar la placa y poder retirar el papel sin que se presenten partes cortadas o faltantes

### 3.4. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA Y RECARGA

En vista que el funcionamiento en el protoboard fue adecuado se procedió a soldar los elementos y conectores en la placa de baquelita, la figura 3.19 muestra la placa de la etapa de procesamiento.

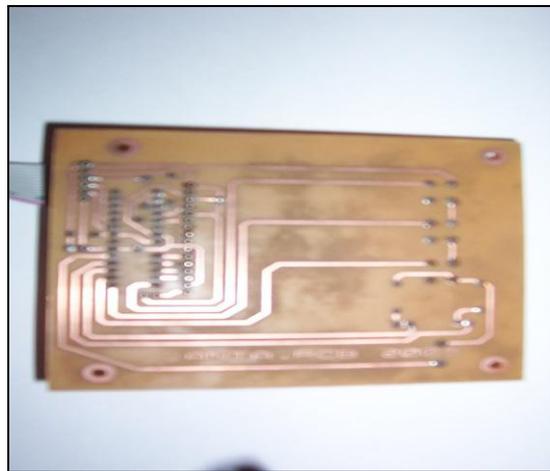


Figura 3.19. Bakelita revelada

En la figura 3.20 esta la placa del circuito de control acoplada al cuerpo del sensor y electroválvulas.

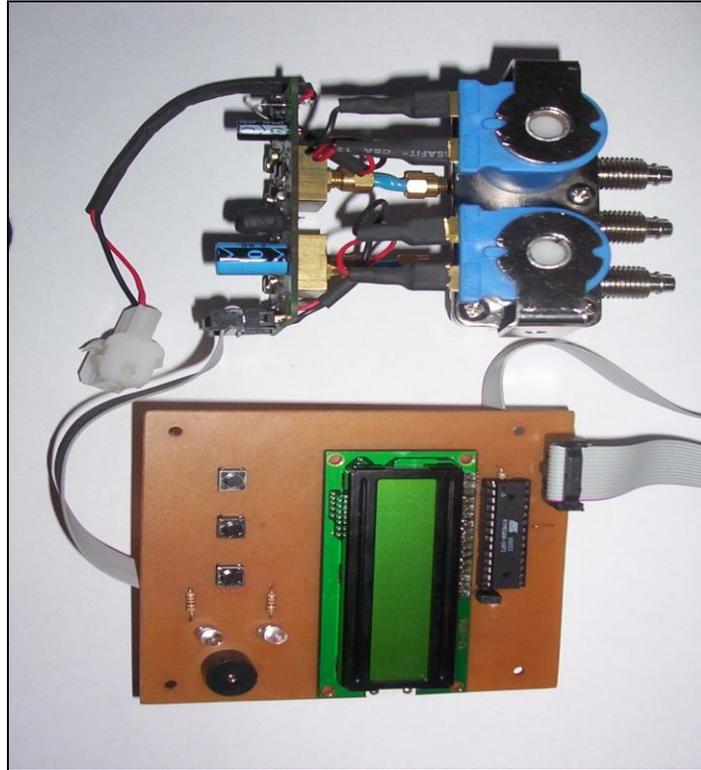


Figura 3.20 Conjunto electrónico armado

### 3.4.1.- ADECUACIÓN DE LOS CONTROLES DE AIRE

La unidad de mando fue sacada del sistema original Capanema, se adquirió para emplear las electroválvulas, las cuales funcionaban a 24 V, A fin de optimizar la alimentación de entrada, se cambio el cuerpo de válvulas por unas accionadas por 12 V.

Por el reducido espacio en vehículos livianos para el cual esta destinado el proyecto, representaría un gasto adicional, utilizar 2 baterías de 12V, lo que resulta un inconveniente para el ahorro de dinero y espacio.

El cuerpo de válvulas utilizadas en el proyecto se muestran en la figura 3.21



Figura 3.21 Cuerpo de válvulas

### 3.4.2.- DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA

El diagrama general del sistema lo podemos observar a detalle en la figura 3.22

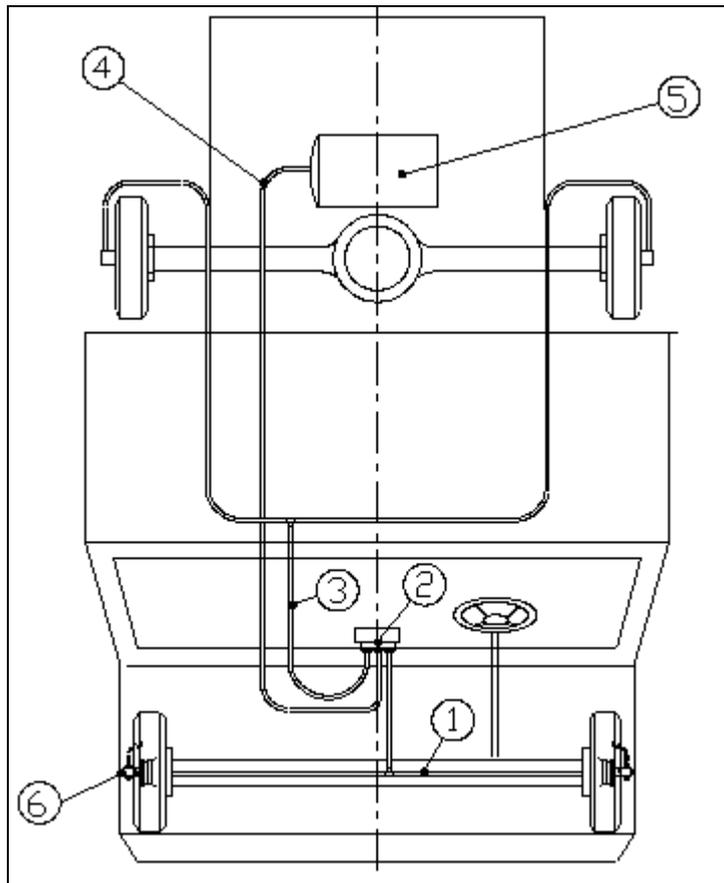


Figura 3.22. Diagrama general del sistema

1. Conexión de aire al eje delantero.
2. Alimentación de aire al equipo de control
3. Conexión de aire al eje posterior.
4. Válvula de seguridad
5. Acumulador.
6. Juntas rotativas.

### **3.5. INSTALACIÓN EN EL VEHÍCULO**

El vehículo que se utiliza para la adaptación de este sistema es de marca Chevrolet, modelo Trooper, del año 1986, de 2300 cc.

Realizadas las pruebas correspondientes al sistema de control de aire y recarga se procederá a la instalación en el vehículo. Los lugares a ubicarse estarán aislados de humedad, temperaturas elevadas y de cualquier otro peligro que ocasione un fallo del dispositivo y por lo tanto lecturas erróneas de presión.

#### **3.5.1.- INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE CONTROL**

Para la instalación del LCD se ha escogido la parte izquierda del tablero con el objetivo que el conductor pueda visualizar las lecturas correspondientes a la presión de sus neumáticos emitido por el microcontrolador.

La Figura 3.23 indica al LCD instalado en el tablero.



Figura 3.23 LCD instalado en el tablero

### **3.5.2. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE A LOS NEUMÁTICOS**

El vehículo que se utilizará para la adaptación de este sistema es de marca Chevrolet, modelo Trooper, del año 1986, de 2300 cc. Como podemos observar en la figura 3.24



Figura 3.24 Vehículo Tropper

### **3.5.3 ARMADO DEL SISTEMA**

- Repotenciación de compresor del aire acondicionado, a partir de un tanque de aire acondicionado que en el vehículo Chevrolet Trooper se encontraba suspendido. Se trabajo con sus entradas y salidas para adaptarlas con reductores de 5/16 para que pueda ser instalada la cañería principal de alimentación de aire.
- Conexión de cañerías de alimentación y suministro al acumulador, con diámetro de 8 mm.
- Construcción del acumulador a base de un depósito de refrigeración, el mismo que soporta 200 PSI. La selección del

acumulador se determino por el caudal y presión que entregaba el compresor a este acumulador se le adicionó un tornillo de purga en la parte lateral derecha, se le adiciono dos salidas de 5/16 de pulgada para la alimentación del sistema de mando y de igual manera con cañerías 5/16 “, para el llenado desde el compresor.



Figura 3.25 Acumulador de presión de la aplicación

- Adaptación al acumulador del presostato de mando, que desconecta a 100 PSI. Y conecta automáticamente a 50 PSI, el suministro de aire del compresor. Este presostato principal es de uso industrial y conmuta el compresor en dos posiciones on –off



Figura 3.26 Manómetros de medición

- Adaptación de una válvula reguladora de presión al acumulador la misma que alimenta el sistema a la presión deseada y para este caso se lo regulará desde 40 a 100 PSI.
- Adecuación de la Unidad de Mando con solenoides de 12V.

- Conexión del acumulador hacia el sistema de mando mediante manguera de 8 mm.
- Prolongación del visor de control hacia el tablero de instrumentos, en este caso el visor se coloca en el tablero de instrumentos para informar al conductor de anomalías en el sistema de aire de los neumáticos.
- Conexión de las dos salidas de la unidad de mando a las ruedas con la utilización de acoples T, tanto para el eje delantero como posterior, utilizando manguera de 8 mm.
- Acople de los expansores a la carrocería del automóvil con la utilización de dos platinas para las ruedas traseras.



Figura 3.27. Montaje de expansores

- Desarmado de las agujas de las válvulas de llenado de los neumáticos y se acoplo inmediatamente los adaptadores de las válvulas check. Para las ruedas delanteras.



Figura 3.28. Válvulas de llenado

- Adaptación de los rotores distribuidores (Válvulas de retención de aire a las ruedas delanteras, para lo cual de aprovecho los candados de tracción 4x4. para pasar por el interior del eje la

cañería de suministro. Se suspendió el mecanismo de candados y se perforo los ejes delanteros con diámetro de  $\frac{1}{4}$  y se soldó por el interior los rotores.



Figura 3.29 Adaptación de rotores distribuidores

- Adaptación externa de los rotores de distribución a las ruedas posteriores, mediante una cañería provista de una válvula check.



Figura 3.30 Adaptación rotores externos.

- Acople de la cañería de alimentación a las válvulas del neumático desde los expansores

### 3.7. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El presostato de mando (3), activa el compresor de aire (2), dependiendo de su calibración para llenar a 100 PSI el acumulador (4) y lo desactiva a los 40 PSI. Una vez que el acumulador esta lleno la válvula de

regulación (14) envía el aire a una presión de 60 PSI hacia la unidad de mando (5). La Unidad de mando permite regular la presión que deberá mantenerse constante en las cuatro ruedas, mediante perillas de regulación que permiten obtener dos presiones diferentes para el eje delantero y posterior, para nuestro proyecto se ha calibrado las ruedas delanteras a 28 PSI y las posteriores a 30 PSI. La unidad de mando contiene dos electroválvulas que son accionadas con 24 voltios. Los relojes indicadores (6 y 7) de presión se conectan a la unidad de mando (5) con dos cañerías finas que censan la presión de salida y permiten conectar o desconectar el paso de aire de la unidad de mando a las ruedas, así como también alertan al conductor cuando existe una caída de presión y cuando el aire es inyectado al eje delantero o posterior de ruedas. Una vez que la presión de salida se a regulado a 30 o 28 PSI., dependiendo del eje, el aire es inyectado a la llanta mediante el rotores y la cañería que conecta a la válvula de inflado del neumático, a través de una válvula Check que no permite el retorno del aire.

### **3.7.1. ROTORES**

Los rotores nos permiten hacer llegar el sistema de aire comprimido a las llantas. Estos van unidos a la rueda y su parte flotante a la cañería de alimentación, tienen la capacidad de trabajar con presiones superiores a los 180 PSI, asegurando un cierre estanco sin presencia de fugas a menos de 100PSI.



Figura 3.31 Rotores

En este diseño los rotores delanteros se acoplaron a la rueda de forma fija y su cañería de alimentación pasa por el interior del eje, como puede verse en la figura 4.6 K.

### 3.7. VENTAJAS DEL SISTEMA

- Rápido inflado de la rueda aún con neumático totalmente desinflado.
- Trabajo silencioso del compresor.
- Accionamiento automático de descarga en caso de sobre presiones.
- Alto almacenaje de aire en casos de emergencia.
- Control automático y constante de presión en las cuatro llantas.
- Disposición de dos presiones de regulación, tanto par el eje delantero y posterior.

### 3.10. DESVENTAJAS:

- Mantenimiento periódico del compresor.
- Dificultad de convertir la fuente de alimentación de 12 a 24 voltios.
- Utilización de una batería adicional que resta espacio en la cajuela del vehículo.
- La calibración de las presiones se hace dificultosa por tener un indicador con agujas y no digital.

### **3.9. CONDICIONES FUNDAMENTALES EN LA PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACION<sup>11</sup>**

Toda puesta en marcha de una instalación requiere una previa inspección para la puesta a punto de todos sus elementos y, además, una revisión parcial del circuito con objeto de que no ocurra ningún percance.

Sin estas condiciones no es posible obtener un buen funcionamiento, exponiendo la instalación a graves perjuicios mecánicos y económicos.

Se debe revisar los siguientes pasos para su puesta en servicio:

- a) Presión correcta de trabajo a la entrada del acumulador
- b) Aire completamente limpio
- c) El sistema es electro neumático, revisar tensión correcta.
- d) Conocer la secuencia o funcionamiento del circuito.
- e) Disponer de un mando de emergencia.
- f) Procurar la debida protección para la persona o personas que ponen la instalación en marcha.
- g) No dar el aire con brusquedad, sino de forma progresiva.

<sup>11</sup> Introducción a la neumática

### **3.11. PRINCIPIOS PARA LA PUESTA EN MARCHA**

Cuando se pone en marcha por primera vez una instalación hay que comprobar que no haya fugas en el sistema de distribución de aire, que no haya energización permanente al compresor ya que podría quemar las bobinas.

Conocer con todo detalle las instrucciones oportunas para que no se produzca ninguna avería.

Regular adecuadamente el equipo de control para que el aire proporcionado a los neumáticos este acorde a los requerimientos establecidos de presión.

Asegurarse de que el equipo de control de presión este provisto de un filtro en la línea de llegada al las electroválvulas para asegurar un prolongado y óptimo funcionamiento de las electroválvulas.

Asegurarse de que el compresor funcione a la perfección, puesto que ello puede ser causa de un mal funcionamiento del sistema al no disponer de la suficiente cantidad de aire para abastecer a los neumáticos en caso de emergencias. etc.

Revisar que la manguera de alimentación al reservorio no este obstruida puesta que ello ocasiona una contrapresión que le ocasionaría daños al compresor.

Revisar que el acumulador no tenga fugas de aire por las válvulas de retención.

## **IV PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y FIABILIDAD DEL SISTEMA DETECTOR DE PRESIÓN**

### **4.1. ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE DEGRADACIÓN DE LOS NEUMÁTICOS**

Los factores de presión de inflado, velocidad media, carga temperatura ambiente y superficies de contacto con relación al rendimiento afectan la vida útil de un neumático.

#### **4.1.1. Desgaste de la banda de rodamiento en función de la Presión**

##### **Inflado Correcto**

Permite que el neumático trabaje normalmente, tenga una adherencia correcta a la superficie de contacto y sufra un desgaste apropiado, sin eliminar las propiedades de frenado.

##### **Baja Presión.**

Las propiedades del neumático se pierden, existe un mayor desgaste en los hombros, aumenta el calentamiento en la carcasa y posibilita una separación de lonas, lo cual produce la pérdida del neumático.

##### **Alta Presión.**

Existe un desgaste central, el neumático por el sobre inflado es muy vulnerable a cortes no reparables.

Tabla IV.1 Valores de presión de inflado

PRESIÓN DE INFLADO		KILOMETRAJE (Km)		RENDIMIENTO NEUMÁTICO
(PSI)	(%)	Ki	Kp	(%)
36	115	3690	55350	90
30	100	4100	61500	100
20	80	3321	49815	81

•  
**4.1.2. Desgaste de la banda de rodamiento en función de la Velocidad media**

A medida que disminuye la velocidad del vehículo, aumenta el porcentaje de vida útil de un neumático,

Al incrementarse la velocidad, sube la temperatura de los neumáticos y decae la resistencia al desgaste de la banda de rodamiento, debilitándose el material de las cuerdas

**4.1.3. Desgaste de la banda de rodamiento en función de la Carga**

Cuanto mayor sea la carga mayor es la deflexión de cada neumático, causando el ensanchamiento del área de su contacto con el piso.

Actúan en un mismo tiempo, el mayor desplazamiento de la banda de rodamiento y también la mayor fuerza tangente que actúa sobre la superficie en contacto con el piso, esto genera un desgaste acelerado del neumático.

**4.1.4. Desgaste de la banda de rodamiento en función de la**

## temperatura

En las zonas donde prevalecen altas temperaturas el neumático es susceptible a perder sus propiedades por el efecto del calor, lo que produciría un recalentamiento, este calor tratara de evacuar por la parte externa del neumático hasta debilitarlo y dejarlo expuesto a roturas, daños, o explosión

### 4.1.5. Desgaste de la banda de rodamiento en función de la superficie de contacto

Las superficies de contacto determinan el desgaste y la vida de los neumáticos, en el caso de carreteras asfaltadas el desgaste es normal, cuando existe lastre y superficies irregulares la banda se va despedazando y existe mayor penetración de piedras que crean pinchazos.

Tabla IV.2 Vida útil por superficie de contacto.

<b>SUPERFICIE DE CONTACTO</b>	<b>INSPECCIÓN POR SECCIÓN (%)</b>	<b>VIDA Útil (%)</b>
1) Asfalto	20	80
2) Asfalto y lastre	35	65
3) Substancias Químicas	60	40

## 4.2. ANÁLISIS DE TEMPERATURA Y PRESIÓN DEL AIRE EN LOS NEUMÁTICOS

- **DATOS PARA EL CALCULO DEL ÁREA DEL NEUMÁTICO**

Neumático : 235/60 R15

Diámetro Total: 659mm (0.659m)

RIN: 15 pulg. ( 0.381m)

SECCION: 141 mm ( 0.141 m)

- **CALCULO DEL AREA**

D = Diámetro externo = 0.659m

d = Diámetro interno = 0.381m

A = área =?

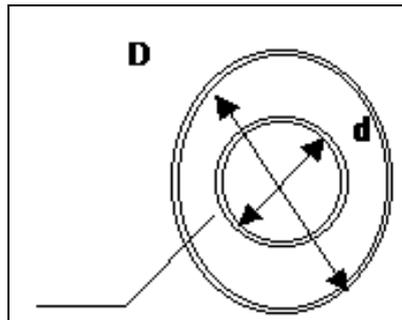


Figura 4.1. Cotas del neumático.

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

$$\pi (0.659^2 - 0.381^2)$$

$$A = 0.227 \text{ m}^2$$

### **CALCULO DEL VOLUMEN**

$$V = \text{Área} * \text{sección}$$

$$V = 0.227 \text{ m}^2 * 0.141 \text{ m}$$

$$V = 0.032 \text{ m}^3$$

### **LEY DE BOYLE Y CHARLES**

$$P_2 * V_2$$

$$P_1 * V_1$$

$$\frac{\quad}{T_2} = \frac{\quad}{T_1}$$

• **VARIANDO LA PRESIÓN**

$$P_1 = 30 \text{ PSI}$$

$$V_1 = V_2$$

$$T_1 = 15 \text{ °C}$$

$$P_2 = 40 \text{ PSI}$$

$$T_2 = ?$$

$$\frac{40 \text{ PSI} * V_2}{T_2} = \frac{30 \text{ PSI} * V_1}{15 \text{ °C}}$$

$$T_2 = 20 \text{ °C}$$

• **VARIANDO LA TEMPERATURA**

$$P_1 = 30 \text{ PSI}$$

$$V_1 = V_2$$

$$T_1 = 15 \text{ °C}$$

$$P_2 = ?$$

$$T_2 = 28 \text{ °C}$$

$$\frac{P_2 * V_2}{28 \text{ °C}} = \frac{30 \text{ PSI} * V_1}{15 \text{ °C}}$$

$$P_2 = 56 \text{ PSI}$$

• **CALCULO DE LA VELOCIDAD DEL AIRE EN LA TUBERIA PRINCIPAL**

$$Q = V * A$$

**Q** = Caudal

**V** = Velocidad

**A** = Area del Conductor

$$Q = \frac{66 \text{ litros}}{\text{Minuto}} = 3.96 \frac{\text{m}^3}{\text{H}} = 1.1 * 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$A = 0.486 \text{ cm}^2 = 4.86 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$V_1 = \frac{Q_1}{A_1} = \frac{1.1 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg}}{4.86 * 10^{-5} \text{ m}^2} = 22.63 \text{ m/seg}$$

## CALCULO DE CONSUMO DE POTENCIA DEL COMPRESOR

$$\text{Pot} = Q * P$$

**Pot** = Potencia Consumida

**Q** = Caudal

**P** = Presión a la Salida de la toma principal

$$Q_1 = 140 \frac{\text{Pie}^3}{\text{H}} = 66 \frac{\text{l}}{\text{min}} = 9.43 * 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$P_1 = 150 \frac{\text{lb}}{\text{Plg}^2} = 1035679.74 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$P_1 = 9.43 * 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{Seg}} * 1035679.74 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 977 \text{ W}$$

• **Factor de ampliación**

$$P = 977 \text{ w} * 1.2 = 1173 \text{ W}$$

$$P = 1173 \text{ Watts} = 1.5 \text{ Hp} = \text{Potencia Consumida del motor}$$

**CALCULO DEL VOLUMEN QUE REQUIERE EL NEUMATICO**

$$V = A \times \text{SECCIÓN}$$

$$V = 0.227 \text{ m}^2 \times 0.141 \text{ m}$$

$$V = 0.032 \text{ m}^3 = 32 \text{ litros de aire}$$

$$V = 32 \text{ l}$$

**CALCULO DE LA VELOCIDAD DEL AIRE A LA SALIDA DEL ACUMULADOR CAUDAL A 40 PSI DE PRESION (TUBERIA SECUNDARIA)**

$$Q_2 = 28 \text{ L / min} = 1.68 \frac{\text{m}^3}{\text{H}} = 4.66 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$V_2 = \frac{Q_2}{A_2} = \frac{4.66 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{4.86 \times 10^{-5} \text{ m}^2} = 9.58 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

• **CALCULO DEL TIEMPO PARA INFLAR UN NEUMATICO**

$$Q_2 = 4.66 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{seg}$$

$$\text{Volumen} = 0.032 \text{ m}^3$$

$$T = \frac{V}{Q} = \frac{0.032 \text{ m}^3}{1.68 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 0.019 \text{ h} = 68 \text{ Seg} // \text{ Para el Eje Delantero}$$

- **PERDIDAS POR FRICCION EN ACCESORIOS**

- **Pérdida en la tubería principal.**

$$Q = 66 \text{ L/min}$$

$$P_c = 0.06 \text{ kg/cm}^2 \text{ x cada 10 m de tubería}$$

$$\begin{array}{l} 10 \text{ m} \\ 2 \text{ m} \end{array} \begin{array}{l} \diagdown \\ \diagup \end{array} \begin{array}{l} 0.06 \text{ kg/cm}^2 \\ x \end{array}$$

$$X = 0.012 \text{ kg/cm}^2$$

- **Pérdida en la tubería Secundaria y Accesorios**

$$Q = 28 \text{ L/min} = 1.68 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$P_c = 0.01 \text{ por cada 10 m.}$$

(Tabla # 1 Anexo B)

$$\begin{array}{l} 10 \text{ m} \\ 2 \text{ m} \end{array} \begin{array}{l} \diagdown \\ \diagup \end{array} \begin{array}{l} 0.01 \\ x \end{array}$$

$$x = 0.002 \text{ kg/cm}^2$$

- **Pérdida en Accesorios**

$$\text{Pérdida en codo a } 90^\circ = 0.042$$

(Tabla # 2 Anexo B)

10 CODOS EN EL SISTEMA

$$10 \times 0.042 = 0.42 \text{ kg/ cm}^2$$

- **Pérdidas en T recta en el Interior** (Tabla # 2 Anexo B)  
TE = 0.015

$$2 \text{ Te en el sistema} = 0.03 \text{ kg/ cm}^2$$

$$\text{Pérdida en Válvulas} = 0.009 \quad (\text{Tabla \# 2 Anexo B})$$

- **Pérdida Total**

A = Tubería Principal + Tuberías Secundarias + Pérdida en Accesorios

$$0.012 + 0.002 + 0.42 + 0.03 + 0.09 = 0.5 \text{ kg / cm}^2 = 7.87 \text{ PSI}$$

#### **4.3.- VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y RECARGA DE NEUMÁTICOS**

El sistema de control y recarga de neumáticos está diseñado para brindar seguridad al mantener la presión de los neumáticos a las especificadas por el fabricante, convirtiéndose en un asistente permanente ante una eventual pérdida de presión en los neumáticos, y permitirle al conductor centrar su atención al conducir.

Con el objeto de salvaguardar al sistema de control, se instaló el circuito, conectando en derivación relés y fusibles de protección para prevenir riesgos de falla que pudiera cortocircuitar al equipo de control de presión.

El conductor una vez que ingresa, al poner en contacto el vehículo, el sistema se encenderá y empezará a desplegarse en la pantalla del LCD los valores de presión en los que se encuentran los neumáticos.

El sistema nos muestra que la presión correcta con la que esta fijada es de entre 30 y 32 PSI para vehículos livianos, lo que nos indica que no hay fugas de presión en las líneas que conectan con el equipo

La figura 4.2 nos muestra la pantalla el correcto funcionamiento del equipo



Figura 4.2 Estado del equipo sin novedad

#### **4.3.1. PRUEBAS Y SIMULACIÓN DE PERDIDAS DE PRESIÓN EN EL EJE DELANTERO Y POSTERIOR DEL VEHÍCULO.**

##### **PRUEBAS EN EL EJE DELANTERO**

Una vez que se simula una pérdida en la rueda delantera derecha, el sensor empieza a marcar baja presión, y empieza el accionamiento de las electroválvulas para restablecer la pérdida de aire, esta pérdida se la realiza aflojando la válvula check que conecta a la válvula de retención del neumático.



Figura 4.3. Detección de presión baja

La baja presión la indica con un mensaje “PRESIÓN BAJA”, y a los 10 msegundos empieza a restablecer el aire que esta escapando.

Adicionalmente la alarma se activa en esta circunstancia, y led indicador del eje también empezará a destellar indicando fugas de presión, la alarma se desconectara automáticamente cuando el neumático restablezca su presión, la misma que para el vehículo esta fijada en 30 PSI.

### **PRUEBAS EN EL EJE POSTERIOR**

Una vez que se simula una perdida en la rueda trasera derecha, el sensor empieza a marcar baja presión, y empieza el accionamiento de las electroválvulas para restablecer la pérdida de aire, esta pérdida se la realiza aflojando la válvula check que conecta a la válvula de retención del neumático.



Figura 4.4 Prueba en el tren posterior

La baja presión indica un mensaje “PRESION BAJA”, y a los 10 msegundos empieza a restablecer el aire que esta escapando. Para esta prueba se identifico el valor de presión mínimo en el cual empieza a marcar la presión de entrada a los neumáticos para poderlos restablecer. La figura nos muestra el valor en el cual el sensor empieza a detectar presión baja en ambos ejes y empieza a restablecer la presión en los neumáticos.



Figura 4.5. Valor de operación de sensado

La alarma se activa en esta circunstancia, y led indicador del eje también empezará a destellar indicando fugas de presión, la alarma se desconectara automáticamente cuando el neumático restablezca su presión, la misma que para el vehículo esta fijada en 30PSI.

#### 4.4. PRUEBAS EN EL EJE DELANTERO Y POSTERIOR DEL VEHÍCULO

Una vez existe una perdida de presión en la rueda posterior derecha, y rueda delantera derecha, el sensor empieza a marcar baja

presión, y empieza el accionamiento de las electroválvulas para restablecer la perdida de aire, esta perdida se la realiza aflojando la válvula check, conectadas en cada rueda, Una vez que se simula una perdida en la rueda trasera derecha, el sensor empieza a marcar baja presión, y empieza el accionamiento de las electroválvulas para restablecer la perdida de aire, esta perdida se la realiza aflojando la válvula check que conecta a la válvula de retención de cada neumático.



Figura 4.6 Pérdida de presión en los neumáticos derecha delantero y posterior

La alarma se activa en esta circunstancia, y los led indicadores de cada eje también empezará a destellar indicando fugas de presión, la alarma se desconecta automáticamente cuando los neumáticos restablezcan su presión, la misma que para el vehículo esta fijada en 30PSI.



Figura 4.7. Presión de inflado

La presión se ira restableciendo y en la pantalla aparecerán los valores de presión indicados en la figura 4.7 en este caso como la prueba se realizó con el mismo nivel de baja presión, los valores restablecidos van marcando paralelos a su llenado, hasta completar el valor próximo a 30 PSI, y evitar quedarse con la llanta baja.

Cabe mencionar que el equilibrio de presiones se consigue con la perdida de presión en la línea en la cual el neumático pierde aire, el aire enviado por las electroválvulas tendera a seguir por donde la resistencia al paso sea menor, por cuanto las válvulas check instaladas en cada rueda ayudan a equilibrar las presiones, y nunca permiten una sobre presión en los neumáticos que estén en buen estado.

#### **4.5. MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO DEL SISTEMA DE CONTROL Y RECARGA DE PRESIÓN**

Todos los elementos que forman parte del sistema de aire comprimido están sometidos a deterioros causados por el uso continuo, en especial cuando no se cambian los filtros, esto es debido a que las impurezas entran al sistema y ocasionan daños. Este deterioro está previsto que sea muy lento, pero si se utilizan en forma inadecuada puede ser muy rápido y producir graves inconvenientes.

El cuidado de las electroválvulas de control debe realizarse siguiendo un plan de mantenimiento preventivo, debido a que ellas son las encargadas de enviar el aire según los requerimientos a los neumáticos, y el aire que pasa por ellas debe ser completamente limpio de impurezas para elevar la duración en servicio de los sensores que actúan formando un solo cuerpo y garantizarlas dentro de las posibilidades. Un mantenimiento sistemático ahorra gastos innecesarios, que pueden producirse por perdidas de aire, reparaciones y tiempo de parada.

El exceso de aceite en el acumulador perjudica al equipo, ya que tiende a remorder a las electroválvulas, lo que ocasionaría fallas del equipo de control.

#### **4.5.1. MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR**

Para el mantenimiento de los compresores han de seguirse las instrucciones de servicio de los fabricantes ya que estas son distintas según el modelo. Entre los trabajos regulares figuran la comprobación, limpieza y reparación en caso de necesidad de los filtros de aspiración, de la lubricación con aceite y de la refrigeración.

#### **4.5.2. EL MANTENIMIENTO DEL EQUIPO**

Los puntos importantes a tener en cuenta para realizar un mantenimiento optimo del sistema

- **Fugas de aire**
- Siempre que el equipo indique pérdida de aire debe buscarse, un lugar seguro y con la infraestructura para proceder a la reparación de la fuga.
- Observe si algún neumático está con problemas. Si es afirmativo corrija la falla en un centro de servicio y realice nuevamente la prueba.
- Para desmontar el neumático se debe tener en cuenta las conexiones de las cañerías, teniendo la debida precaución para evitar dañarlas por mala manipulación.
- Para quitar la rueda es necesario desacoplar las conexiones de las cañerías con las juntas rotativas que se encuentran en el centro del neumático.

#### **4.5.3.- ANÁLISIS DE FALLAS EN EL TABLERO**

- **La Iluminación no trabaja.**

- Verificar que el conector posterior este bien fijo al zócalo, de lo contrario una mala señal puede activar la alarma. Verificar los fusibles de protección del sistema si no están quemado.
- **Manómetros no presurizan.**
- La llave de aire se verifica que este abierta para que haya alimentación de aire al equipo de control.
- Verificar que no haya obstrucción en la tubería de alimentación al equipo de control.
- Verifique que en la línea de presión que llega a los neumáticos no existan fugas de aire, esto ocasionara que el sensor determine baja presión y se active la electo válvula
- Para llevar a cabo este tipo de mantenimiento es necesario conocer la operación y montaje de los componentes, cuando se deterioran y cómo repararlos.

#### **4.6. CONSIDERACIONES BASICAS EN EL MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN.**

Los principios fundamentales para la conservación de un circuito o instalación neumática son:

- Hacer una revisión parcial, mediante inspección ocular, para ver si hay, en principio, desgastes de piezas que puedan ocasionar anomalías.
- Vaciar periódicamente y en forma regular los filtros.
- Purgar la instalación general para evitar corrosiones.
- Pintar los elementos que estén expuestos a condiciones climatológicas desfavorables.
- Ver si las tuberías han sufrido golpes, corrosión, obturación, si se han aflojado las conexiones por vibración, etc.
- Si el compresor está mucho tiempo sin funcionar, hacer un funcionamiento periódico con objeto de que se engrasen sus elementos.
- Hacer el mantenimiento preventivo de la instalación o el particular de los aparatos en los períodos de tiempo establecidos.
- Los aparatos y elementos neumáticos han de ser cuidados por personal especializado. El personal de mantenimiento adiestrado, esto reduce los gastos de reparaciones y los tiempos de parada.

#### **4.8. FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO.**

El mantenimiento a los elementos externos se lo debe realizar según nos indica la tabla para asegurar el buen funcionamiento del equipo

Tabla IV.3. Tabla de mantenimiento de instalaciones

<b>Orden</b>	<b>Elemento</b>	<b>Período</b>	<b>Actividad</b>
1	Instalación en general	100 horas	Limpieza
2	Depósito del compresor	50 horas	Purgar
3	O rings válvulas check	50 horas	Cambio
4	Filtros	50 horas	Cambio
5	Acoples y uniones	100 horas	Inspección

#### **4.8. MANUAL DEL USUARIO**

El sistema de control de presión es un equipo automático que supervisa y mantiene la presión de los neumáticos, según la especificación de los fabricantes, dispone de señales luminosas y resonantes que informan al conductor de una eventual pérdida de presión en los neumáticos.

- **Los beneficios**

Supervisa y mantiene la presión de los neumáticos, el detector de presión y recarga proporciona economía, la seguridad, el confort y evita el retraso en el viaje.

Es comprobado que un neumático con la presión baja pierde hasta un 50% de su vida útil, y que con el exceso de presión pierde hasta un 15%, además de provocar un aumento en el consumo de combustible del vehículo.

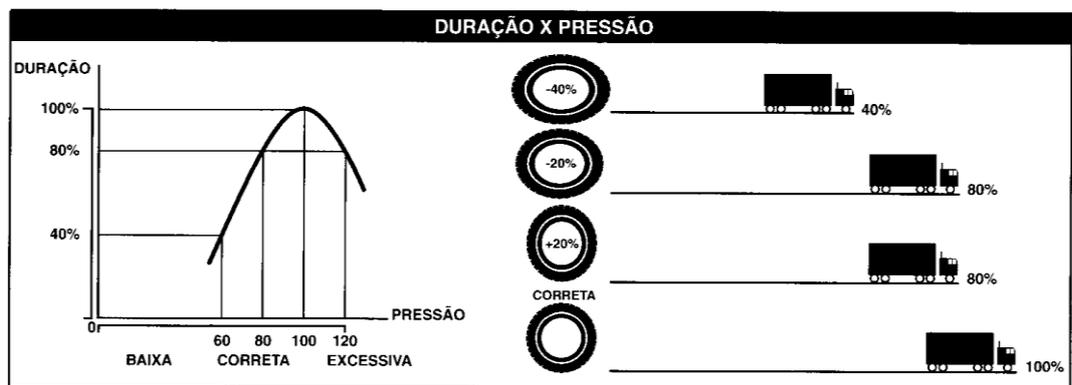


Figura 4.8. Duración del neumático en función de la presión

- **Esquema de instalación.**

El sistema neumático instalado en el vehículo se muestra en la figura 4.9. con sus respectivos componentes.

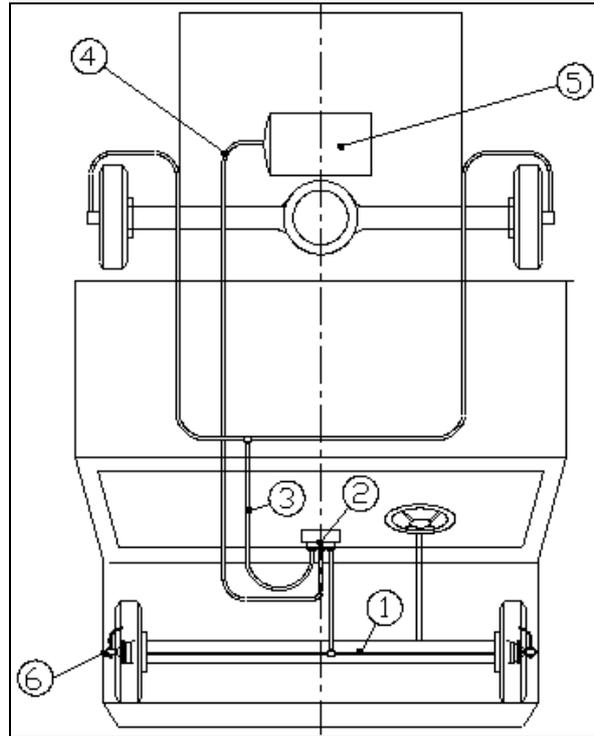


Figura 4.9. Esquema neumático del sistema.

- 1) Red de aire delantera
- 2) El tablero
- 3) Red de aire Trasera
- 4) Alimentación de aire al Equipo (la Válvula de seguridad)
- 5) Acumulador.
- 6) conexión a las Ruedas

La alimentación de aire comprimido que se dirige al tablero (2) está alejado de la válvula de seguridad (4). EL tablero controla y distribuye el aire comprimido para la red delantera (1), y para la red posterior (2), el aire comprimido se transfiere a los neumáticos por las conexiones de rueda (6).

## **ESTRUCTURA DEL EQUIPO**

El sistema esta formado por los siguientes componentes

### **• TABLERO DE CONTROL**

Consta de dos sensores que monitorean la presión de los neumáticos, para los ejes delantero y posterior, a través de 2 manómetros independientes, cuenta además con señales luminosas y resonantes que le informan al instante al chofer en caso de la caída de presión en los neumáticos. La tensión de alimentación es de 12 V..

#### • **LA ALARMA RESONANTE.**

La alarma funciona cuando detecta caída de presión en los neumáticos, funciona cuando la caída en la red es de 22 PSI y se apaga automáticamente cuando llega a los 28 PSI , si la caída de presión es permanente esta siempre estará activa.

#### • **ELECTROVALVULAS**

En el tablero tiene tres pulsadores que sirven para apagar cada línea de presión y uno de paro general y reset del sistema, estos pulsadores se utilizaran en caso que la válvula se active cuando alguna tubería estese rota.

#### **VISOR DE REGULACIÓN**

Desde el visor de regulación se puede operar las siguientes funciones:

- Reset del sistema.
- Elección de las presiones de llenado, con un rango desde 16 PSI a 30 PSI.
- Activar o desactivar el sistema.
- Visualizar digitalmente la presión de los neumáticos delanteros y posteriores.
- Activar o desactivar la alarma de falla o pérdida de presión de los neumáticos.

## **FUNCIONAMIENTO**

El sistema de control y recarga de presión de neumáticos funciona conectado al sistema de aire del vehículo, que por medio de un manómetro, detecta la caída de presión, accionando automáticamente la recuperación de la presión, que es indicada en el tablero de control, el vehículo puede rodar así con un neumático pinchado hasta su destino o hasta un lugar seguro para efectuar el cambio o reparación del neumático, evitando así retrasos en el viaje

## **RECUERDE:**

La función del sistema de control es mantener la presión de los neumáticos cuando ocurre algún desperfecto en estos, pero no se debe exigir al neumático por prolongados periodos de funcionamiento con algún deterioro, esto reduciría la vida útil del neumático y se incrementaría el consumo de combustible, se recomienda que el propietario busque un lugar seguro para sustituir o reparar el neumático averiado, pero no abusar. nunca camine con un neumático averiado por un tiempo mas estrictamente que el necesario, porque esto puede causar los daño y perjuicios a los neumáticos.

## **SUGERENCIAS**

- En el uso diario del equipo mantenga la llave de aire del acumulador abierta
- Drenar el depósito de aire del vehículo regularmente para eliminar el aceite del sistema.
- Inspeccione periódicamente el sistema de aire comprimido para evitar que haya fugas menores. Esto activaría al compresor innecesariamente y produciría consumo de energía del motor
- Revisar el equipo de distribución de aire cada seis meses

## CONCLUSIONES.

- **Se ha construido un sistema detector de presión y recarga de neumático para vehículos livianos.**
- **Este trabajo de investigación se orientó a investigar la factibilidad tecnológica para el diseño de este sistema utilizando los conocimientos de neumática aplicada y con elementos de fácil disposición en el mercado para aplicarlo a vehículos livianos.**
- **El sistema de control y recarga de presión de neumáticos funciona conectado al sistema de aire del vehículo, que por medio de un manómetro, detecta la caída de presión, accionando automáticamente la recuperación de la presión, que es indicada en el tablero de control.**
- **El vehículo puede rodar así con un neumático pinchado hasta su destino o hasta un lugar seguro para efectuar el cambio o reparación del neumático, evitando así retrasos en el viaje.**
- **El sistema de control y recarga de neumáticos está diseñado para brindar seguridad al mantener la presión de los neumáticos a las especificadas por el fabricante, convirtiéndose en un asistente permanente ante una eventual pérdida de presión en los neumáticos, y permitirle al conductor centrar su atención al conducir.**
- **El sistema de control de presión es un equipo automático que supervisa y mantiene la presión de los neumáticos, según la especificación de los fabricantes, dispone de señales luminosas y resonantes que informan al conductor de una eventual pérdida de presión en los neumáticos.**
- **Los factores de presión de inflado, velocidad media, carga temperatura ambiente y superficies de contacto con relación al rendimiento afectan la vida útil de un neumático.**

## RECOMENDACIONES.

- Drenar el depósito de aire del vehículo regularmente para eliminar el aceite del sistema.
- Inspeccione periódicamente el sistema de aire comprimido para evitar que haya fugas menores. Esto activaría al compresor innecesariamente y produciría consumo de energía del motor
- Revisar el equipo de distribución de aire cada seis meses.
- El cuidado de las electroválvulas de control debe realizarse siguiendo un plan de mantenimiento preventivo, debido a que ellas son las encargadas de enviar el aire según los requerimientos a los neumáticos, y el aire que pasa por ellas debe ser completamente limpio de impurezas para elevar la duración en servicio de los sensores que actúan formando un solo cuerpo y garantizarlas dentro de las posibilidades.
- Un mantenimiento sistemático ahorra gastos innecesarios, que pueden producirse por pérdidas de aire, reparaciones y tiempo de parada.
- Hacer una revisión parcial, mediante inspección ocular, para ver si hay, en principio, desgastes de piezas que puedan ocasionar anomalías.
- Vaciar periódicamente y en forma regular los filtros.
- Pintar los elementos que estén expuestos a condiciones climatológicas desfavorables.
- Ver si las tuberías han sufrido golpes, corrosión, obturación, si se han aflojado las conexiones por vibración, etc.
- *Con una presión adecuada, las llantas duran más, ahorran combustible y ayudan a prevenir accidentes. La “presión adecuada” de aire es la especificada por el fabricante del vehículo.*

## **BIBLIOGRAFIA**

- **Guillén A: Introducción a la Neumática, Editorial Marcombo, España, 1993.**
- **Carnicer E: Aire Comprimido, 2da edición, Editorial Paraninfo, España, 1994..**
- **Roldan J: Neumática y Electricidad Aplicada, Editorial MacGraw Hill 1992**
  
- ALONSO José Miguel, “Técnicas del automóvil Chasis”, Editorial Paraninfo, Madrid, 1999.
  
- ALONSO José Miguel, “Técnicas del automóvil Equipo Eléctrico”, Editorial Paraninfo, Madrid, 1998.
  
- Carlos Reyes, “Programación de microcontroladores”, Graficas Ayerve, Ecuador 2004
  
- ANGULO Carlos, “Prácticas de electrónica en semiconductores básicos”, Editorial McGraw-Hill, Madrid, 1994.

Latacunga,

del 2005

Realizado por:

.....  
NÉSTOR JAVIER CÓNDOR VELÁSQUEZ

.....  
ING. JUAN CASTRO.  
DIRECTOR DE LA CARRERA  
DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.

.....  
DR. EDUARDO VÁSQUEZ  
SECRETARIO ACADÉMICO.