

300617
19
2ej



Universidad La Salle

ESCUELA DE INGENIERIA

Incorporada a la U.N.A.M.

DISEÑO DE ARNESES
ELECTRICOS AUTOMOTRICES

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de
INGENIERO MECANICO - ELECTRICISTA
CON AREA PRINCIPAL EN ELECTRONICA

p r e s e n t a

LILIANA GARCIA CARPIO

Director de tesis: Ing José A. Torres Hdez.

MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1991



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Contenido

INTRODUCCION	1
Capítulo 1 DISEÑO DE UN ARNES ELECTRICO AUTOMOTRIZ	5
1.1 PASOS A SEGUIR PARA EL DISEÑO DE UN ARNES.	5
Capítulo 2 DISTRIBUCION DE PODER	9
2.1 ANTECEDENTES.	9
2.2 REDES DE TIERRAS.	20
2.2.1 CLASIFICACION.	20
2.3 CONMUTACION.	24
2.3.1 CONMUTACION LOCAL.	25
2.3.2 CONMUTACION REMOTA.	28
2.3.2.1 El Relevador Electromecánico (REM):	31
2.3.2.2 El Relevador de Estado Solido (RES):	37
Capítulo 3 PROTECCIONES	44
3.1 INTRODUCCION.	44
3.1.1 DEFINICION Y PROPOSITO.	45
3.1.2 APROXIMACION A LA PROTECCION DE CIRCUITOS.	46
3.1.3 CONSIDERACIONES.	47
3.1.4 TIPOS DE CIRCUITO AUTOMOTRICES.	49
3.1.4.1 Circuitos de Poder:	50
3.1.4.2 Circuitos de Señal:	50
3.1.4.3 Circuitos de Tierra:	51
3.1.5 SITUACION ACTUAL DE LAS PROTECCIONES.	51
3.1.5.1 Fusibles:	52
3.1.5.2 Cable Fusible:	53
3.1.5.3 Interruptor de Circuito:	54
3.1.6 APROXIMACION A LA PROTECCION DE CIRCUITOS.	57
3.1.6.1 Resumen de las Cargas Eléctricas de un Vehículo:	57
3.1.6.2 Diagrama de Protecciones del Vehículo:	57
3.1.6.3 Función Contra Localización en la Protección de Circuitos:	58
3.2 SELECCION DE FUSIBLES.	59
3.2.1 CORRIENTES DE ESTADO ESTABLE PARA DIVERSAS CARGAS.	60
3.2.2 TEMPERATURA AMBIENTE DEL FUSIBLE.	60
3.2.3 CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE DE UN FUSIBLE.	61
3.2.4 SELECCION DE FUSIBLES SIN APERTURAS FALSAS.	63
3.3 SELECCION DE UN CABLE FUSIBLE.	64

3.3.1	CORRIENTES DE LAS CARGAS DEL SISTEMA.	65
3.3.2	TEMPERATURA AMBIENTE DE UN CABLE FUSIBLE. . .	65
3.3.3	CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE DE UN CABLE FUSIBLE.	66
3.3.4	SELECCION DE UN CABLE FUSIBLE SIN DEGRADACION.	66
3.4	SELECCION DE UN INTERRUPTOR DE CIRCUITO.	69
3.4.1	CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE DE UN INTERRUPTOR DE CIRCUITO.	70
3.5	NUEVAS TENDENCIAS.	72
3.5.1	ELEMENTOS DE FUSION PACIFICOS.	72
3.5.2	MINIFUSIBLES.	73
3.5.3	MAXIFUSIBLES.	74
Capítulo 4	SELECCION DE CABLES	77
4.1	CABLE PROTEGIDO POR FUSIBLES.	77
4.1.1	CAPACIDAD PARA LA CONDUCCION DE CORRIENTE DE UN CABLE EN ESTADO ESTABLE.	78
4.1.2	CAPACIDAD PARA LA CONDUCCION DE CORRIENTE DE UN CABLE EN CONDICIONES DE SOBRECARGA.	83
4.2	CABLE PROTEGIDO POR UN CABLE FUSIBLE.	97
4.3	CABLE PROTEGIDO POR UN INTERRUPTOR DE CIRCUITO.	98
4.3.1	CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE DE UN CABLE EN ESTADO ESTABLE.	99
4.3.2	CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE DE UN CABLE EN CONDICIONES DE SOBRECARGA.	99
4.4	NUEVAS TENDENCIAS.	106
4.4.1	CABLE IRRADIADO.	106
4.4.2	CABLE DE PARED DELGADA.	107
4.4.3	CABLE COMPRIMIDO.	107
Capítulo 5	PRUEBAS DE VALIDACION ELECTRICA DE UN ARNES.	110
5.1	INTRODUCCION.	110
5.2	PRUEBA DE PERFILES DE VOLTAJE Y CORRIENTE.	113
5.3	PRUEBA A PLENA CARGA DE UN DISPOSITIVO DE PROTECCION.	114
5.4	PRUEBA DE CORTO CIRCUITO.	116
5.4.1	PRUEBA DE CORTOS PARA FUSIBLES.	116
5.4.2	PRUEBA DE CORTOS PARA CABLE FUSIBLE.	118
5.4.3	PRUEBA DE CORTOS PARA INTERRUPTORES DE CIRCUITO.	119
5.5	PRUEBA DE CORTO CIRCUITO RESISTIVO CON SOBRECARGA VARIABLE.	120
5.6	PRUEBA DE CORRIENTES PARASITAS.	124
Capítulo 6	ELECTRONICA AUTOMOTRIZ	126
6.1	ANTECEDENTES	126
6.1.1	CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS ELECTRONICOS AUTOMOTRICES	128
6.1.2	CONFIABILIDAD DE LOS SISTEMAS ELECTRONICOS AUTOMOTRICES	132
6.2	MULTIPLEXADO AUTOMOTRIZ	133

6.2.1 GENERALIDADES.	133
6.2.2 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE MULTIPLEXADO AUTOMOTRIZ.	136
6.2.3 EVALUACION DE COSTOS.	143
CONCLUSIONES	145
BIBLIOGRAFIA	147

INTRODUCCION

El arnés es todo el sistema eléctrico de un automóvil, destinado a distribuir la energía requerida por cada una de las cargas eléctricas del mismo.

Para facilidad en el manejo e instalación de un arnés en el vehículo, éste se subdivide en diversos módulos o subensambles que se interconectan entre sí para formar el arnés total.

Los componentes más elementales de un arnés son: cable automotriz, terminales eléctricas, conectores, molduras plásticas, protecciones, tubos corrugados, cintas, seguros y clips.

Las características más importantes de un cable son su longitud, calibre y color. Un cable con sus correspondientes terminales forma un circuito. La unión de varios circuitos forma un subensamble.

Un conjunto de subensambles interconectados y sujetos por medio de cintas y tramos de tubo corrugado forman un arnés. Visto en conjunto, físicamente el arnés tiene un cuerpo principal de cables del cual se desprenden ramales. Es al final de dichos ramales donde se encuentran las terminales y conectores que van a las diferentes cargas o puntos de tierra.

Inicialmente los arneses automotrices se componían de un número muy reducido de circuitos, ya que las cargas eléctricas del automóvil se reducían a faros y luces traseras.

A medida que fueron surgiendo nuevos adelantos destinados a brindar seguridad y comodidad al conductor, el número de circuitos requeridos fué aumentando rápidamente. Hoy en día, los arneses automotrices son sumamente complicados debido a la enorme cantidad de cargas y accesorios que deben alimentar, amén de las diferencias existentes dentro de un mismo modelo de vehículo (normal, austero y de lujo).

Este crecimiento en el número de circuitos se sabe seguirá ocurriendo debido a que los requerimientos de seguridad son cada vez más estrictos y los sistemas destinados a brindar comodidad y confort a los pasajeros son cada vez más numerosos. Por lo tanto, es necesario incorporar continuamente nuevos y complicados sistemas. Tal es el caso de las bolsas de aire para impactos, los frenos controlados electrónicamente, los sistemas de control de temperatura, etc.

La figura 1 representa la curva de crecimiento esperada para el número de circuitos de los arneses durante los próximos años.

Es debido a este crecimiento desmedido del número de circuitos, que los fabricantes de automóviles se han visto en la necesidad de optimizar sus diseños reduciendo volúmenes, peso y costo y aumentando la confiabilidad y seguridad de los mismos.

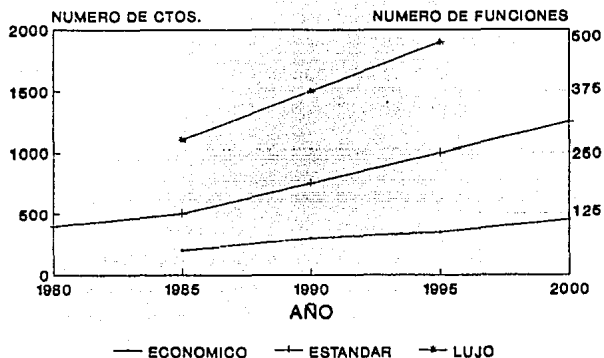


Figura 1: NUMERO DE CIRCUITOS VS NUMERO DE FUNCIONES

En base a todo lo expuesto anteriormente, el presente trabajo pretende analizar todas las áreas pertinentes para diseñar arneses eléctricos automotrices incorporando todos los nuevos adelantos y desarrollos destinados a incrementar la comodidad y seguridad del usuario y a reducir las posibles causas de fallas en los mismos.

Debido a la importancia actual de la industria automotriz en México, es necesario que el país se mantenga siempre actualizado en sus diseños y servicios; por tal motivo, otro de los puntos a estudiar en este trabajo de tesis serán las tendencias existentes en el diseño en cuanto a optimización de los componentes de un arnés eléctrico así como la introducción de diversos componentes y sistemas electrónicos como es el caso del

multiplexado con fibras ópticas el cual representa una muestra de los adelantos tecnológicos con los que el hombre cuenta para su servicio.

Actualmente, la industria automotriz representa una gran fuente de ingresos para nuestro país. La figura 2 representa un estudio comparativo de los volúmenes de vehículos producidos en el país desde 1985 hasta los que se producirán en 1992.

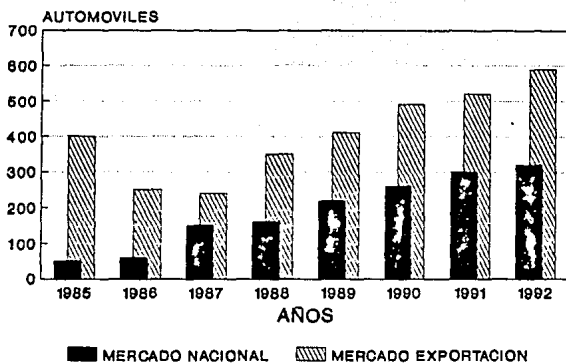


Figura 2: VOLUMEN DE PRODUCCION DE VEHICULOS EN MEXICO 85-92

Capítulo 1

DISEÑO DE UN ARNES ELECTRICO AUTOMOTRIZ

1.1 PASOS A SEGUIR PARA EL DISEÑO DE UN ARNES.

En este capítulo definiremos los pasos consecutivos que se deben seguir para diseñar un arnés automotriz.

Nuestro estudio se inicia suponiendo que ya conocemos exactamente cuales van a ser las cargas eléctricas del automóvil; esto es, que tipo de motores, sensores, componentes electrónicos, componentes electromecánicos, microprocesadores y accesorios tales como termómetros, bolsas de aire, seguros y vidrios eléctricos va a llevar el vehículo.

También deberemos asumir que contamos con la información completa de las características de operación de cada una de las cargas antes mencionadas; es decir, voltajes, corrientes y resistencias que requieren o representan; así como de su ubicación exacta dentro del automóvil con el fin de conocer las distancias existentes entre ellas y la alimentación o fuente de poder (batería).

Es importante antes de plantear los pasos para un diseño, conocer los objetivos y requerimientos básicos que dicho diseño debe cumplir. Estos objetivos nunca deben perderse de vista pues basta que uno de ellos no se cumpla para que nuestro diseño deje de ser óptimo y aceptable.

Estos objetivos son:

- Confiabilidad.
- Eficiencia.
- Reducción de costos.
- Facilidad de manufactura.
- Seguridad.
- Calidad.
- Facilidad de servicio.
- Facilidad de manejo en la instalación y ensamble.
- Versatilidad para el manejo de accesorios.
- Incorporación de avances y desarrollos que persigan la optimización del producto.

Una vez que se conocen las características de todas las cargas eléctricas-electrónicas del arnés, se deberán identificar las entradas y salidas de cada una de ellas para interconectarlas entre sí. Cada unión de una entrada con una salida se considera como un circuito dentro del arnés. Es en este punto cuando se realiza la localización de las uniones convenientes en el arnés.

Hasta este punto conocemos ya las cargas del vehículo, sus características e interconexiones, su localización exacta dentro del automóvil y por tanto las longitudes aproximadas de cada uno de los circuitos y las uniones factibles de incorporar.

Es a partir de este punto donde se inicia el análisis llevado a cabo en el presente trabajo.

El primero de los puntos a considerar es la distribución de poder óptima para el vehículo. Una vez que conocemos cargas y manejos de corrientes y voltajes, deberemos definir cual es la mejor forma de alimentar a todas las cargas. Esto incluye la red de tierras o circuitos de retorno con que deberemos contar y el tipo de conmutación adecuado para el vehículo. Esta conmutación puede ser local o remota según se requiera.

El siguiente paso será determinar que circuitos deberán protegerse y que tipo de protección es el más adecuado. Esto es, si debemos usar cable fusible, fusibles o interruptores de circuito. Una vez seleccionado el tipo de protección, deberemos calcular los valores de las protecciones.

El cálculo de los valores de las protecciones es uno de los pasos más relevantes en el diseño de un arnés, dado que un error en dichos cálculos puede traer graves consecuencias y problemas en el vehículo.

Una vez conocidas las protecciones que se van a utilizar, es necesario seleccionar el tipo de cable requerido, así como su calibre, aislamiento y características especiales.

El siguiente paso en el proceso de diseño de un arnés es considerado como uno de los más complicados. Este paso consiste en seleccionar las terminales y conectores del arnés, así como los diversos accesorios que requiere (grommets, cintas, clips, sellos, tubo corrugado, molduras, etc.). La complejidad de esta selección radica en la gran variedad de terminales y conectores existentes, aunado a la diversidad de accesorios con terminales ya definidas a las cuales hay que adaptarse.

En el caso de los conectores en línea (utilizados para unir un arnés con otro) es importante considerar la existencia de vibraciones que tienden a desconectarlos.

Otro punto de gran relevancia al seleccionar los conectores es la "polarización" de los mismos; esto es, identificar los conectores de manera que sea prácticamente imposible conectarlos en una contra equivocada. Esto se logra variando formas, colores, guías, etc.

En el caso de las terminales, su importancia radica en la aplicación que tienen; es decir, si van a manejar señal o corriente, que tan importante es que el contacto sea siempre perfecto, cual es el calibre del cable al que se van a aplicar, que material es el óptimo (latón, cobre, oro, etc.), si se requiere alguna grasa especial que asegure un buen contacto o que prevenga la corrosión, etc.

A continuación deberán seleccionarse cintas, grommets, seguros y sujetadores cuya ubicación depende del enrutado que vaya a seguir el arnés.

El enrutado del arnés está planteado desde el principio del diseño, pero a medida que este va avanzando, el enrutado puede variar ligeramente hasta llegar a este punto donde se establece el definitivo.

Una vez completados todos estos pasos, se procede a realizar el esquemático definitivo del arnés y a partir del mismo el plano final.

Por último, en base a dichos planos se procede a la construcción de algunos prototipos y se realizan diversas pruebas como son las de corto circuito, envejecimiento y dimensionales con el fin de validar el diseño.

Capítulo 2

DISTRIBUCION DE PODER

2.1 ANTECEDENTES.

Todos los circuitos eléctricos automotrices típicos se componen de 6 tipos de elementos que son:

- Fuente de poder (batería y alternador).
- Conductores (cables y chasis del vehículo).
- Protecciones (fusibles, cables fusibles, interruptores de circuitos y resistencias).
- Controles (interruptores, relevadores, temporizadores, etc.).
- Cargas (lámparas, motores, módulos electrónicos, sensores, etc).
- Conexiones a tierra.

Generalizando, podemos decir que en los automóviles, la electricidad tiene 3 aplicaciones principales que son:

- Generación de luz (luces traseras, delanteras, interiores, etc.).
- Generación de calor (desempañador, calefacción, etc.).
- Generación de movimiento (ventilador, ventanas eléctricas, etc.).

A continuación describiremos brevemente los 6 elementos básicos del circuito eléctrico y su simbología.

1) Batería: Para operar luces, calefacción, motores, etc. el sistema eléctrico debe contar con una fuente de poder la cual comúnmente es una batería de 12 volts.

2) Conductores: En muchos de los casos, dentro del sistema eléctrico se utiliza un circuito de alimentación y como circuito de retorno el chasis del automóvil para conectar las cargas eléctricas.

Cada circuito del vehículo debe tener un número y un color asignado. Algunas combinaciones se logran utilizando colores base combinados con otro contrastante para franjear, puntrear, etc.

Existe otro tipo de conductor llamado cable resistivo, el cual se utiliza para alimentar determinados componentes que requieren un voltaje menor a 12 volts.

3) Protecciones: Las protecciones comunes en un arnés son fusibles, cables fusible, interruptores de circuito y resistencias en serie.

Los fusibles están diseñados para conducir una corriente máxima, la cual al ser excedida provoca la destrucción del filamento del fusible, abriendo así el circuito. El cable fusible es un tramo corto de cable de calibre más delgado que el que protege y

cubierto con un aislamiento de hypalon inflamable. Si se presenta una sobrecorriente, el conductor se derrite y el aislante burbujea indicando así que la protección está abierta.

Los interruptores de circuito, por su parte, se utilizan cuando es factible que existan sobrecargas temporales en donde la continuidad deberá restablecerse inmediatamente (como en el caso de los limpiadores, ventanas eléctricas, luces, etc.). Los interruptores de circuito pueden ser cíclicos y acíclicos. Por último, las resistencias son utilizadas para limitar el flujo de corriente. Dichas resistencias pueden ser de 3 tipos:

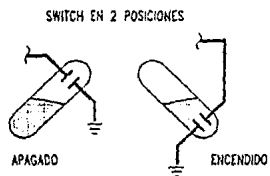
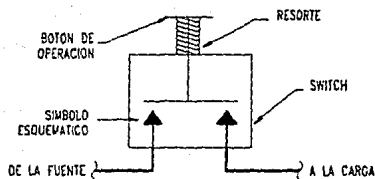
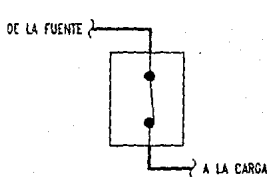
- De valor fijo: se utilizan basicamente para controlar el voltaje del sistema de ignición.
- Con taps o derivaciones: tienen 2 o más valores fijos como en el caso de la calefacción.
- Resistencias variables: Reostatos y potenciómetros.

4) Elementos de control: Son de varios tipos: interruptores, relevadores, temporizadores, etc.

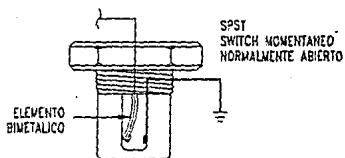
Los interruptores a su vez tienen variantes como son:

- Interruptores de dos posiciones.
- Interruptores momentáneos.
- Interruptores de mercurio.
- Interruptores sensibles a la temperatura.
- Interruptor de luces.
- Interruptor de ignición.

La figura 2.1 muestra la simbología convenida para cada uno de estos interruptores.



SWITCH DE MERCURIO



SWITCH TERMICO

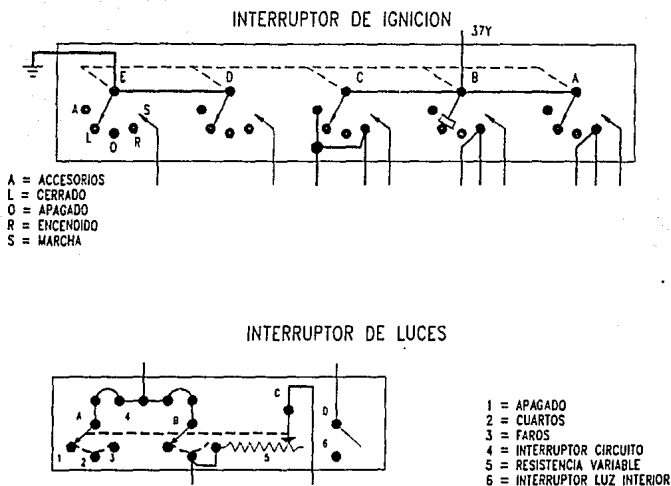


Figura 2.1: SIMBOLOGIA PARA LOS DIFERENTES INTERRUPTORES

Los relevadores se utilizan para manejar corrientes elevadas utilizando una muy pequeña para su control.

La figura 2.2 muestra el símbolo de un relevador.

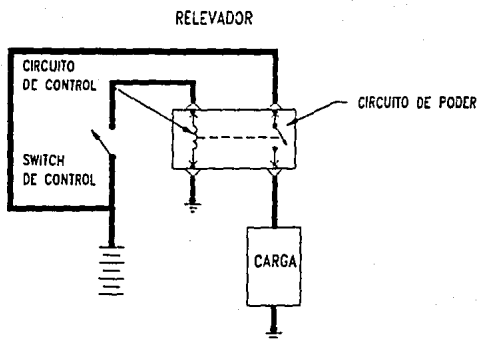


Figura 2.2: SIMBOLOGÍA PARA UN RELEVADOR

Por último, los temporizadores se utilizan en dispositivos tales como los limpiadores, las luces interiores, etc.

5) Cargas: Las cargas son componentes del circuito que convierten la electricidad en alguna otra forma de energía.

Los circuitos eléctricos que componen un arnés tienen 3 características básicas que son:

- voltaje
- corriente
- resistencia

El voltaje en algunos circuitos controla la intensidad de operación de una carga. La brillantez de una lámpara, el calor de la calefacción o la velocidad de un motor son muestras de variables dependientes del voltaje alimentado. La corriente que circula por un circuito depende del voltaje y de la resistencia que represente la carga. En el caso de un foco de doble filamento, el de las altas es un filamento de baja resistencia y el de las bajas es de alta resistencia; por ende, el filamento de baja resistencia requiere más corriente, encendiéndose así más brillante que el otro.

La resistencia es la oposición al paso de corriente. Todas las cargas en el sistema representan una resistencia en el mismo.

En una distribución de poder existen 3 opciones para el arreglo de los circuitos que lo conforman. Dichas opciones son:

- Circuitos en serie.
- Circuitos en paralelo.
- Circuitos serie-paralelo.

En el circuito serie, todos los componentes están colocados uno después de otro. La corriente total circula por cada uno de ellos. La figura 2.3 muestra un circuito serie típico. Las ventajas de un circuito serie son:

- A) Todas las cargas se controlan con un solo interruptor.
- B) Se minimiza el alambrado.
- C) Los problemas son más fáciles de diagnosticar.

La desventaja de este tipo de circuitos es que si una carga se abre, todas las demás se quedan sin alimentación. En un circuito serie las resistencias de todas las cargas se suman por lo que se reduce la corriente circulante.

CIRCUITO SERIE TIPICO

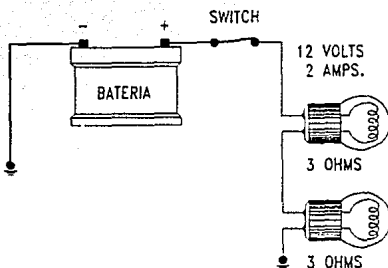


Figura 2.3: CIRCUITO SERIE TIPICO

En el caso de un circuito paralelo, la corriente circula por 2 o más ramas o derivaciones tal y como lo muestra la figura 2.4 En paralelo la resistencia se reduce, aumentando así la corriente total que circula.

La corriente que circule por cada rama de un circuito en paralelo dependerá de la resistencia que represente la carga del mismo.

La ventaja de los circuitos en paralelo es que si una carga falla, las demás se mantienen intactas.

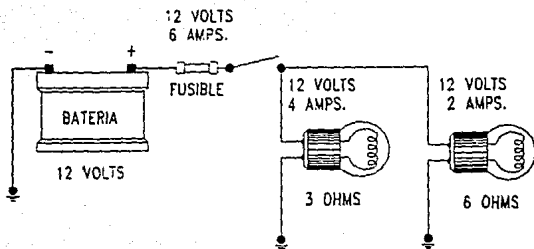


Figura 2.4: CIRCUITO PARALELO TÍPICO

La figura 2.5 muestra un circuito serie-paralelo. En dicho circuito tenemos 3 segmentos principales designados como I, II y III. El segmento I es la alimentación principal. Con el interruptor de luces dentro (apagado), los segmentos II y III no están alimentados. Cuando el interruptor está parcialmente sacado (cuartos prendidos), solo el segmento III está alimentado. Este segmento se subdivide en algunos circuitos paralelos que son IIIA y IIIB para las luces delanteras y traseras respectivamente. Estos circuitos IIIA y IIIB a su vez se subdividen en IIIA1, IIIA2, IIIB1 y IIIB2, alimentando cada uno de estos circuitos un foco.

Cuando el interruptor de luces está completamente fuera (luces encendidas), el segmento III permanece alimentado y el segmento II también se energiza. Dicho segmento pone al dimmer switch de las luces en serie con los faros, los cuales a su vez están conectados en paralelo. En el dimmer, el segmento II se subdivide en IIA y IIB.

Estos circuitos no están en paralelo propiamente dicho puesto que dependiendo de la posición del dimmer, solo uno de los circuitos se energiza a la vez.

El segmento IIA alimenta los filamentos de las luces altas de ambos faros. Dicho segmento se subdivide en IIA1 y IIA2 los cuales alimentan a su vez a los filamentos altos izquierdo y derecho respectivamente. Si el dimmer se mueve hacia la derecha, el segmento IIB alimenta los filamentos de baja. A su vez, el filamento IIB se subdivide en IIB1 y IIB2.

Todas estas derivaciones se consideran líneas de alta ya que conducen energía. Por otro lado se tienen las líneas o circuitos de baja o retornos o tierras. En la figura 2.5 los puntos IV y V representan tierras.

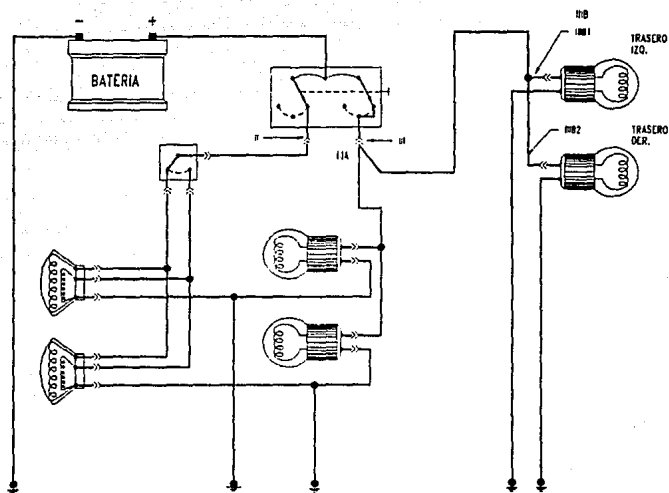


Figura 2.5: CIRCUITO SERIE - PARALELO TÍPICO

2.2 REDES DE TIERRAS.

Las redes de tierras son parte fundamental en un arnés eléctrico dado que representan el retorno a tierra para cualquier circuito. Un mal diseño en la red de tierras de un vehículo puede ocasionar desde mal funcionamiento de los componentes eléctrico-electrónicos hasta un corto circuito de consecuencias graves. Debido a esto, es necesario que el diseño de una red de tierras tenga una distribución adecuada al tipo de vehículo y a las características de las cargas eléctricas que manejará (niveles de voltaje, corriente, ruido eléctrico, distancias, etc).

2.2.1 CLASIFICACION.

Las redes de tierra automotrices tienen 2 clasificaciones basadas en su nivel de ruido eléctrico y en su localización.

Por su nivel de ruido eléctrico, las tierras se clasifican en:

- Limpias
- Sucias

Las tierras limpias se caracterizan por tener un bajo nivel de ruido eléctrico ya que van conectadas directamente a la terminal negativa de la batería. Estas tierras se utilizan para sistemas delicados y sensibles a la interferencia electromagnética como son las computadoras y algunos controles o sensores.

Las tierras sucias, por el contrario, se utilizan en sistemas que no son sensibles al ruido eléctrico y se conectan a la lámina de la carrocería del vehículo mediante un tornillo o a cualquier punto metálico del motor, puertas, etc. Algunas de las cargas eléctricas que trabajan con tierras sucias son: motores, el compresor del aire acondicionado, los seguros eléctricos, cláxon, luces, etc.

Por su localización las tierras se clasifican en:

- Puntuales
- Locales
- Regionales

Las tierras puntuales consisten en conectar o todas las cargas eléctricas un circuito de retorno a tierra o negativo y, a su vez, todos estos circuitos conectarlos a la terminal negativa de la batería (ver figura 2.6).

Las ventajas de esta configuración son: un voltaje más alto y una tierra directa al negativo de la batería.

Las desventajas son: los circuitos de tierra serán mucho más largos, lo cual encarece al arnés, lo hace más pesado y más voluminoso; se congestiona el área de la batería y se corre el riesgo de que debido al largo de los circuitos se induzca ruido eléctrico que afecte el funcionamiento de algunos de los componentes.

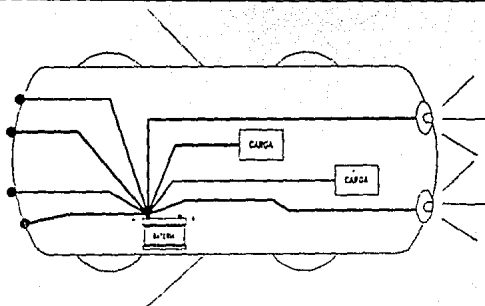


Figura 2.6: RED DE TIERRAS PUNTALES

Las tierras locales, por su parte, consisten en aterrizar todos los componentes directamente a la lámina del coche. Esta arquitectura se representa en la figura 2.7.

La ventaja de esta configuración es que se reducen drásticamente los circuitos de retorno, con lo cual el arnés se simplifica y se reducen su costo y volumen.

Las desventajas de esta configuración son, entre otras: el ruido eléctrico que se inducirá en la lámina, ya que afecta el funcionamiento de componentes electrónicos; las perforaciones que deben hacerse en la lámina ocasionan que la misma se oxide; por último, la corrosión en los puntos de contacto puede ocasionar degradación en la tierra; esto es, un mal contacto que afectará el funcionamiento de la carga. Por ejemplo, si la tierra de las luces está floja o suelta, estas prenderán en un tono amarillento.

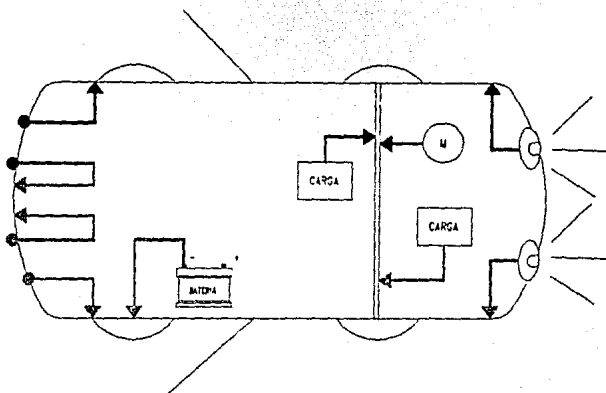


Figura 2.7: RED DE TIERRAS LOCALES

Por último, el tercer tipo de red es la regional, la cual es una combinación de las dos anteriores. La tierra regional, representada en la figura 2.8 tiene entre otras ventajas: una reducción razonable de la longitud de los circuitos de tierra, una disminución en la cantidad de ruido eléctrico, y un menor número de perforaciones en el vehículo que puedan ocasionar oxidación.

La principal desventaja es que el voltaje se cae un poco en algunos puntos como son las luces, ya que normalmente de los 14 volts de la batería, solo 12 se reciben en los focos.

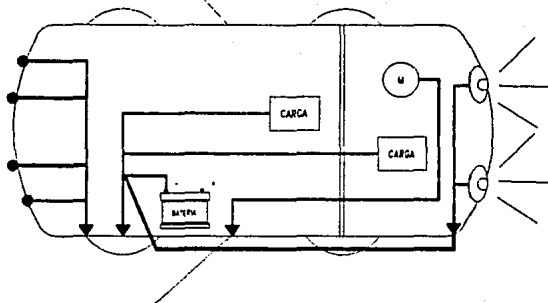


Figura 2.6: RED DE TIERRAS REGIONALES

2.3 CONMUTACION.

El proceso de conmutación de energía a las cargas eléctricas puede realizarse de 2 maneras principalmente. El primer método consiste en conmutar directamente un circuito con un interruptor operado manualmente. Este método se conoce comúnmente como conmutación local o directa. El segundo método utiliza un interruptor manual para controlar un relevador electromecánico. Este método se conoce como conmutación remota.

2.3.1 CONMUTACION LOCAL.

La conmutación local conecta directamente la fuente de poder o alimentación con la carga. La mayor parte de las conmutaciones de un automóvil se realizan de esta forma.

El interruptor de las luces, por ejemplo, es un interruptor directo multifuncional que opera los faros delanteros, cuartos traseros, luz interior, reflejantes y luz de la placa. La figura 2.9 muestra la parte del interruptor que controla los faros, luces traseras y cuartos. En la posición 1 los faros delanteros no se energizan, encendiéndose únicamente los cuartos. Si el interruptor se coloca en la segunda posición todas las luces quedarán encendidas. Para lograr un funcionamiento lógico, es necesario utilizar una combinación de interruptores directos para las luces direccionales.

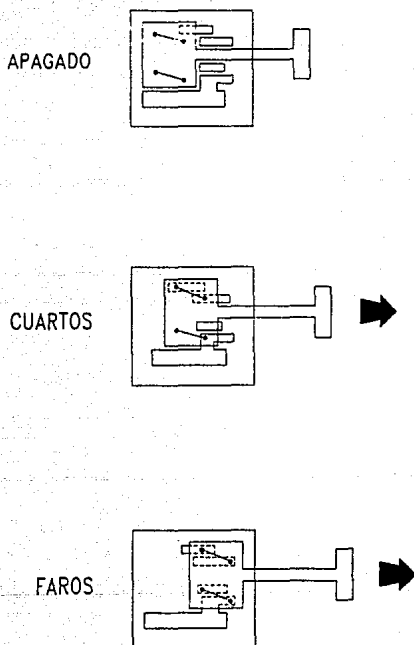


Figura 2.9: INTERRUPTOR DE LUCES TÍPICO

Cuando todas las funciones se realizan mecánicamente, el interruptor se vuelve muy complicado. La figura 2.10 muestra un diagrama esquemático de un interruptor de luces común. Cuando se activa cualquiera de las direccionales (izq. o der.) las luces indicadoras de vuelta delanteras y traseras operan sin importar la posición de la luz de freno. Si se activan las luces intermitentes, la luz direccional se cancelará.

El inconveniente principal de este tipo de conmutación es que se debe contar con un cable que energice desde la batería hasta la carga pasando por el interruptor y dependiendo de esta el calibre del cable puede llegar a ser considerable.

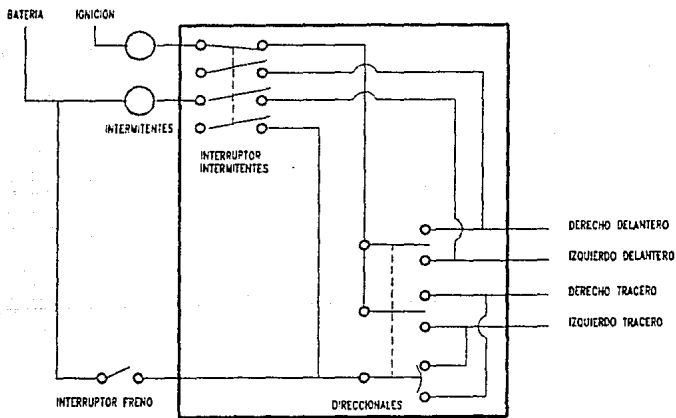


Figura 2.10: ESQUEMATICO DE UN INTERRUPTOR DE LUCES

2.3.2 CONMUTACION REMOTA.

La figura 2.11 nos muestra un diagrama de bloques de la distribución básica de un sistema de conmutación remota.

El interruptor remoto conduce corriente solo cuando se le indica por medio de una corriente de control.

Cuando el interruptor de control se cierra (o abre con un relevador normalmente abierto), el interruptor remoto responde entregando energía a la carga.

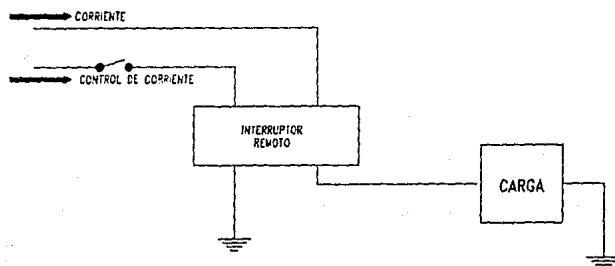


Figura 2.11: CONMUTACION REMOTA

Generalmente la corriente de control es mucho más pequeña que la corriente que está controlando. Por tanto, utilizando un interruptor remoto, es posible manejar una gran cantidad de corriente utilizando una corriente de control mucho más pequeña.

Existe un gran número de ventajas en el uso de conmutación remota. Como ya dijimos, con la conmutación local o directa, todos los cables entre la alimentación y la carga deberán ser de un calibre suficiente para manejar la corriente total del circuito.

Con la conmutación remota es posible ahorrar varios pies de cable de grueso calibre. Los ahorros ocurrirán si el interruptor remoto se coloca de manera que se reduzca la distancia que debe recorrer la corriente total de la carga. Una reducción en el recorrido de esta corriente también significa una menor caída de voltaje en el cable, lo cual aumenta la energía disponible para alimentar la carga. El siguiente ejemplo servirá para ilustrar esta idea.

Asumiremos que la localización de la fuente de poder, la carga y el interruptor de control ya está definida, dado que ese es el caso en el diseño de un vehículo. La caja de fusibles, la batería, el interruptor requerido y la carga manejada tienen localizaciones previamente definidas con fines prácticos y funcionales.

El camino para una conmutación directa se inicia en la fuente de poder, pasa a través del interruptor y termina en la carga. (ver figura 2.12). Si se utiliza un interruptor remoto, se localizaría entre la fuente de poder y la carga. Un cable de control de un calibre menor al que conducirá la corriente de carga se iniciará en el interruptor remoto y terminará en el interruptor de control. El cable que conducirá la corriente de carga irá de la fuente de poder a la carga pasando por el interruptor remoto.

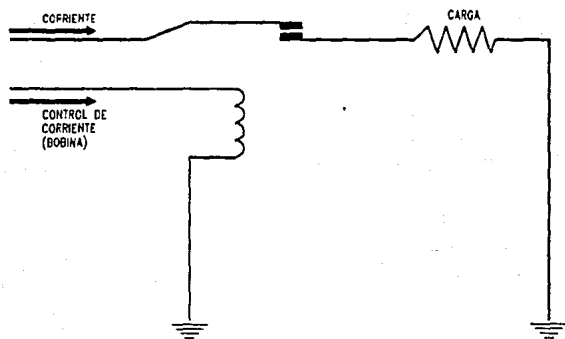


Figura 2.12: CONMUTACION DIRECTA

La aplicación del conmutador remoto acorta el camino de la corriente total, así como el rango de corriente que deberá circular por el interruptor de control. Debido a esto tendremos una reducción en la longitud de los cables de grueso calibre y una disminución en la caída de voltaje a la carga, así como una menor necesidad de utilizar interruptores de control de mayor capacidad (y tamaño) y la reducción de la magnitud de corriente en el área del tablero de instrumentos. También se reduce el área requerida por los cables de mayor diámetro.

La disminución de los niveles de corriente en el área del tablero de instrumentos es muy importante especialmente en lo que respecta al interruptor de ignición.

Numerosas funciones tales como calefacción, aire acondicionado, limpiadores y radio se alimentan a través de este interruptor. Por tanto, esta alimentación debe conducir la corriente total consumida por todos estos componentes.

Actualmente en un automóvil estandar este nivel de corriente puede ser hasta de 40 amperes. Las ventajas de una conmutación remota son apreciables cuando es necesario incorporar un accesorio adicional alimentado por el interruptor de ignición. Un nuevo componente que consuma 5 amperes aumentaría el nivel de corriente de este interruptor un 12% si se utiliza conmutación directa. Si se utiliza conmutación remota el incremento será del 1.2% asumiendo que la bobina del relevador consuma 0.5 amperes.

La importancia de este concepto radica en el incremento existente en el número de funciones eléctrico-electrónicas de los vehículos.

2.3.2.1 El Relevador Electromecánico (REM):

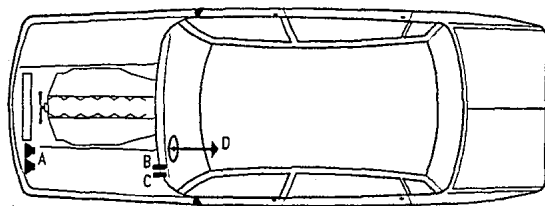
El interruptor remoto utilizado en los vehículos de hoy es el relevador electromecánico. Su principio de operación es la creación de un campo magnético cuando circula corriente por una bobina. Dicho campo magnético se utiliza para cerrar contactos que permitan el paso de la corriente terminal circulante.

Un relevador automotriz típico requiere aproximadamente de 0.3 a 0.5 amperes de corriente de bobina para cerrar los contactos que permitirán el paso de la corriente de carga. Los rangos de corrientes de carga pueden ser desde 0.5 amperes para el sistema de aviso para los cinturones de seguridad, hasta 35 ó 40 amperes para el sistema de desempañ trasero o vidrios eléctricos.

Son varios los sistemas automotrices que utilizan REM. A continuación se analizarán 3 de estos sistemas. Cada uno denota los parámetros necesarios para sustituir un REM por su contraparte que es un relevador de estado sólido, el cual analizaremos más tarde. Las figuras antes mencionadas representan el enrulado de los cables y la localización aproximada de los componentes involucrados.

CLAXON:

El circuito del claxon utiliza un REM para alimentar el claxon o las cornetas localizadas en la parte frontal del compartimento del motor. El relevador usado es uno de un polo un tiro normalmente abierto. Comúnmente la alimentación se obtiene directamente de la caja de fusibles por un solo cable, ya que el claxon se aterriza en su punto de montaje. La bobina del relevador se energiza aterrizando su lado negativo a través de un interruptor localizado al alcance del conductor. El REM se localiza en la caja de fusibles o muy cercano a ella. La corriente total aproximada que circulará por los contactos del relevador es aproximadamente 5 amperes por corneta. La figura 2.13 representa este sistema.



- A: CLAXON
- B: RELEVADOR
- C: CAJA FUSIBLES
- D: INTERRUPTOR CLAXON

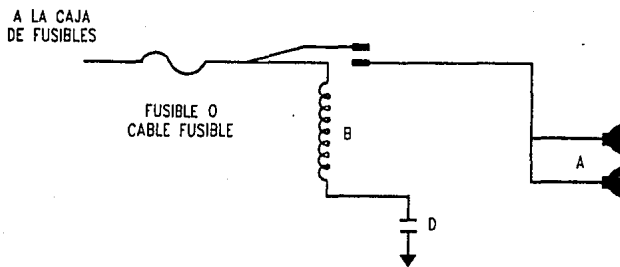
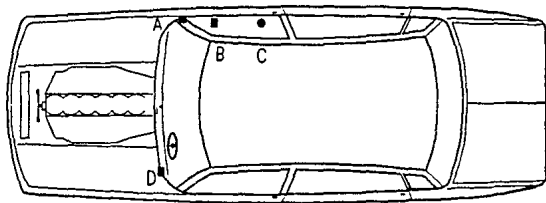


Figura 2.13: CIRCUITO DEL CLAXON

SEGUROS ELECTRICOS:

El sistema de seguros eléctricos permite al conductor cerrar o abrir todos los seguros del vehículo automáticamente. Los seguros operan con un motor de imán

permanente cuya dirección de rotación está controlada por la posición del REM. El relevador requerido es uno de 2 polos 2 tiros normalmente abierto. (Ver la figura 2.14). La protección utilizada para el circuito de alimentación de estos seguros es un interruptor de circuito de 30 amperes. La corriente de carga de cada motor es aproximadamente de 2 o 3 amperes continuos por actuador. La corriente de sobrecarga es de aproximadamente 6 amperes. Esta corriente de sobrecarga es la corriente normal durante la operación dado el pequeño ciclo de trabajo de los mecanismos. El motor está diseñado para operar a 13.5 volts pero puede operar con un voltaje hasta de 8 volts.



- A = RELEVADOR
- B = INTERRUPTOR DE CONTROL DEL OPERADOR
- C = MOTOR DE IMAN PERMANENTE
- D = CAJA DE FUSIBLES

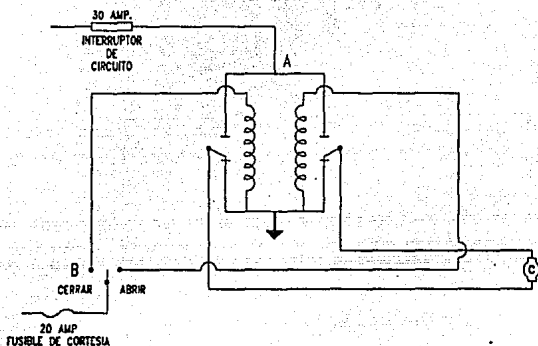


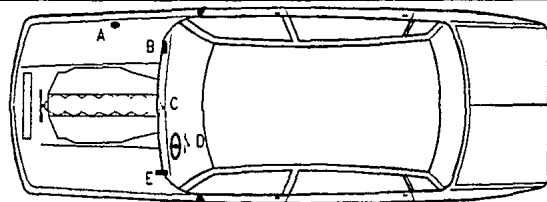
Figura 2.14: CIRCUITO PARA LOS SEGUROS ELECTRICOS

ANTENA ELECTRICA:

La antena eléctrica es una opción que automáticamente subirá o bajará la antena del radio dependiendo si éste se encuentra encendido o apagado. Para operar el radio y por consiguiente la antena, el interruptor de ignición deberá estar en posición de encendido.

La antena se energiza por un motor eléctrico controlado por un interruptor remoto. Dicho interruptor es un REM de doble polo doble tiro, normalmente abierto, normalmente cerrado que esta localizado detrás del tablero de instrumentos. La tierra eléctrica del relevador normalmente se toma de la viga metálica que se localiza en este

punto. Su corriente continua es de aproximadamente 4.4 amperes. Comúnmente se protege el motor con un fusible de 20 amperes. El fusible del radio está en serie con la bobina del REM. La bobina esta aterrizada permanentemente y se energiza a través del fusible del radio. (ver figura 2.15).



- A = MOTOR IMAN PERMANENTE
- B = RELEVADOR
- C = INTERRUPTOR RADIO
- D = INTERRUPTOR IGNICION
- E = CAJA FUSIBLES

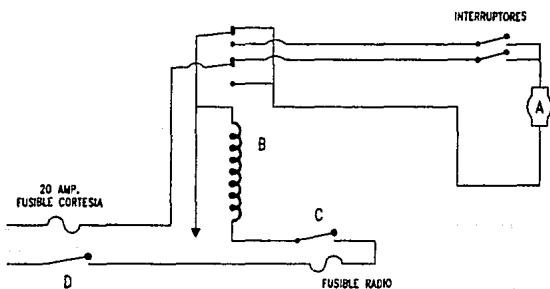


Figura 2.15: CIRCUITO PARA LA ANTENA ELECTRICA

2.3.2.2 El Relevador de Estado Sólido (RES):

En esta sección se realizará una comparación entre el relevador electromecánico y el de estado sólido. El propósito de la comparación es establecer las bases para la aplicación del RES donde podrían obtenerse beneficios potenciales.

Descripción:

El corazón del RES es un semiconductor activo generalmente complementado por uno o varios componentes activos. Dichos componentes semiconductores pueden ser principalmente de 2 tipos:

- Transistores de potencia
- Rectificadores controlados de silicio.

Estos componentes fueron seleccionados debido a su capacidad de manejar niveles de corriente relativamente altos los cuales son requeridos para las aplicaciones automotrices que se considerarán. Estos rangos de corriente pueden variar desde uno hasta 40 amperes; sin embargo, nuestra atención se concentrará en un rango de 5 a 10 amperes.

El transistor de potencia que se seleccionó para este desarrollo fue un componente General Electric con encapsulado plástico y un rango de 10 amperes. Se considera que ambos tipos de transistores PNP y NPN pueden ser utilizados como interruptores de poder.

La figura 2.16a muestra un SCR donde pueden verse las 4 regiones contaminadas que se han separado en 2 transistores como lo muestra la figura 2.16b. Esto quiere decir que el SCR es equivalente a un cerrojo con una entrada externa de disparo a la base inferior (figura 2.16c) En los diagramas esquemáticos se utiliza el símbolo mostrado en la figura 2.16d.

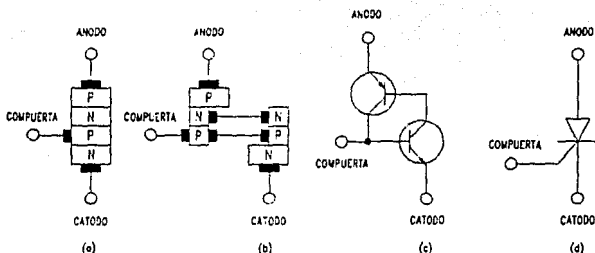


Figura 2.16: RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO

Los SCR disponibles comercialmente tienen voltajes de sobreruptura entre 50 y 500 v, lo cual significa que pueden bloquear un voltaje en sentido directo hasta que éste llegue al voltaje de sobreruptura. Bajo estas condiciones el SCR permanece abierto hasta que un voltaje se aplica un voltaje de disparo a la compuerta de entrada. En seguida el SCR se cierra y permanece así aunque la señal de disparo se elimine. Cuando se ha cerrado, el SCR permanece en este estado indefinidamente. La única manera de abrirlo es reduciendo la corriente por debajo de la corriente de sostenimiento. La operación es entonces similar a la del diodo de 4 capas; el desenganche por baja corriente lleva a ambos transistores internos al corte con lo cual el SCR se abre.

Por ejemplo, el 2N4444 tiene un voltaje directo de bloqueo de 600v, una corriente de disparo de 30 mA y una corriente de sostenimiento de 10 mA, lo que significa que puede soportar un voltaje en sentido directo de 600V sin entrar en ruptura y que requiere una corriente de disparo de 30 mA para cerrarse. También significa que se debe reducir la corriente por el SCR hasta 10 mA para abrirlo.

La diferencia principal en la aplicación del transistor de potencia o el SCR radica en el proceso de encendido y apagado requerido por los componentes.

Un transistor requiere de un disparo continuo para mantenerse activado. Mientras exista corriente en la base, la corriente del colector al emisor circulará continuamente. Si se elimina la corriente de base, el componente se desactiva o apaga automáticamente.

En contraste, el SCR necesita solamente un pulso para encenderse. Disparando la compuerta con un pulso positivo se logrará que la corriente circule de ánodo a cátodo. La corriente dejará de circular cuando la corriente de gate deje de ser suficiente.

A continuación analizaremos las diferencias entre REM y RES, así como sus respectivas ventajas y desventajas.

Comúnmente un relevador se define en términos de un componente de 4 terminales cuyo circuito de entrada controla (aislado en C.D.) al circuito de salida. El REM cumple con esta descripción dado que cuenta con un campo magnético como única unión entre el circuito de control y el paso de la corriente principal. El RES cuando se utiliza sin circuitería adicional cuenta con una terminal común tanto al circuito de control como al paso de corriente. La suma de la corriente de carga y la corriente de control circula por esta terminal.

La figura 2.17 muestra un diagrama a bloques de las rutas de las corrientes en un relevador de estado sólido.

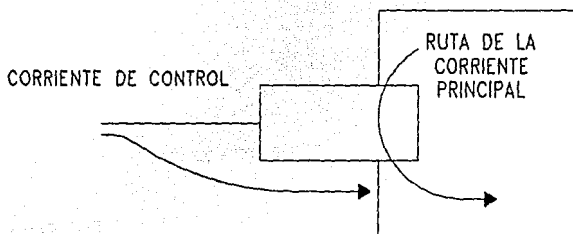


Figura 2.17: RUTAS DEL FLUJO DE CORRIENTE EN UN RES

Cuando se requiere un relevador de contactos múltiples, generalmente es más económico utilizar un REM. Los contactos del REM representan solamente una fracción del costo total del mismo; por esto, un incremento en el número de contactos aumenta el costo relativamente poco.

Por otro lado, los contactos de un RES representan la mayor parte de su costo. Varios contactos significan varios componentes, lo cual redundará en un aumento considerable de su costo y complejidad. Un REM de 1 polo 2 tiros cuando se duplica en estado sólido involucra por lo menos a 2 o más interruptores activos además de otros componentes pasivos de soporte.

Un REM cuenta con contactos físicos que abren y cierran para completar o no un circuito. Debido a esto, el REM tiene una resistencia extremadamente alta entre los contactos cuando estos están abiertos obstruyendo así el paso de corriente a través de los mismos. Por otro lado, si los contactos están cerrados, la resistencia entre ellos es casi cero. Este pequeño valor de resistencia trae como consecuencia la existencia de una pequeña caída de voltaje de algunos milivolts, lo cual es despreciable en las

actuales aplicaciones automotrices. Sin embargo, si los contactos se deterioran, la caída de voltaje empezará a aumentar, lo cual en un período de tiempo relativamente corto ocasionará que el REM falle.

El REM no es susceptible a dañarse por transitorios de voltaje cuando sus contactos están completamente abiertos o completamente cerrados. La presencia de transitorios durante la conmutación puede ocasionar que se quemen los contactos debido al arco. Esto disminuirá el período de vida útil del REM.

Dado que el movimiento de los contactos de un REM requiere de una cantidad finita de tiempo y energía, el REM es generalmente insensible a los pulsos de la línea de control debidos a ruidos en el circuito. El proceso de encendido o apagado de un RES es en esencia estático. Es por esto que un RES puede encenderse rápidamente y con un bajo nivel de energía requerida. Debido a su altísima sensibilidad, el RES es susceptible a falsos disparos debidos a ruidos de magnitud considerable.

La corriente máxima que un REM puede conmutar confiablemente depende de diversos factores: una vez cerrados los contactos, estos pueden conducir varias veces su valor de corriente nominal. Los problemas comunes durante la apertura y cierre de los contactos son los cuellos de botella para corrientes mayores. La interrupción del flujo de la corriente terminal (especialmente con cargas inductivas) puede provocar un arco y como consecuencia que se quemen los contactos. Cuando existen picos de corriente durante el encendido de alguna carga eléctrica, el ciclo de vida y la confiabilidad del REM puede disminuir debido a la posibilidad de que existan arcos. Este problema puede minimizarse con la correcta selección del material de los contactos.

La corriente máxima que un RES puede conducir está determinada por la cantidad de calor que el componente puede disipar.

Dado que es la generación interna de calor y no el nivel especificado de corriente el que determina la corriente máxima permisible, picos de corriente de hasta 10 veces el valor nominal pueden ser manejados sin problema. Sin embargo, dichos picos o niveles altos de corriente solo pueden suceder durante pequeños intervalos de tiempo para así evitar daños permanentes. Si se presentan picos continuos de corriente sin que exista un tiempo suficiente entre ellos para que el componente se enfríe, deberá reducirse el nivel de los mismos para así evitar la degradación de los componentes.

En presencia de picos elevados de corriente, se presenta un arco eléctrico entre los contactos de un REM. Bajo estas condiciones se alcanzan muy altas temperaturas que tienden a derretir los contactos. Una alteración en el material de los contactos tiene como consecuencia una aceleración en el deterioro de los mismos y una falla definitiva e irreversible.

Cuando existe un arco, se presenta interferencia electromagnética (IEM). También existe interferencia cuando se realiza una abrupta aplicación de voltaje a una carga.

Los RES también presentan IEM durante una aplicación brusca de voltaje a la carga. Sin embargo, es posible controlar los períodos de encendido y apagado para disminuir esta IEM al mínimo.

Dado que el arco eléctrico es la fuente principal de IEM, el eliminar dicho arco reduce significativamente dicha interferencia. La IEM típica producida por un RES es aproximadamente 1/50 contra un REM.

El REM por su parte, es un componente mecánico susceptible a desgaste y fallas. Todos los ensambles mecánicos pueden sufrir desajustes y por lo tanto fallar. También existe el riesgo de que algunas piezas se desgasten o se rompan. En otras palabras, un REM se vuelve inservible con el tiempo. Por otro lado, las vibraciones o choques

pueden ocasionar una mala operación del mismo. Si un REM se somete a vibraciones continuas o choques fuertes mayores que las fuerzas mecánicas requeridas para mantenerlo ajustado, se presentan fallas.

A diferencia de un REM, el RES no cuenta con partes móviles que puedan desgastarse y ocasionar fallas. Si existe un problema en un RES, la falla se presenta de inmediato y normalmente se debe a defectos de fabricación. Un RES tiene una confiabilidad mucho mayor que un REM y su ciclo de vida es indefinido. Su superioridad se enfatiza cuando se requieren ciclos de trabajo cortos y continuos. Si se encapsula adecuadamente, no se presenta ningún problema si sufre choques o vibraciones.

En lo referente a falsos disparos, sabemos que la respuesta eléctrica de la bobina de un REM es lenta en comparación con el tipo de respuesta de un semiconductor. Por ende, pequeñas señales de ruido que entren a la terminal de control de un REM no lo activarán. Por otro lado, si el REM se activa, solo conducirá el tiempo que dure el pulso después de que los contactos se hayan cerrado. En un REM, un choque mecánico o vibraciones pueden ocasionar falsos disparos. Sin embargo, si no existe daño permanente estos serán momentáneos.

Es posible que existan disparos falsos en un RES cuando se introduce ruido en la terminal de control del mismo. Sin embargo, estos ruidos pueden ser fácilmente eliminados con circuitería adicional.

Capítulo 3

PROTECCIONES

3.1 INTRODUCCION.

La protección de circuitos es una parte integral del diseño de arneses automotrices. Son muchas las variables que afectan el comportamiento de los elementos protectores de un arnés; por tanto, todas las recomendaciones análisis y conclusiones de este documento deberán tomarse solamente como una base.

Algunos de los factores externos que afectan el comportamiento de las protecciones son: presencia de fuentes externas de calor, requerimientos de caída de voltaje, etc.

Existe un modelo térmico elaborado por Packard Electric para cables con aislamiento de PVC. La exactitud de dicho modelo ha sido comprobada en el laboratorio y se usa para determinar la temperatura de la superficie del cable como una función de la corriente en estado estable, la temperatura ambiente, el espesor de la pared del aislamiento y del material aislante.

Asimismo, Packard Electric está desarrollando actualmente modelos térmicos para los elementos protectores de circuitos y para cables expuestos a sobrecorrientes.

3.1.1 DEFINICION Y PROPOSITO.

La protección de circuitos se define como la aplicación de varios componentes eléctricos en un sistema eléctrico automotriz de manera que los componentes del sistema funcionen adecuadamente durante su operación normal y que durante períodos de sobrecarga el arnés sufra una mínima degradación.

Los elementos protectores de un circuito son: fusibles, cable fusible, interruptores de circuito y cargas limitadoras de corriente tales como bobinas, focos, motores, etc.

Algunos ejemplos de los componentes de un sistema son: módulos electrónicos, relevadores, solenoides, motores, interruptores, conectores, cable, terminales, etc.

El propósito de una protección es proteger al arnés durante condiciones normales y de sobrecarga.

Una sobrecarga se define como un corto circuito a tierra de un cable con corriente circulante. Un corto puede ser ocasionado por una peladura accidental en un cable o por un corto interno en algún componente tal como un módulo electrónico.

Las protecciones tienen como objetivo principal proteger al arnés eléctrico y no necesariamente a la carga eléctrica conectada en el extremo del ensamble.

3.1.2 APROXIMACION A LA PROTECCION DE CIRCUITOS.

La aproximación siguiente será usada durante todo el presente documento para la selección de protecciones y cables a proteger.

a) Seleccionar el elemento basandose en la corriente total consumida por las cargas, más un margen de seguridad para evitar aperturas innecesarias (ej. un fusible no debe cargarse a más del 70% de su valor nominal).

b) Cada cable que será protegido por el elemento definido en el punto a) deberá ser ahora seleccionado.

Primero se deberá estimar el calibre del cable basados en la corriente que normalmente conducirá. En cada capítulo se incluyen gráficas que muestran la capacidad en amperes de un cable en circuito abierto a diferentes temperaturas ambiente.

La presencia de fuentes externas de calor tales como motores u otros cables con corriente, pueden elevar la temperatura ambiente efectiva.

c) Una vez que el cable ha sido seleccionado basandonos en su corriente en estado estable y la temperatura ambiente, el circuito deberá analizarse para condiciones de sobrecarga. En cada capítulo se incluyen gráficas que muestran la longitud máxima de cada calibre de cable para un elemento protector determinado, una temperatura ambiente dada y una corriente de corto circuito conocida.

Comunmente esta parte del proceso de selección limita el largo del cable (resistencia del circuito) para así mantener una corriente de corto circuito mínima.

Este proceso de seleccionar una protección y después el cable basados en la corriente de carga y de corto circuito, nos brinda una aproximación consistente, segura y barata para la aplicación de protecciones automotrices.

3.1.3 CONSIDERACIONES.

La capacidad para conducir corriente de un cable está en función de variables tales como: calibre del cable, material aislante, espesor de la pared del material aislante, temperatura ambiente, proximidad a fuentes externas de calor o frío y al material del conductor. Por tanto, para el presente documento se asumirán los siguientes puntos:

- 1.- El arnés será enrutado alejado de cualquier fuente potencial de frío o calor para de esta manera despreciar los efectos de dichas fuentes.
- 2.- Los aislamientos de los cables se limitarán a los siguientes materiales:

PVC – Cloruro de Poly Vinylo.

XLPE – Polietileno de Cadena Cruzada.

3.- El espesor de las paredes para cada construcción de cable estará determinado por las especificaciones asentadas en el "Master Bulk RSPEC".

El valor nominal del espesor de la pared fué utilizado para determinar la capacidad de conducir corriente en estado estable.

4.- El conjunto total de cables tiene corrientes nominales normales significativamente más bajas que cualquier corriente de corto que pudiera producirse en el vehículo. Por todo esto, el conjunto de cables o arnés actuará como un reductor de temperatura para cualquier calibre del arnés sometido a un corto circuito.

Si esta consideración se aplica, un solo cable en circuito abierto experimentará una temperatura más alta para una corriente dada comparado con un cable en el conjunto o ensamble. Las gráficas utilizadas en este trabajo están basadas en cables sencillos en circuito abierto.

5.- Para condiciones de estado estable, la capacidad de conducir corriente del cable para una temperatura ambiente dada se define como la corriente que circula en un cable a una temperatura que no exceda la temperatura de operación continua del aislamiento (3000 horas).

Las temperaturas de operación continua para cada tipo de aislante son:

- PVC – 73 °C (0.35 gauge)
- PVC – 80 °C (0.5 – 5.0 gauge)
- XLPE – 135 °C

6.- Para condiciones de sobrecarga, la capacidad de conducir corriente de un cable para una temperatura ambiente dada, se define como la corriente que circula en un cable a una temperatura que no exceda la temperatura de operación continua del aislamiento en más de 20 °C. Dichas temperaturas de sobrecarga para cada tipo de aislamiento son:

PVC 93 °C (0.35 gauge)

PVC 100 °C (0.5 – 5.0 gauge)

XLPE 155 °C

El seleccionar el cable basándonos en las consideraciones anteriores, tendrá como resultado que no exista degradación del arnés durante un corto circuito o durante condiciones normales de operación.

Si alguna de las consideraciones anteriores no es aplicable a un caso específico, el ingeniero de diseño deberá probar su aplicación en el laboratorio y en campo para verificar que la protección realmente proteja al arnés.

3.1.4 TIPOS DE CIRCUITO AUTOMOTRICES.

Los circuitos automotrices se dividen en 3 categorías:

- PODER
- SEÑAL (datos)
- TIERRAS

3.1.4.1 Circuitos de Poder:

Los circuitos de poder se definen como aquellos cables que proveen voltaje de la batería ya sea directamente o conmutado a través de algún interruptor. Algunos de estos circuitos son:

- circuitos de ignición.
- circuitos de batería.
- circuito de los faros delanteros.

Cuando no existe un elemento limitador de corriente entre la batería y la carga, la corriente de corto circuito puede alcanzar cientos de amperes dependiendo de la localización del corto, la carga de la batería y la resistencia de los cables entre la batería y el corto. Si el vehículo está encendido cuando el corto ocurre, la batería y el alternador pueden actuar como fuentes de corriente en paralelo. Estos niveles altos de corriente calentarán el cable por encima de la temperatura de operación continua del aislamiento; por tanto, ocurrirá un daño grave en los cables y potencialmente fuego dependiendo de la localización de los cables.

Para prevenir esta situación, las protecciones de los circuitos se localizan en el sistema eléctrico del vehículo.

Son estos circuitos los que estudiaremos a fondo en el presente trabajo.

3.1.4.2 Circuitos de Señal:

Los circuitos de señal se clasifican como aquellos cables que entregan señales de voltaje de un componente eléctrico a otro. Ejemplos de estos circuitos son:

De un actuador a la computadora.

De la puerta a la alarma.

Del termómetro al control de temperatura.

Los circuitos de señal normalmente tienen limitada su corriente por uno de los componentes que tienen en sus extremos. En los ejemplos anteriores la computadora, la alarma y el control de temperatura limitan la corriente de estos circuitos utilizando componentes electrónicos (resistencias, transistores, etc).

La corriente de los circuitos de señal en condiciones de corto circuito no excede la corriente de operación por mucho. Por esto, la selección de este tipo de cables es en función de la corriente de operación.

3.1.4.3 Circuitos de Tierra:

Los circuitos de tierra se definen como aquellos circuitos que proveen una tierra (nivel de 0 volts referidos a la batería) al sistema eléctrico.

Dado que estos circuitos están ya corto circuitados con tierra, la corriente se basa en la resistencia de la carga eléctrica. Al igual que para los circuitos de señal, para los circuitos de tierra el cable se elige en función de la corriente de operación.

3.1.5 SITUACION ACTUAL DE LAS PROTECCIONES.

Actualmente son 3 los principales elementos protectores en cualquier arnés eléctrico automotriz. Estos son:

Fusibles

Cables fusible

Interruptores de circuito

3.1.5.1 Fusibles:

Esta protección es la más común en los vehículos actuales. Un fusible es un componente que abre una red o circuito eléctrico al derretirse su elemento cuando circula por él una corriente mayor a la especificada por un tiempo suficiente.

La acción no es reversible por lo que el fusible debe ser substituido cuando la falla se repara.

Dado que el fusible actúa derritiendo su elemento, puede considerarse un componente sensible a la temperatura. Esto significa que el fusible también se ve afectado por cambios en la temperatura ambiente o proximidad de fuentes externas de calor.

Existen los siguientes valores de fusibles:

- 3 amp. púrpura
- 5 amp. naranja
- 7.5 amp. transparente
- 10 amp. rojo
- 15 amp. azul
- 20 amp. amarillo
- 25 amp. blanco
- 30 amp. verde

A continuación se enlistan algunos de los requerimientos de funcionamiento de un fusible:

- 1) Operar al 110% de su rango de corriente por al menos 4 horas a una temperatura ambiente de 25 °C.
- 2) Abrir al 135% de su rango de corriente en un tiempo menor a una hora y mayor a 1.5 segundos a una temperatura de 25 °C.
- 3) Abrir al 200% de su rango de corriente en menos de 10 segundos y más de 0.15 segundos a una temperatura ambiente de 25 °C.

3.1.5.2 Cable Fusible:

El cable fusible es una protección del sistema eléctrico diseñada para abrir un circuito cuando se somete a altas corrientes de sobrecarga tales como baterías a tierra. La protección está diseñada para abrir lo suficientemente rápido para minimizar la degradación del resto del amás.

El cable fusible está aislado con un material termoestable y debe medir entre 15 y 25 cm.

Debe existir una diferencia de 4 calibres entre el calibre del cable protegido y el cable fusible (ejemplo: un cable fusible calibre 20 protege a un cable calibre 16).

Debido a esta diferencia de tamaños, la resistencia por unidad de longitud del cable fusible será mayor que cualquier otra sección del alambrado. El calor generado en la protección debido a un corto circuito comenzará a derretir el núcleo.

Mientras se va fundiendo el núcleo, el fenómeno de capilaridad ocasionará que el cobre se retire del punto caliente causando así una reducción del área. Esta acción continuará hasta que el núcleo esté completamente separado. Durante una

sobrecorriente no debe quemarse el aislamiento antes de 5 segundos y no debe producirse arco después de que el conductor se haya separado.

Al igual que un fusible, el cable fusible deberá ser sustituido una vez que se elimine la causa del corto.

Existen 2 tipos de materiales aislantes: Hypalon y silicón extruido sobre polietileno de cadena cruzada.

Algunas de las características principales de los cables fusibles son:

- 1) La temperatura máxima de operación continua para el aislamiento de hypalon es de 90 °C y para el silicón sobre el si/gxl es 150 °C; siendo esta una razón para que se prefiera el si/gxl sobre el hypalon.
- 2) Los cables fusibles deberán localizarse lo más cerca posible de la batería de manera que no causen daños a componentes cercanos o a otros circuitos. Al igual que los fusibles, los cables fusibles son elementos sensitivos a la temperatura por lo que se ven afectados por cambios en la temperatura ambiente.
- 3) La longitud máxima de un cable protegido por un cable fusible no debe exceder los 4.5 metros. Pruebas en el laboratorio han demostrado que el aislamiento puede producir flama cuando la longitud del circuito sobrepasa los 4.5 metros.

3.1.5.3 Interruptor de Circuito:

Un interruptor de circuito se utiliza para proteger aquellos circuitos que pueden experimentar sobrecargas intermitentes. (ejemplo: el motor de las ventanas eléctricas).

Existen 2 tipos de interruptores utilizados comunmente en los automóviles: "cíclicos y no cíclicos".

Los no cíclicos se restablecen solamente cuando se haya eliminado el corto circuito, mientras que el cíclico se restablecerá automáticamente después de un cierto período de tiempo. Si la condición de corto permanece, el interruptor se reabrirá y se iniciará todo el ciclo otra vez.

Los cíclicos se utilizan básicamente en circuitos de iluminación y pueden incluirse en el interruptor de luces o pueden ser una pieza extra en la caja de fusibles.

Los rangos típicos de un interruptor de circuito automático son: 10, 20, 30 y 40 amperes.

Algunas de las características de operación de ambos tipos de interruptores son:

No cíclicos:

- 1) Operar al 100% de su rango de corriente por una hora mínimo a 25 °C.
- 2) Que se abra el circuito al 135% de su rango de corriente en máximo 30 minutos a 25 °C.
- 3) Que se abra el circuito al 200% de su rango de corriente en un máximo de 1 minuto a 25 °C.
- 4) Que cierre en 35 segundos después de que se quita el corto.
- 5) Que permanezca abierto mientras exista el corto circuito.

Cíclicos:

- 1) Que opere al 100% de su rango por al menos 1 hora a 25 °C.

- 2) Que abra el circuito al 150% de su rango de corriente a 25 °C basados en siguiente tabla:

	SEGUNDOS	
	MIN	MAX
25 °C	25	800

- 3) Que abra el circuito al 200% de su rango de corriente a 25 °C basados en la siguiente tabla:

	SEGUNDOS	
	MIN	MAX
-40 °C	26	47
25 °C	16	37
85 °C	9	38

- 4) Que durante una condición de 200% de sobrecarga el c.b. deberá funcionar por 3 horas con un ciclo de trabajo máximo mostrado en la siguiente tabla:

% ENCENDIDO (CONTACTOS CERRADOS)

(200 % SOBRECARGA)

-40 °C	0 – 90 %
25 °C	0 – 70 %
85 °C	0 – 50 %

3.1.6 APROXIMACION A LA PROTECCION DE CIRCUITOS.

3.1.6.1 Resumen de las Cargas Eléctricas de un Vehículo:

El primer paso necesario para seleccionar las protecciones de un arnés es determinar que componentes eléctricos se incluirán en el vehículo. A continuación deberán analizarse las características eléctricas de cada carga. Esto es, niveles de corriente en estado estable, niveles de corriente en transitorios, alimentación de la batería, corrientes mínima y máxima y la forma de onda de la corriente. Normalmente esta información puede obtenerse de los ingenieros responsables para cada vehículo.

3.1.6.2 Diagrama de Protecciones del Vehículo:

Una vez que se cuenta con la información sobre las cargas eléctricas, el siguiente paso es preparar un diagrama de protecciones. Este diagrama deberá mostrar todas las que se van a utilizar así como algunos de los circuitos a proteger. Dichos circuitos deberán incluir todos los circuitos de poder y cualquier circuito de señal que de alguna manera se vea afectado por un elemento protector (alimentaciones conmutadas por relevadores o componentes electrónicos, etc.).

Para desarrollar un diagrama de protecciones, con la ayuda de este documento deberán seleccionarse todas las protecciones del sistema.

Los primeros que deberán seleccionarse son los cables fusible. Algunas de las variables de entrada para la selección de un cable fusible son: caídas de voltaje, corriente total del sistema, cantidad de uniones, costo del sistema y agrupaciones funcionales (ejemplo: circuitos de luces, circuitos de ignición y circuitos de electrónica).

A continuación se deberá repetir el proceso para fusibles e interruptores de circuito aplicando las mismas variables de entrada.

Una vez que se han determinado las protecciones (ejemplo: 3 cables fusible, 2 interruptores de circuito y 15 fusibles), se deberá determinar la construcción de cada cable, lo cual se analizará en el capítulo 4 del presente trabajo.

Hasta este punto ya nos es posible construir un diagrama que refleje el sistema de protección del circuito. Con este diagrama el ingeniero puede determinar de manera inmediata el impacto de los cambios potenciales de diseño en el sistema. (ejemplo: cambiar el valor de un fusible de 15 amperes por uno de 20 amperes, etc.)

3.1.6.3 Función Contra Localización en la Protección de Circuitos:

Comunmente los vehículos utilizan determinadas protecciones para funciones eléctricas conocidas. Por ejemplo, todos los encendedores de cigarrillos de un auto están protegidos por un solo fusible, todas las ventanas eléctricas están protegidas por un solo circuit breaker, etc.

El principal beneficio de este tipo de distribución es que en caso de falla eléctrica solo se presentarán problemas en una función del vehículo. Las desventajas incluyen un mayor número de cables en un punto que contenga gran cantidad de funciones (ejemplo: la puerta del conductor) y mayor dificultad en el servicio del vehículo al tratar de detectar un corto circuito dado que un mismo circuito puede recorrer todo el vehículo.

Otra alternativa existente para la localización de las protecciones de los circuitos es proteger los circuitos de poder en regiones determinadas independientemente de sus funciones. Por ejemplo, la puerta del pasajero podría contar con una o dos

protecciones para el cableado de la ventana eléctrica, el seguro, el espejo y la luz interior de la misma. Otro ejemplo de protección regional sería cerca de la cajuela donde podría protegerse el desempañador trasero, la luz de la cajuela, el seguro de la cajuela, etc.

Existen varias ventajas al dividir el vehículo en regiones y protegerlas por separado. Dichos beneficios son: menor cableado en algunas áreas del vehículo y mayor facilidad en la localización de fallas cuando se de servicio al vehículo. Las desventajas de este tipo de distribución son: el costo de los diversos centros de protección o cajas de fusibles y la pérdida de diversas funciones en una región en caso de corto circuito. Por ejemplo, una falla en la puerta del pasajero puede ocasionar que la ventana y el seguro del mismo no funcionen; sin embargo, la ventana del conductor si seguirá funcionando.

Hoy en día el sistema más común para proteger los circuitos es por funciones. Sin embargo, cuanto más aumenta el número de componentes electrónicos en los vehículos y más se reducen los tamaños de las protecciones, la protección de circuitos regional se hace más costeable y popular para los autos del futuro.

3.2 SELECCION DE FUSIBLES.

La protección más comunmente utilizada son los fusibles. Dicha protección se utiliza para circuitos de poder que alimenten cargas tales como luces, motores, solenoides, etc. siempre y cuando sus rangos de corriente estén entre 0 y 30 amperes. En este apartado se explicará como seleccionar un fusible.

El primer paso para proteger un circuito con un fusible es seleccionar el valor del mismo. Una vez determinado dicho valor se podrá seleccionar el calibre de los circuitos que serán protegidos por el fusible.

3.2.1 CORRIENTES DE ESTADO ESTABLE PARA DIVERSAS CARGAS.

Para seleccionar el valor de un fusible que proteja un circuito de poder, es necesario determinar la corriente en estado estable de cada una de las cargas que serán alimentadas por dichos circuitos. En algunos casos un circuito de poder puede alimentar una sola carga, pero lo más común es que un solo circuito de poder alimente a varias cargas.

Es necesario sumar las corrientes en estado estable para cada una de las cargas alimentadas por el circuito.

Esta corriente total será utilizada en el proceso de selección del fusible tal y como se describe a continuación.

3.2.2 TEMPERATURA AMBIENTE DEL FUSIBLE.

La capacidad para conducir corriente de un fusible es función de la temperatura ambiente en el punto de localización del mismo. Los datos de temperatura ambiente para vehículos existentes pueden encontrarse en los manuales de cada componente. Los fusibles próximos a la caja de fusible pueden también contribuir a elevar la

temperatura ambiente efectiva. Dicho aumento es por tanto, una función del número de fusibles, de la corriente que circula a través de cada uno y del valor de los mismos.

3.2.3 CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE DE UN FUSIBLE.

La capacidad que tiene de conducir corriente un fusible está en función del valor del fusible y de la temperatura ambiente máxima en la caja de fusibles. Dicha capacidad de un fusible disminuye a medida que la temperatura ambiente aumenta.

La figura 3.1 muestra la capacidad para conducir corriente de un fusible desde $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$. A $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ los fusibles tienen una capacidad para conducir corriente de un cable igual a su valor nominal.

Aún cuando un fusible está especificado para manejar el 110% de su valor nominal por un espacio de 4 horas, éste 10% extra es un factor de seguridad del diseño, por lo tanto no deberá ser considerado cuando se seleccione el fusible. Esto es, cuando se seleccione una protección, el ingeniero deberá elegir un fusible de 20 amperes para una corriente de 20 amperes y no de 22 amperes a temperatura ambiente.

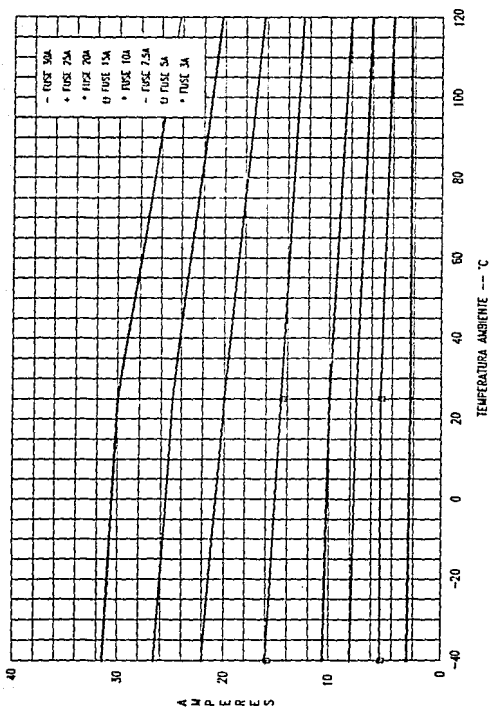


Figure 3.1: CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE VS TEMPERATURA AMBIENTE EN UN FUSIBLE

3.2.4 SELECCION DE FUSIBLES SIN APERTURAS FALSAS.

Una apertura en falso de un fusible sucede cuando la protección se abre debido a causas diferentes de un corto circuito, esto es, un transitorio de encendido, un pico de corriente debido al uso simultáneo de diversas cargas, etc.

Como es de suponerse es necesario evitar estas aperturas en falso por lo cual esta posibilidad debe considerarse al seleccionar un fusible.

El proceso para la selección de un fusible es:

- 1) Determinar la corriente total de las cargas de los circuitos que van a proteger.
- 2) Determinar la temperatura ambiente máxima del fusible.
- 3) Seleccionar un valor de fusible que funcione sin aperturas en falso. Para seleccionar el valor del fusible deberá utilizarse la gráfica de la figura 3.1 donde se deberá hallar la intersección de la corriente total de las cargas con la máxima temperatura ambiente. Cualquier fusible con una curva de capacidad de conducción de corriente por arriba de este punto de intersección operará en el sistema sin aperturas falsas.

A continuación se presenta un ejemplo de este proceso:

Deberá seleccionarse un fusible que proteja los circuitos de alimentación de 3 encendedores de cigarrillos en un vehículo. Cada encendedor requiere 7 amperes para operar. El fusible deberá localizarse en la caja de fusibles que se sitúa debajo del tablero. La temperatura ambiente en esta caja varía desde $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ y los fusibles cercanos pueden aumentar la temperatura hasta $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ más. Los pasos para la selección son:

1.- corriente total de los 3 encendedores:

$$3 \text{ encendedores} \times 7 \text{ amperes c/u} = 21 \text{ amperes totales.}$$

2.- Temperatura ambiente máxima:

$$45 \text{ grados} + 5 \text{ grados} = 50 \text{ }^\circ\text{C.}$$

3.- Usando la gráfica de la figura 3.1 encontraremos que la intersección de 21 amperes con 50 grados está dentro del área de un fusible de 25 amperes. Por tanto tenemos que para proteger los circuitos de alimentación de 3 encendedores utilizados al mismo tiempo podremos utilizar un fusible de 25 o 30 amperes sin peligro de que existan aperturas falsas.

3.3 SELECCION DE UN CABLE FUSIBLE.

Los cables fusibles se usan para proteger los circuitos de la batería que entregan energía a los centros de fusibles o relevadores. Los cables fusibles están diseñados para proteger a los circuitos de cortos directos a tierra.

Debido a la superioridad antes discutida del cable fusible de Si/GXL sobre el de hypalon, solamente estos se citarán en el presente trabajo.

El primer paso para la protección de un circuito con un cable fusible es seleccionar el calibre del mismo. Una vez que se conoce su calibre, se seleccionará el calibre de los cables a los que protegerá.

3.3.1 CORRIENTES DE LAS CARGAS DEL SISTEMA.

Debido a que un cable fusible entrega energía a un centro de fusibles y relevadores, la corriente en la protección será la misma que la suma de todas las corrientes manejadas por los fusibles, relevadores e interruptores de circuito que están siendo alimentados por él.

Normalmente esta corriente total excederá la capacidad para conducir corriente de un cable fusible calibre 16 o 18. Debido a esto, el vehículo cuenta con más de un cable fusible. Comúnmente cada una de estas protecciones protege una determinada función del automóvil.

La corriente total del sistema puede ser dividida en 3 circuitos principales reduciéndose así el calibre de los cables fusibles.

Asimismo, si ocurre un corto en uno de los cables fusible solo parte del sistema eléctrico del vehículo se verá afectada.

En base al diagrama de protecciones, el ingeniero de diseño podrá determinar cuantos cables fusible requiere el vehículo así como la corriente total que deberá manejar cada uno.

3.3.2 TEMPERATURA AMBIENTE DE UN CABLE FUSIBLE.

La capacidad para conducir corriente de un cable fusible es función de la temperatura ambiente máxima del área de localización del mismo. Por ejemplo, si el cable está localizado en el solenoide del arrancador, los valores de temperatura

ambiente varían desde 65 hasta 105 °C. Si el cable fusible se localiza cerca de la batería, su rango de temperatura ambiente estará entre 50 y 90 °C. Como ya se dijo, los datos de temperatura ambiente se encuentran en los manuales de los componentes correspondientes.

3.3.3 CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE DE UN CABLE FUSIBLE.

La gráfica de capacidad para conducir corriente para un cable fusible (fig 3.2) se basa en datos obtenidos en el laboratorio de PED durante 1985.

Estas gráficas se generaron restando el incremento de la temperatura debido a una corriente circulante en un cable fusible de 150mm de largo de la máxima temperatura de operación del aislamiento del cable fusible para Si/GXL.

La temperatura de operación máxima para este tipo de cable fusible es de 150°C.

3.3.4 SELECCION DE UN CABLE FUSIBLE SIN DEGRADACION.

Los pasos para la selección de un cable fusible son:

- 1.- Determinar la corriente de carga máxima para los circuitos que se protegerán por el cable fusible.

2.- Determinar la temperatura ambiente máxima en el lugar de localización del cable fusible.

3.- Usar la figura 3.2 para seleccionar un cable fusible con una curva de capacidad para conducir corriente por encima del punto de intersección de la corriente con la temperatura ambiente.

Ejemplo:

Si un cable debe entregar 30 amperes al vehículo y la temperatura ambiente del área de localización del mismo varía desde $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$, usando la gráfica de la figura 3.2 el cable fusible a usar deberá ser de 0.8 (18 ga). Si la temperatura ambiente fuera de $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ en lugar de 70 se necesitaría un cable fusible de 1.0 (16 ga).

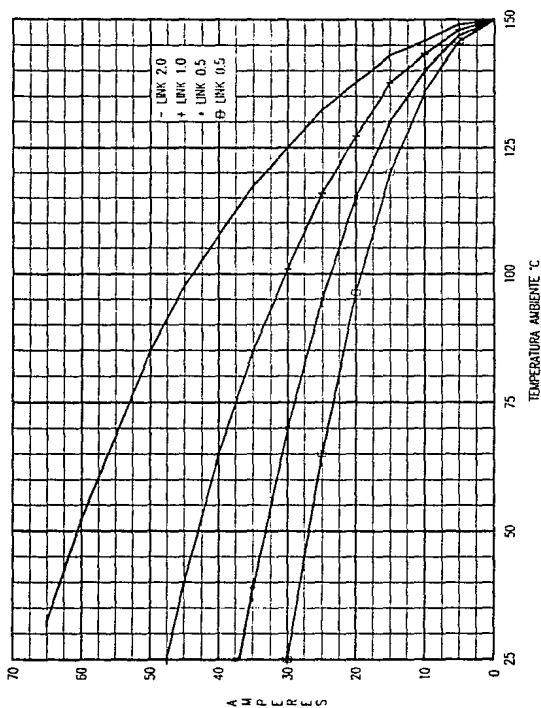


Figura 3.2: CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE VS TEMPERATURA AMBIENTE EN UN CABLE FUSIBLE

3.4 SELECCION DE UN INTERRUPTOR DE CIRCUITO.

Los interruptores de circuito se utilizan para proteger componentes que pueden experimentar sobrecargas intermitentes (ejemplo: un motor de ventana atascado). Existen 2 tipos de interruptores de circuito: no cíclicos y cíclicos. En el presente capítulo se discutirá la selección de ambos tipos.

El valor típico de un interruptor de circuito no cíclico es de 30 amperes. Este tipo de protección se usa en circuitos que alimentan cargas tales como desempañador trasero, asientos y seguros eléctricos. Comúnmente se utiliza otro interruptor separado para las ventanas eléctricas y el quemacocos.

Los interruptores de circuito cíclicos se utilizan regularmente para alimentar las luces delanteras (un interruptor de 10 amperes para los filamentos de las luces bajas y uno de 20 amp. para los filamentos de las luces altas). Sin embargo, es posible utilizar un solo interruptor de circuito de 20 amperes para alimentar ambos filamentos. Dicho interruptor cíclico substituirá al que contiene el switch de luces.

El objetivo de utilizar un interruptor de circuito cíclico en los circuitos de luces es que si la falla ocurre en la noche, la protección trate de cerrar el circuito dando así al conductor la luz suficiente para detener su vehículo en forma segura.

3.4.1 CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE DE UN INTERRUPTOR DE CIRCUITO.

La capacidad para conducir corriente de un interruptor de circuito está en función de la temperatura ambiente de la región donde se localiza el mismo. Dicha temperatura, como ya se indicó, puede obtenerse del manual de los componentes. Los rangos típicos de temperatura para la caja de fusibles localizada debajo del tablero son -40 a $+50$ °C.

La gráfica representada en la figura 3.3 es la base para la selección de un interruptor según los datos obtenidos de la compañía GTE líder en la producción de estas protecciones.

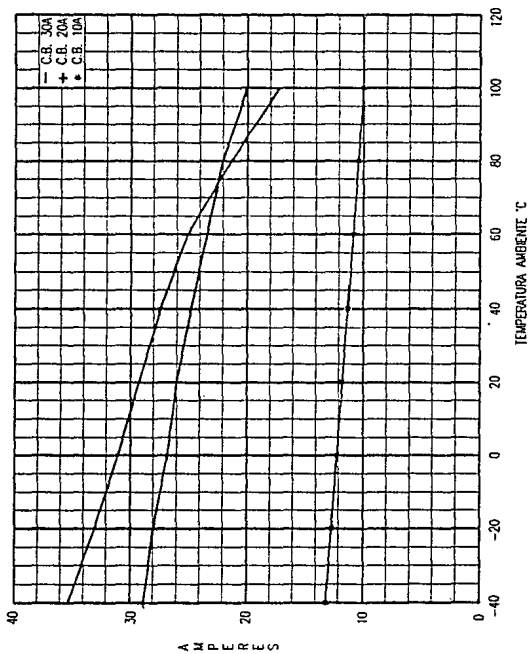


Figura 3.3: CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE VS TEMPERATURA AMBIENTE PARA UN INTERRUPTOR DE CIRCUITO

3.5 NUEVAS TENDENCIAS.

3.5.1 ELEMENTOS DE FUSION PACIFICOS.

El elemento protector de fusión "pacific fuse element" es un reemplazo del cable fusible. Al igual que un cable fusible, este elemento de fusión está diseñado para proteger el cableado de un corto directo a tierra. Las ventajas de un elemento de fusión sobre un cable fusible, incluyen la facilidad de reemplazo, la indicación visual de que está abierto, y el efecto casi nulo que tienen sobre su tiempo de apertura los cambios de la temperatura ambiente.

Esta protección consiste en un elemento de cobre montado sobre una base de cerámica. Cuando ocurre una sobrecarga, el elemento se calienta hasta fundirse y abrir el circuito. Su tapa transparente permite saber si está abierto o no. Los rangos de corriente disponibles son: 30, 40, 50 y 60 amperes.

Algunas de las características de operación de estas protecciones son:

- Deberán operar al 110% de su corriente nominal al menos durante 4 horas en un rango de temperatura de -30 a 120 °C.
- Deberán abrir el circuito al 200% de su rango de corriente antes de 100 segundos y después de 5 segundos, en un rango de temperatura de -30 a 120 °C.

- Deberán abrir el circuito al 300% de su rango de corriente en menos de 15 segundos y más de 0.5 en un rango de temperatura de -30 a 120 °C.
- Deberán abrir el circuito cuando están al 500% de su rango de corriente en menos de un segundo a una temperatura de -30 a 120 °C.

3.5.2 MINIFUSIBLES.

Los minifusibles fueron diseñados para sustituir a los fusibles convencionales con el fin de reducir el tamaño de la caja de fusibles y facilitar así su localización, además de reducir su costo. Un minifusible representa aproximadamente la tercera parte del tamaño de un fusible convencional.

Los minifusibles son componentes térmicos diseñados para interrumpir un circuito eléctrico cuando se somete a sobrecargas de corriente mayores que su capacidad.

La operación de un minifusible puede ser categorizada en diversas condiciones de operación; estas condiciones, están determinadas por el nivel de corriente que circula a través de la protección.

- 1) Operación normal: cuando la corriente que circula es menor o igual al 100% del valor del fusible.

- 2) Operación en corriente alta: este modo se da cuando el fusible opera a más del 100% de su valor nominal y a menos o igual al 110% de dicho valor. Este punto es crítico dado que el fusible puede o no abrir. Si no se abre, el nivel de corriente, sin embargo, puede llegar a quemar el cable.
- 3) Sobrecarga: cuando la corriente es mayor al 110% del valor de la protección. En este caso, el fusible debe interrumpir el circuito eléctrico cuando permanece en este estado por un lapso de tiempo determinado. Sin embargo, la respuesta no debe ser tan rápida que la protección se abra con transitorios generados por luces o motores conectados al arnés.
- 4) Circuito Abierto: Una vez que se ha interrumpido el circuito eléctrico.

La habilidad de un fusible de conducir corriente sin abrirse, disminuye cuando se incrementa la temperatura ambiente o cuando se utilizan calibres de cable muy delgados.

3.5.3 MAXIFUSIBLES.

Los maxifuses fueron diseñados para sustituir a los cables fusibles. La ventajas de los primeros sobre los segundos son entre otras: la facilidad de reemplazo que representa un maxifusible dado que, al igual que los fusibles y minifusibles, solo es necesario insertarlos en la caja de fusibles, mientras que un cable fusible debe ser unido con una grapa y estañado. Por otro lado, en los maxifusibles es mucho más fácil visualizar si la protección esta abierta que en un cable fusible; los maxifusibles son más

termoestables que el cable fusible y proporcionan la posibilidad de incorporarlos en la caja de fusibles, lo cual facilita la localización y el servicio de los mismos concentrándolos en un mismo centro de poder.

La operación, categorización y características de un maxifusible son similares a las de un minifusible con la única diferencia de que sus valores son de 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 y 100 amperes y se utilizan como protección primaria; esto es, van conectados directamente a la batería sin pasar antes por ninguna otra protección.

La figura 3.4 representa un centro de poder que contiene minifusibles, maxifusibles, relevadores y micro relevadores en una sola caja.

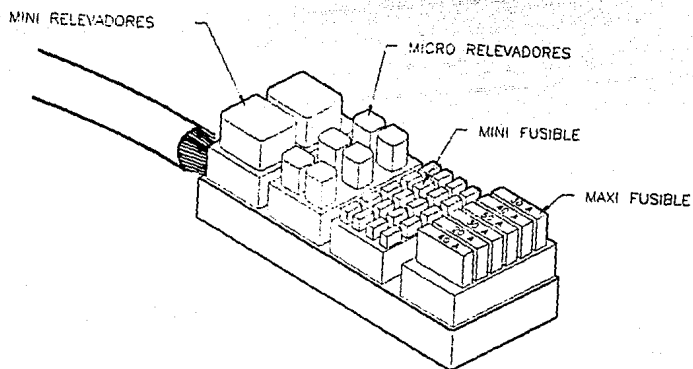


Figura 3.4: CENTRO DE PODER

Capítulo 4

SELECCION DE CABLES

4.1 CABLE PROTEGIDO POR FUSIBLES.

Una vez que se ha seleccionado el valor del fusible, el siguiente paso en el proceso de protección es seleccionar la construcción del cable que puede ser adecuadamente protegido por el fusible durante condiciones de estado estable y sobrecarga. En algunos casos, la temperatura ambiente del fusible y la del cable al que protege son diferentes. (un ejemplo es un fusible de 25 amperes localizado bajo el tablero que protega a un cable localizado en el área del motor. La temperatura ambiente para la caja de fusibles será aproximadamente de 50 °C, mientras que la del cable será de hasta 90 °C).

Cuando se haga la selección de una construcción de cable para ser protegido por un fusible dado, es necesario conocer la temperatura del cable para evitar que este sufra degradación alguna.

4.1.1 CAPACIDAD PARA LA CONDUCCION DE CORRIENTE DE UN CABLE EN ESTADO ESTABLE.

El primer paso en la selección de un cable es determinar la corriente de carga en estado estable para el cable que será protegido por el fusible. Este valor de corriente será utilizado junto con la temperatura ambiente máxima del cable para determinar el calibre del cable apropiado durante condiciones de estado estable.

La figura 4.1 muestra las curvas de capacidad para conducir corriente de cables con aislamiento de PVC en función de la temperatura ambiente. La figura 4.2 muestra las curvas de capacidad para conducir corriente para cables con aislamiento de cadena cruzada en función de la temperatura ambiente. Dichas curvas se basan en un modelo desarrollado en PED por el ingeniero Kevin Peck. Estas curvas fueron utilizadas para desarrollar la tabla 4.3 que muestra los valores de conducción de corriente para diversas construcciones de cables a 50 °C (temperatura en el tablero); 65 °C (temperatura bajo el cofre, lejos del motor) y 105 °C (temperatura bajo el cofre cerca del motor). Estos 3 valores de temperatura se utilizarán en todo el presente trabajo solamente como una guía. Es necesario considerar que las temperaturas máximas varían dependiendo del tipo de coche, motor, etc.

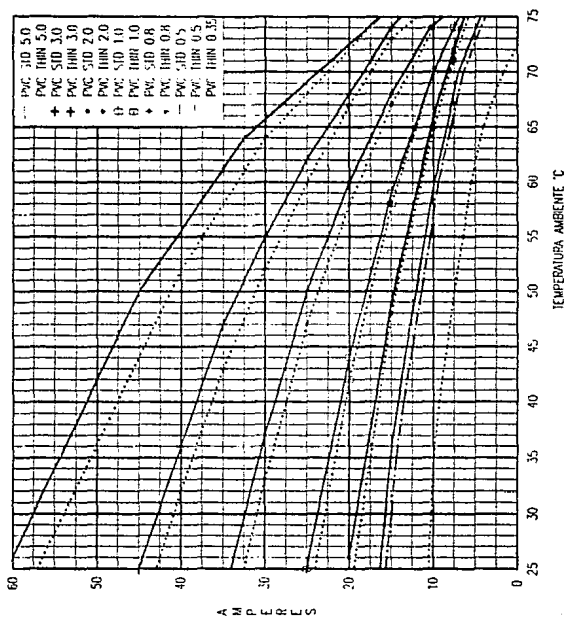


Figura 4.1: CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE DE UN CABLE CON AISLAMIENTO DE PVC VS TEMPERATURA AMBIENTE

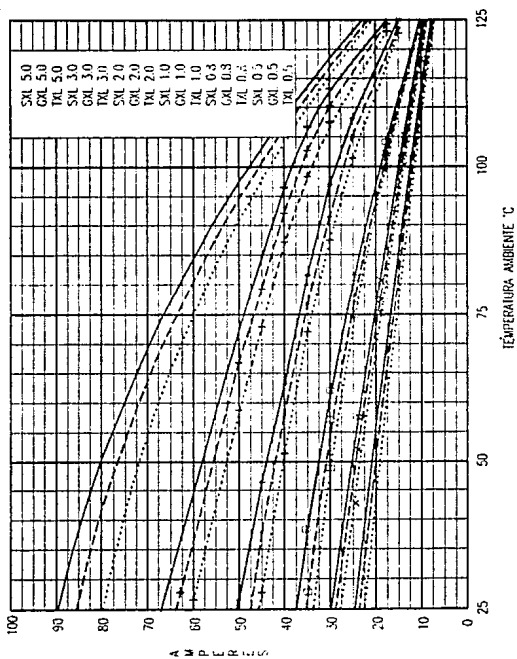


Figura 4.2: CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE DE UM CABLE COM AISLAMIENTO DE CADENA CRUZADA VS TEMPERATURA AMBIENTE

Deberán usarse las figuras 4.1 y 4.2 para determinar la capacidad de conducción de corriente de cables a temperaturas ambientes diferentes de las mostradas en la tabla de la figura 4.3

Para una temperatura ambiente conocida, seleccione el calibre del cable que tenga una capacidad para conducir corriente mayor que la corriente de carga. A continuación se describe un ejemplo de este proceso.

En el punto 3.2.4 se seleccionó un fusible de 25 amperes para alimentar 3 encendedores de cigarrillos de 7 amperes cada uno. El arnés está diseñado como una unión 3 a 1. Un cable viene del fusible y se divide en 3 que alimentan a cada encendedor. El cable del fusible deberá conducir la corriente de carga total que es de 21 amperes. De la tabla de la figura 4.3 deducimos que los conductores de 2.0 mm (14 ga) estandar y pared delgada de PVC pueden conducir 21 amperes continuos a una temperatura ambiente de 50 °C. Dado que cada calibre de alimentación a los encendedores solo conducirá 7 amperes continuos, de la misma tabla tenemos que un conductor de 0.35 mm (22 ga) de pared delgada de PVC o uno de pared estandar de 0.5 mm (20 ga) o pared delgada del mismo calibre, pueden manejar 7 amperes continuos a 50 °C de temperatura ambiente.

CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE POR CALIBRE DEL CABLE

TEMP. AMBIENTE	TIPO DE CABLE	TIPO DE PARED	CALIBRE 0.35	CALIBRE 0.50	CALIBRE 0.80	CALIBRE 1.00	CALIBRE 2.00	CALIBRE 3.00	CALIBRE 5.00
50 C	PVC	DELGADA	7.5	11.0	14.0	17.5	23.5	31.0	41.0
		STANDARD	---	11.5	14.5	18.0	25.0	33.0	45.0
65 C	PVC	DELGADA	3.5	8.0	10.0	12.0	16.0	21.5	28.5
		STANDARD	---	8.0	10.0	12.5	17.0	22.5	31.0
65 C	XLPE	DELGADA	---	17.5	21.5	27.0	36.5	48.0	65.0
		STANDARD	---	18.5	22.5	28.5	38.0	51.0	68.5
		MEDIA	---	19.0	23.5	30.0	40.5	53.5	71.5
105 C	XLPE	DELGADA	---	11.5	13.5	17.5	23.5	31.5	42.5
		STANDARD	---	12.0	14.5	18.5	25.0	33.0	45.0
		MEDIA	---	12.5	15.5	19.5	26.5	35.0	47.0

Figura 4.3: CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE PARA UN CABLE EN ESTADO ESTABLE

4.1.2 CAPACIDAD PARA LA CONDUCCION DE CORRIENTE DE UN CABLE EN CONDICIONES DE SOBRECARGA.

Una vez que un cable ha sido seleccionado para estado estable, es necesario verificar que esté adecuadamente protegido durante condiciones de sobrecarga o de corto circuito. En este trabajo se considera que un cable está protegido adecuadamente si la temperatura total de operación del cable no excede 20 °C en 3000 horas. (esta normalmente es 100 °C para PVC y 155 °C para XLPE). Para determinar si un cable está protegido correctamente o no, son necesarios dos juegos de gráficas. En la primera gráfica se comparan los tiempos de apertura de un fusible para diversas corrientes de corto circuito.

En PED se realizaron diversas pruebas para determinar los tiempos de apertura de varios fusibles al 135%, 150%, 175% y 200% de su valor nominal. Los tiempos de apertura máximos para estas corrientes se muestran en la gráfica de la figura 4.4.

La segunda gráfica necesaria compara la corriente de corto circuito con el tiempo necesario para que el cable alcance una temperatura 20 grados mayor que su temperatura de operación continua.

Las figuras 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8 muestran los resultados de las pruebas a las que se sometieron diversos cables de pared delgada.

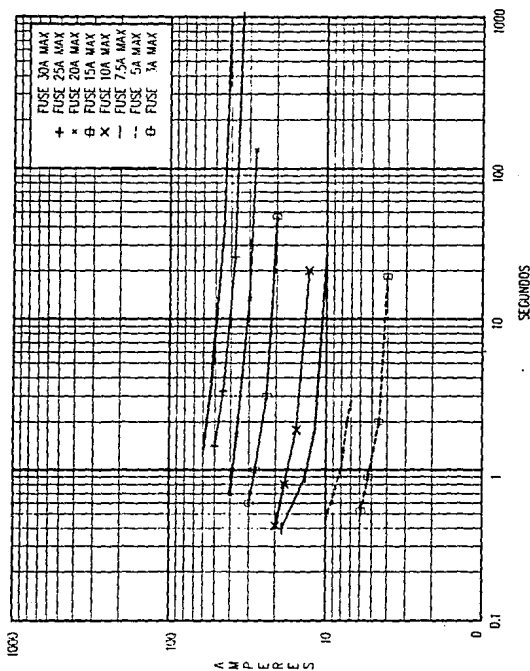


Figura 4.4: TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO A TEMPERATURA AMBIENTE

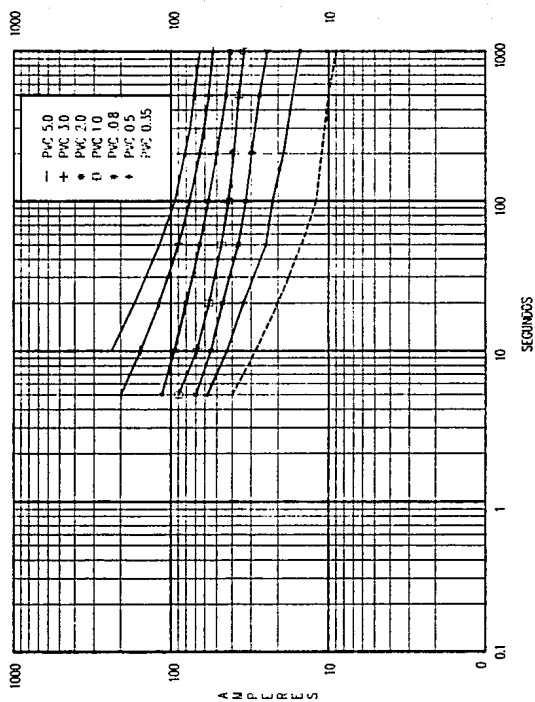


Figura 4.5: CORRIENTE VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 100C A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 50C

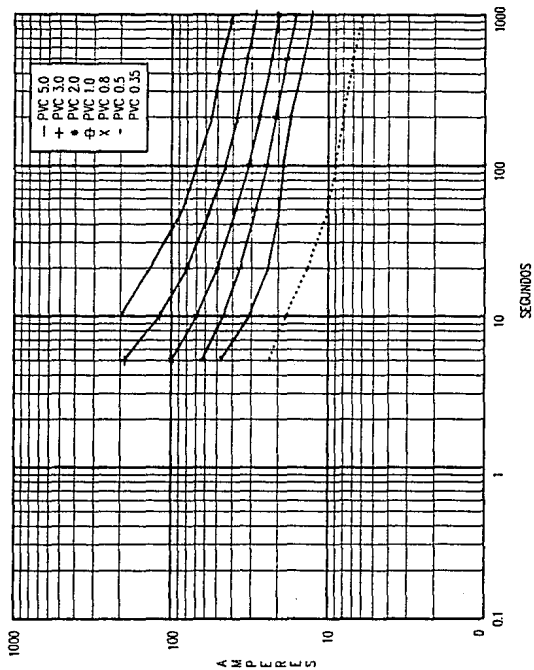


Figura 4.6: CORRIENTE VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 100C A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 65C

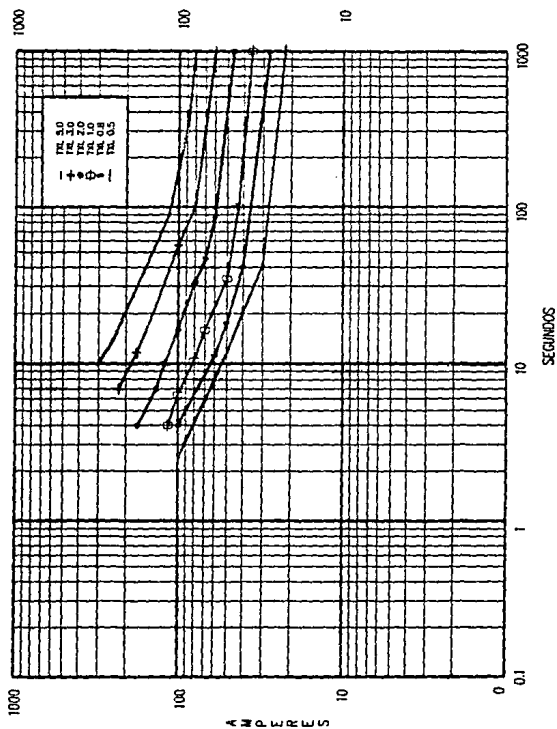


Figura 4.7: CORRIENTE VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 155C A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 65C

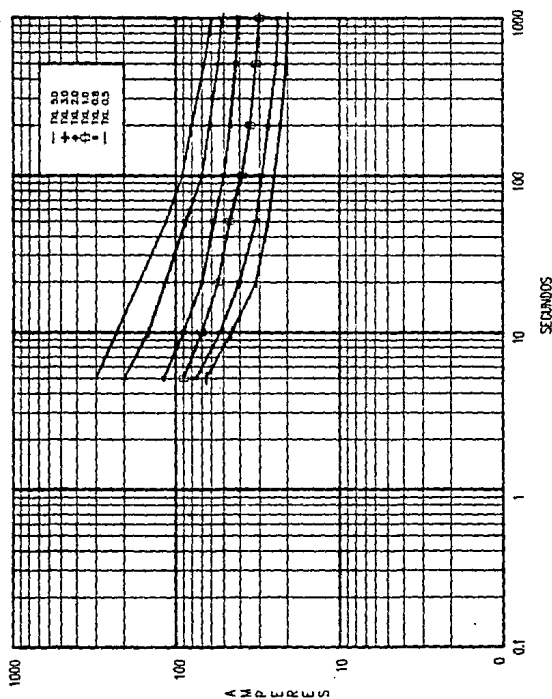


Figura 4.8: CORRIENTE VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 155C A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 105C

Debido a que un cable de pared delgada experimenta un mayor incremento en su temperatura dada una corriente de sobrecarga que lo experimentado por un cable estandar, estos datos se generalizarán para todos los cables, por lo cual obtendremos un mayor margen de seguridad para los demás calibres.

Para determinar si un cable está protegido o no correctamente por un fusible, el punto de intersección para la curva de un fusible y el punto de intersección para el cable debe ser determinado. Las figuras 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12 combinan las curvas de los fusibles representadas en la gráfica de la figura 4.4 con las curvas de los cables de las figuras 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8 respectivamente. El punto de intersección de las gráficas combinadas nos señala una corriente de corto circuito mínima.

Para las corrientes de corto menores que este valor se tardará más el fusible en abrir que el cable en alcanzar su temperatura especificada. (si no existe un punto de intersección, como en el caso de un calibre 5.0 PVC y un fusible de 10 amperes, la corriente de corto circuito mínima se considerara como el 135% del valor nominal del fusible). Esta corriente mínima de corto se mantiene en el arnés limitando el largo del cable (resistencia del circuito). Para determinar la longitud máxima del cable es necesario considerar varios factores:

El peor caso de corto circuito es cuando el nivel de voltaje es mínimo y la resistencia del cable es máxima. Para este trabajo se seleccionó un voltaje de 8.5 volts en la caja de fusibles. La resistencia máxima permisible que se determinó para la interface de la caja de fusibles a la carga es de 20 miliohms. Dado que esto es aproximadamente el valor de resistencia de 10 terminales de interface (10 conexiones en línea). Si el voltaje del sistema es mayor o la resistencia debida a interconexiones menor, el margen de seguridad aumentará. La resistencia considerada para los cables es la SAE mínima a 100 °C. Los datos en la tabla de la figura 4.13 reflejan estas

consideraciones y muestran la longitud de un cable por calibre que pueden manejar diversas corrientes de corto circuito.

Las gráficas en las figuras 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12 fueron utilizadas junto con la tabla de la figura 4.13 para desarrollar una tabla resumen que muestra la longitud máxima de diversos cables contra los valores de los fusibles a diferentes temperaturas ambiente. (figura 4.14).

Si el cable que se seleccionó para una corriente de carga en estado estable dada debe ser más largo que lo especificado en la tabla de la figura 4.14, el ingeniero deberá seleccionar un calibre mayor con una longitud que por tanto deberá ser mayor que la requerida para la aplicación.

En los corto circuitos resistivos, la longitud del cable no necesariamente limita la corriente de corto circuito al mínimo. Si el punto de intersección de las curvas del fusible y del cable está significativamente por arriba del 135% del valor nominal del fusible, la longitud máxima del cable se asume será 0. Esto significa que el cable no necesariamente estará protegido por el fusible bajo condiciones de corto circuito resistivo.

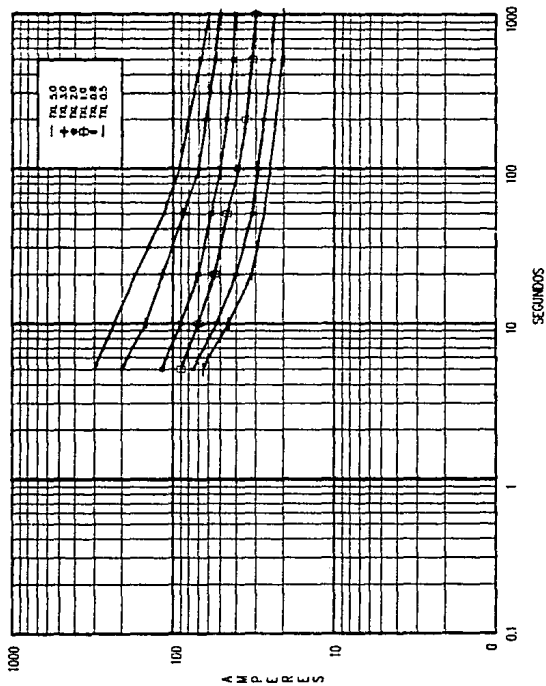


Figura 4.9: TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO DE UN FUSIBLE VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 100C A 50C DE TEMPERATURA AMBIENTE

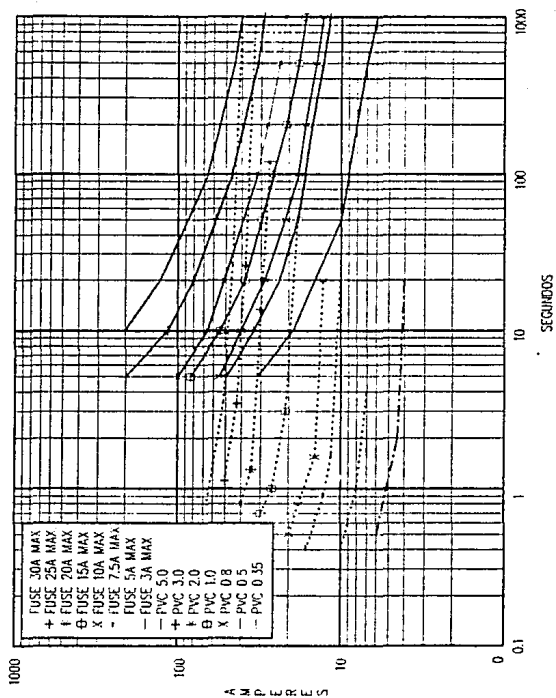


Figura 4.10: TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO DE UN FUSIBLE VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 100C A 65C DE TEMPERATURA AMBIENTE

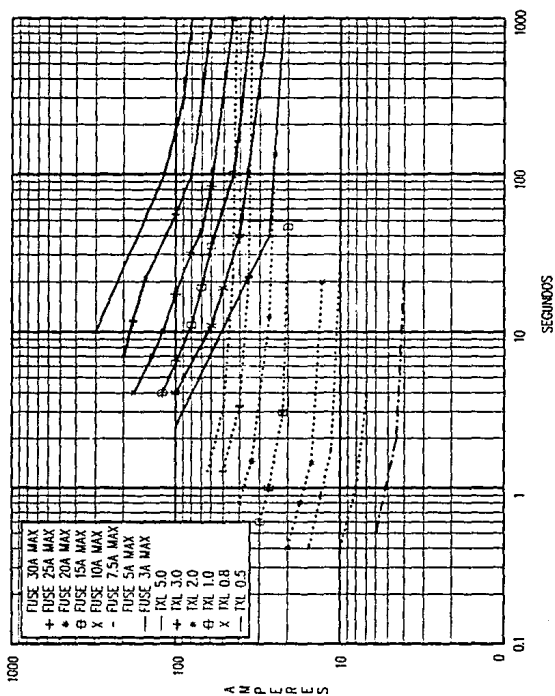


Figura 4.11: TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO DE UN FUSIBLE VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 155C A 65C DE TEMPERATURA AMBIENTE

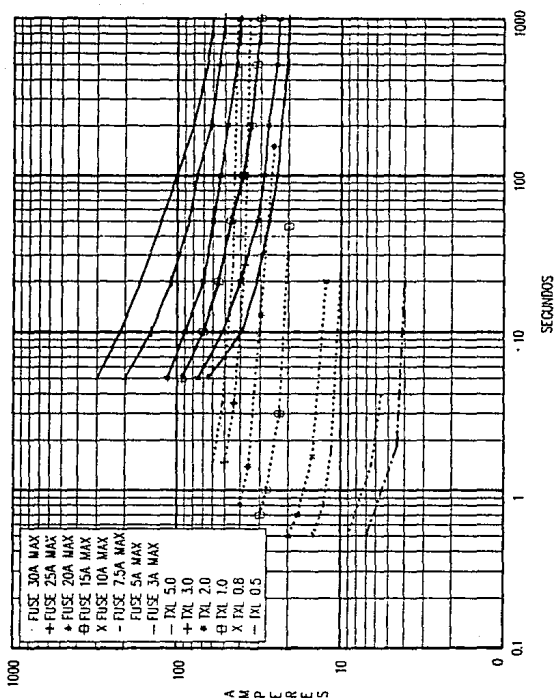


Figure 4.12: TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO DE UN FUSIBLE VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 155C A 105C DE TEMPERATURA AMBIENTE

CALIBRE mOHMS/mm AMPS	VOLTAJE DE LA FUENTE RESISTENCIA DE LA INTERFACE		8.5 VOLTS 0.02 OHMS				
	5.00 0.0050	3.00 0.0077	2.00 0.0122	1.00 0.0201	0.80 0.0248	0.50 0.0442	0.35 0.0714
10	166000	107792	68033	41294	33466	18778	11625
20	81000	52591	33197	20149	16331	9163	5672
30	52667	34199	21585	13101	10618	5958	3688
40	38500	25000	15779	9577	7762	4355	2696
50	30000	19491	12295	7463	6048	3394	2101
60	24333	15801	9973	6053	4906	2753	1704
70	20266	13171	8314	5046	4090	2295	1421
80	17250	11201	7070	4291	3478	1951	1208
90	14889	9668	6102	3704	3002	1684	1043
100	13000	8442	5328	3234	2621	1471	910
110	11455	7438	4694	2849	2309	1296	802
120	10167	6602	4167	2529	2050	1150	712
130	9077	5894	3720	2258	1830	1027	636
140	8143	5288	3337	2026	1642	921	570
150	7333	4762	3005	1824	1478	830	514
160	6625	4302	2715	1648	1336	749	484
170	6000	3896	2459	1493	1210	679	420
180	5444	3535	2231	1354	1098	616	381
190	4947	3213	2028	1231	997	560	346
200	4500	2922	1844	1119	907	509	315
210	4095	2659	1678	1019	826	463	287
220	3727	2420	1528	927	751	422	261
230	3391	2202	1390	844	684	384	237
240	3083	2002	1264	767	622	349	216
250	2800	1818	1148	697	565	317	198
260	2538	1648	1040	631	512	287	178
270	2296	1491	941	571	463	260	161
280	2071	1345	849	515	418	234	145
290	1862	1209	763	463	375	211	130
300	1667	1087	683	415	336	189	117
310	1484	964	608	369	299	168	104
320	1313	852	538	326	265	148	92
330	1152	748	472	286	232	130	81
340	100	649	410	249	202	113	70
350	857	557	351	213	173	97	60
360	722	469	296	180	146	82	51
370	595	386	244	148	120	67	42
380	474	308	194	118	96	54	33
390	359	233	147	89	72	41	25
400	250	162	102	62	50	28	18

Nota: LONGITUD DE LOS CABLES EN mm PARA LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO

Figura 4.13: CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO VS LONGITUD DEL CABLE

A M B I E	C A B L E	C A L I B R E	7.5A	FUSIBLE	10A	FUSIBLE	15A	FUSIBLE	20A	FUSIBLE	25A	FUSIBLE	30A	FUSIBLE
			Imin ApmS	Lmax mm	Imin ApmS	Lmax mm	Imin ApmS	Lmax mm	Imin ApmS	Lmax mm	Imin ApmS	Lmax mm	Imin ApmS	Lmax mm
S O C	P V C	0.35	10	11625	14	8550	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.5	10	18775	14	13800	20	9150	0	0	0	0	0	0
		0.8	10	33450	14	24600	20	163325	28	11650	0	0	0	0
		1.0	10	41275	14	30350	20	20125	27	14650	37	10425	0	0
		2.0	10	68025	14	50025	20	33175	27	24150	35	18250	44	14175
		3.0	10	107775	14	79275	20	52575	27	38275	34	30350	41	24325
		5.0	10	166000	14	122100	20	81000	27	58950	34	46750	41	37975
6 5 C	P V C	0.35	10	11625	14	8550	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.5	10	18775	14	13800	21	8700	0	0	0	0	0	0
		0.8	10	33450	14	24600	20	16325	29	11000	0	0	0	0
		1.0	10	41275	14	30350	20	20125	28	14100	38	10125	0	0
		2.0	10	68025	14	50025	20	33175	27	24150	36	17700	45	13825
		3.0	10	107775	14	79275	20	52575	27	38275	35	28925	43	23075
		5.0	10	166000	14	122100	20	81000	27	58950	34	46750	41	37975
6 5 C	X L P E	0.5	10	18775	14	13800	20	9150	27	6650	0	0	0	0
		0.8	10	33450	14	24600	20	16325	27	11875	37	8450	46	6625
		1.0	10	41275	14	30350	20	20125	27	14650	35	11075	43	8825
		2.0	10	68025	14	50025	20	33175	27	24150	34	19150	41	15450
		3.0	10	107775	14	79275	20	52575	27	38275	34	30350	41	24650
		5.0	10	166000	14	122100	20	81000	27	58950	34	46750	41	37975
1 0 5 C	X L P E	0.5	10	18775	14	13800	20	9150	29	6175	0	0	0	0
		0.8	10	33450	14	24600	20	16325	27	11875	38	8200	49	6175
		1.0	10	41275	14	30350	20	20125	27	14650	36	10750	45	8400
		2.0	10	68025	14	50025	20	33175	27	24150	34	19150	41	15350
		3.0	10	107775	14	79275	20	52575	27	38275	34	30350	41	24650
		5.0	10	166000	14	122100	20	81000	27	58950	34	46750	41	37975

Figura 4.14: LONGITUD MAXIMA DEL CABLE VS VALOR DEL FUSIBLE Y TEMPERATURA AMBIENTE

Volviendo al ejemplo antes citado, se seleccionó un cable PVC 2.0 mm para manejar 21 amperes a una temperatura ambiente de 50 grados. Se decidió que el cable estaría protegido por un fusible de 25 amperes. Basados en la tabla de la figura 4.14, podemos concluir que el cable no debe exceder 18,250 mm. Asimismo, se decidió que cable de 0.35 mm PVC sería utilizado para conducir 7 amperes para cada encendedor. Comparando datos podemos observar que este calibre no estará protegido por un fusible de 25 amperes bajo condiciones de corto circuito resistivo. Por último, en la tabla de la figura 4.14, observamos que el cable debe ser por lo menos calibre 1.0 y tener una longitud máxima de 10425 mm.

4.2 CABLE PROTEGIDO POR UN CABLE FUSIBLE.

Una vez que se ha seleccionado el calibre de un cable fusible, el ingeniero puede proceder a seleccionar el calibre del cable al cuál protegerá. Un cable 2 calibres mayor que el cable fusible estará adecuadamente protegido. La siguiente tabla resume las combinaciones cable/cable fusible que proveen una adecuada protección.

CABLE FUSIBLE	CABLE
0.50	1.0 o mayor
0.80	2.0 o mayor
1.00	3.0 o mayor
2.00	5.0 o mayor

Cualquier circuito que esté protegido por un cable fusible no deberá exceder 15 pies (4570 mm). Esto incluye circuitos conmutados tales como alimentación a circuitos de ignición. Si el circuito rebasa esta longitud se añadirá resistencia al sistema. Durante un corto circuito esta resistencia tendrá como consecuencia una menor corriente de corto circuito y un tiempo de apertura mayor. Estos tiempos de apertura más largos pueden dañar el aislamiento del cable fusible.

Si el espacio lo permite, el ingeniero deberá seleccionar un cable que sea más de 2 calibres mayor para que en caso de un corto circuito el tiempo de apertura se reduzca obteniendo así un incremento en el margen de seguridad.

Por otro lado, si la aplicación requiere un cable mayor de 15 pies, el ingeniero deberá seleccionar un cable de mayor calibre que el mínimo requerido para de esta forma reducir la resistencia de corto circuito.

El aumento de un calibre en el cable disminuye la resistencia aproximadamente un 60%. Si existe una diferencia de 3 calibres entre el cable y el cable fusible, la longitud del primero puede aumentar hasta 25 pies (7620mm).

4.3 CABLE PROTEGIDO POR UN INTERRUPTOR DE CIRCUITO.

Una vez seleccionado el interruptor de circuito necesario, el siguiente paso será seleccionar la construcción del cable al que protege tanto para estado estable como para condiciones de sobrecarga.

4.3.1 CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE DE UN CABLE EN ESTADO ESTABLE

El primer paso para la selección de un cable es determinar la corriente de carga en estado estable para cada cable que estará protegido por un interruptor de circuito. Esta corriente en conjunto con la máxima temperatura ambiente de cable nos servirá para determinar el calibre apropiado del cable en condiciones de estado estable.

El método para determinar la capacidad para conducir corriente de un cable es idéntico al método utilizado para los fusibles (ver tabla de la figura 4.3). Para una temperatura ambiente dada, seleccione un calibre de cable con una capacidad para conducir corriente mayor a la corriente de carga.

4.3.2 CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE DE UN CABLE EN CONDICIONES DE SOBRECARGA.

El método para seleccionar cable en condiciones de sobrecarga es el mismo que el presentado en la sección 4.1.2 . Sin embargo, las curvas para un interruptor de circuito son diferentes. Refierase a la seccion de fusibles para el proceso de selección de un cable.

La figura 4.15 muestra las curvas de sobrecarga para interruptores de circuito. Dicha figura representa los tiempos de apertura máximos para 30 muestras de cada tipo de interruptor de circuito a diferentes niveles de corriente. Las gráficas de las figuras 4.16, 4.17 y 4.18 superponen las curvas de un interruptor de circuito con las

gráficas de las figuras 4.5, 4.6 y 4.7 respectivamente. El punto de intersección de estas curvas indica la corriente de corto circuito mínima. Para estos valores de corriente de corto circuito menores a este mínimo, el interruptor tardará más en abrir la protección, que el cable en alcanzar su temperatura especificada. (si no existe punto de intersección, como en el caso del cable 5.0 PVC y el interruptor de 10 amperes, la corriente mínima de corto circuito se considera como el 135% del interruptor de circuito de 30 amperes o el 150% de los interruptores de 10 y 20 amperes.

Las figuras 4.16, 4.17 y 4.18 fueron utilizadas junto con la tabla de la figura 4.13 para desarrollar un resumen de las longitudes máximas para diversos cables y para todos los interruptores de circuito a diferentes temperaturas ambiente. Este resumen se representa en la tabla de la figura 4.19.

Si el cable que se seleccionó para estado estable debe ser mayor que la longitud indicada en la tabla de la figura 4.19, el ingeniero deberá seleccionar un calibre de cable mayor con una longitud indicada en la tabla mayor que la requerida para la aplicación.

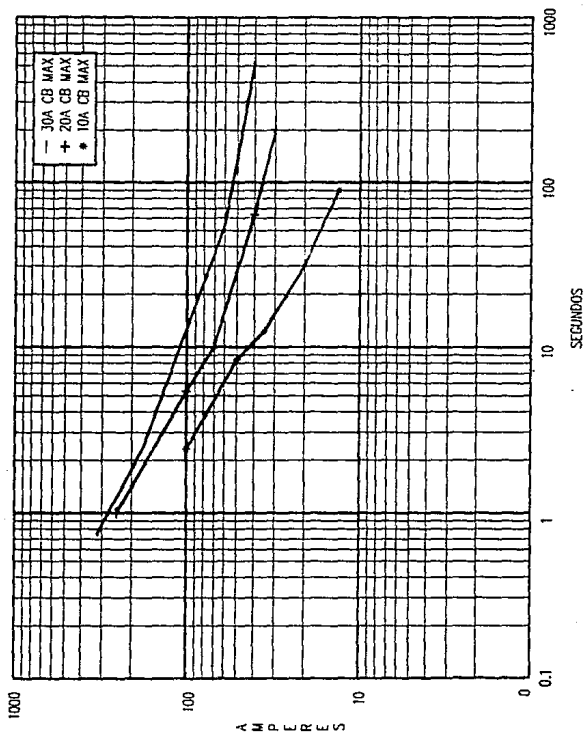


Figura 4.15: TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 25C

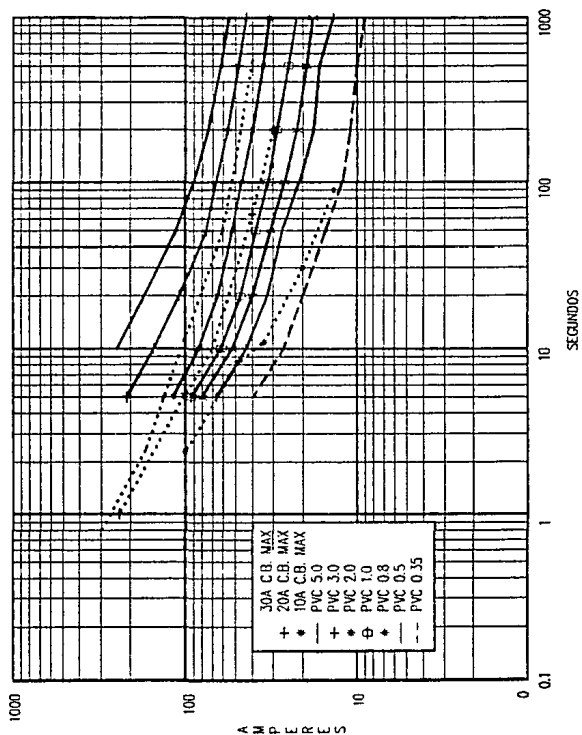


Figure 4.16: TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO PARA INTERRUPTORES DE CIRCUITO VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 100C A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 50C

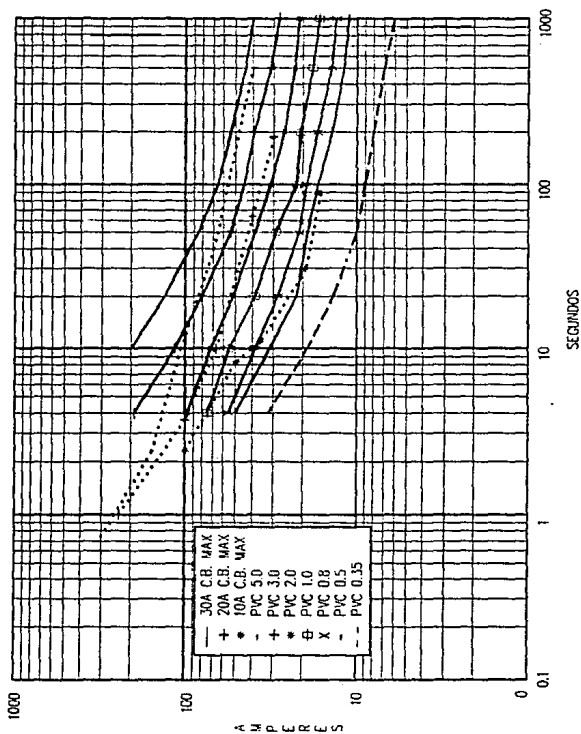


Figura 4.17: TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO PARA INTERRUPTORES DE CIRCUITO VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 100C A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 65C

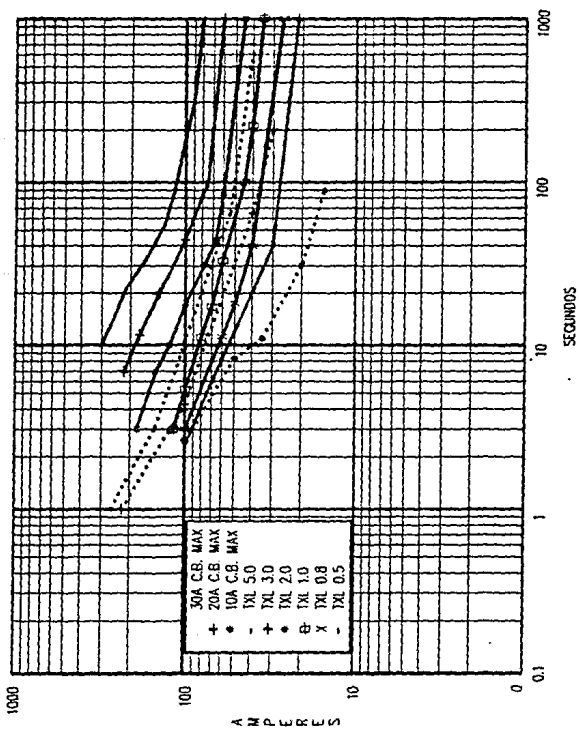


Figura 4.18: TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO PARA INTERRUPTORES DE CIRCUITO VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 155C A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 65C

A M B	C A B E	C A L I B R E	10A C.B.		20A C.B.		30A C.B.	
			Imin Amps	Lmax mm	Imin Amps	Lmax mm	Imin Amps	Lmax mm
5	P	0.35	0	0	0	0	0	0
0	V	0.5	0	0	0	0	0	0
C	C	0.8	15	22025	0	0	0	0
		1.0	15	27175	0	0	0	0
		2.0	15	44800	30	24575	0	0
		3.0	15	71000	30	34200	40	25000
		5.0	15	109325	30	52650	40	38500
6	P	0.35	0	0	0	0	0	0
5	V	0.5	0	0	0	0	0	0
C	C	0.8	0	0	0	0	0	0
		1.0	15	27175	0	0	0	0
		2.0	15	44800	0	0	0	0
		3.0	15	71000	30	34200	0	0
		5.0	15	109325	30	52650	40	38500
6	X	0.5	15	12350	0	0	0	0
5	L	0.8	15	22025	0	0	0	0
C	P	1.0	15	27175	30	13100	0	0
		2.0	15	44800	30	21575	40	15775
		3.0	15	71000	30	34200	40	25000
		5.0	15	109325	30	52650	40	38500

Nota: C.B.=INTERRUPTOR DE CIRCUITO

Figura 4.19: LONGITUD MAXIMA DEL CABLE VS VALOR DEL INTERRUPTOR DE CIRCUITO Y TEMPERATURA AMBIENTE

4.4 NUEVAS TENDENCIAS.

4.4.1 CABLE IRRADIADO.

En algunas aplicaciones dentro de un arnés automotriz, es necesario contar con circuitos que soporten altas temperaturas o condiciones de trabajo muy desfavorables. Por esto, es necesario contar en muchas ocasiones con cables resistentes a medios corrosivos, abrasivos o calientes, siendo necesario vulcanizarlos.

Al irradiar un cable se le provee una estructura de cadena cruzada sin necesidad de aplicarle calor. La estructura de cadena cruzada mejora las propiedades mecánicas del aislante. Por ejemplo, la resistencia a la abrasión aumenta notablemente ya que el pvc estándar tiene una resistencia a la abrasión de 10 ciclos, en cambio un cable irradiado presenta una resistencia a la abrasión hasta de 800 ciclos.

Otra de las ventajas del cable irradiado es su resistencia a las altas temperaturas, por tanto, es menos susceptible a dañarse si entra en contacto con algún punto del motor que esté a alta temperatura o con estaño líquido.

Por último, es importante mencionar que es mucho más económico irradiar el cable que tratarlo químicamente (vulcanizarlo). Dado que la extrusión y la radiación del conductor pueden hacerse en forma separada y no así la vulcanización, la cual requiere de largas líneas para el calentamiento y la aplicación de humedad al conductor, así como para su posterior enfriamiento.

4.4.2 CABLE DE PARED DELGADA.

El cable de pared delgada surgió como primera respuesta al problema del aumento en el número de circuitos de un arnés. Este cable, como su nombre lo indica, tiene un recubrimiento de cloruro de vinilo más delgado que el cable normal o estandar. Esto trae como consecuencia una disminución en el volumen del cable, en el peso y en el costo. Asimismo, representa un aumento considerable en su flexibilidad.

El grave problema que se presenta al producir este cable es el centrado del conductor pues dado lo delgado de la capa de aislante, es fácil que el conductor de cobre no quede perfectamente extruido y centrado.

Este cable para ser aprobado, tuvo que ser sometido a estrictas pruebas de chispa, aislamiento, inmersión, elongación, tensión, resistencia a las temperaturas extremas, resistencia a la flama, resistencia a la abrasión y a los corrosivos, etc. Esto es, todas las pruebas contempladas en las especificaciones JIS C 3406 y 3409, las cuales contienen todos los requerimientos con los que debe cumplir dicho cable.

4.4.3 CABLE COMPRIMIDO.

El cable comprimido fué desarrollado en Japón con el objeto de eliminar los problemas de centrado que presenta el cable de pared delgada. Este cable solo se utiliza para bajos voltajes por lo que solo se fabrican los calibres del 16 al 22.

El cable comprimido, como su nombre lo indica, es un cable que pasa por una máquina compresora, la cual elimina todos los intersticios o huecos de aire que existen

entre los hilos del conductor de cobre debido a que son circulares, dándoles una forma pentagonal sin que se reduzca su área de conducción. La figura 4.20 representa una comparación entre el diámetro del cable estandard y el del cable comprimido.

El siguiente cuadro compara los diámetros externos de los diferentes cables analizados: (cifras en mm.)

	PARED ESTANDARD	PARED DELGADA	CABLE COMPRIMIDO
22	-	1.8	1.4
20	2.2	2.0	1.6
18	2.4	2.2	1.8
16	2.7	2.5	2.0

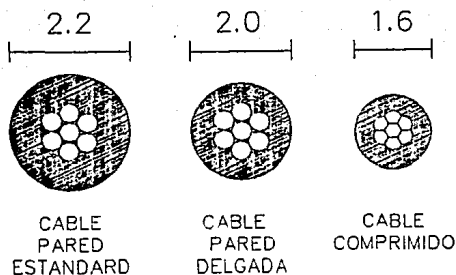


Figura 4.20: COMPARACION DE LOS DIAMETROS EXTERNOS DE UN CABLE ESTANDARD Y UNO COMPRIMIDO

La compactación o compresión del cable tiene además otras ventajas como son:

- los cables son más flexibles y ligeros.
- Se facilita la aplicación por desplazamiento del aislante.
- tiene las mismas características de abrasión que el de pared delgada.
- su producción es más sencilla y menos costosa.

Las características y propiedades de este cable se encuentran contenidas en las especificaciones JIS 3102 y 3005.

Capítulo 5

PRUEBAS DE VALIDACION ELECTRICA DE UN ARNES.

5.1 INTRODUCCION.

Una vez terminado el diseño de un nuevo arnés eléctrico automotriz es necesario validarlo realizando pruebas que nos certifiquen su adecuado funcionamiento.

El propósito principal de estas pruebas es asegurar la capacidad del sistema eléctrico de entregar la energía requerida a todas las cargas que alimenta, así como su confiabilidad para autoprotgerse.

En dichas pruebas no se consideran algunas variables como son: gradientes de temperatura, degradación ambiental o condiciones del camino tales como vibraciones.

Algunos de los problemas que se pueden detectar con este tipo de pruebas son:

- Si el arnés puede entregar la energía necesaria a todas las cargas a él conectadas.
- Si los dispositivos protectores tales como fusibles, cables fusible e interruptores de circuito están debidamente seleccionados.

- Si estos dispositivos protegen realmente a todos los circuitos que lo requieren.

Asimismo, al elaborar las pruebas de validación es posible optimizar el diseño analizado dado que pueden estudiarse las posibilidades de hacer reducciones de calibres en algunos circuitos, relocalización de uniones, etc.

las principales pruebas de validación eléctrica que se realizan actualmente son:

1. Prueba de perfiles de voltaje y corriente.
2. Prueba a plena carga de un dispositivo de protección.
3. Prueba de corto circuito.
4. Prueba de corto circuito resistivo con sobrecarga variable.
5. Prueba de corrientes parásitas.

El equipo básico requerido para la realización de todas las pruebas es: 1 osciloscopio, 2 multímetros digitales, 1 punta de corriente de 20 amperes, 1 punta de corriente de 100 amperes, 1 amplificador de corriente, 1 punta diferencial de voltaje, 1 fuente de c.d. de 18 volts @ 250 amperes, 1 carga electrónica de 1000 watts y shunts de diferentes valores.

La figura 5.1 representa el circuito de conexión básico para la realización de todas las pruebas antes mencionadas.

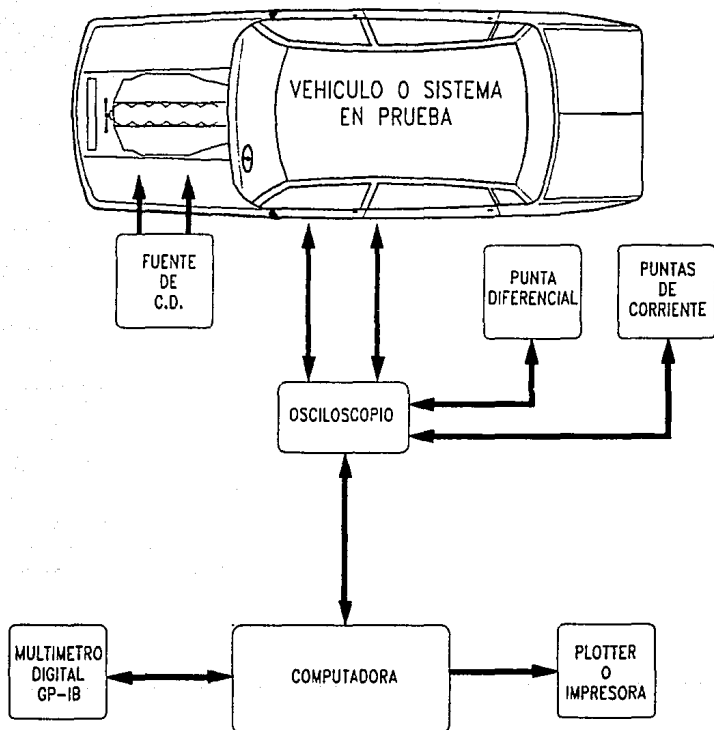


Figura 5.1: CONEXION BASICA PARA LA REALIZACION DE PRUEBAS DE VALIDACION ELECTRICA

5.2 PRUEBA DE PERFILES DE VOLTAJE Y CORRIENTE.

El objetivo de esta prueba es medir el voltaje a través de una carga (tomado de las terminales de la misma), la corriente que circula por la carga y el voltaje en las terminales de la batería. La prueba se deberá realizar para 3 estados diferentes que son:

- De apagado a encendido.
- En estado estable.
- En estado de sobrecarga (motores).

La figura 5.2 muestra las conexiones necesarias para realizar la prueba. Esta prueba se realizará con 2 alimentaciones diferentes; la primera será utilizando un voltaje de alimentación de 14.5 volts, mientras que la segunda se hará a 12.2 volts, manteniéndose en ambos casos una tolerancia de ± 0.2 volts y limitando la corriente a 100 amperes con una tolerancia de ± 2 amperes.

Resumiendo, tenemos que las mediciones que se llevarán al cabo en esta prueba son:

- Voltaje entre las dos terminales de la batería.
- Corriente circulante en el circuito.
- Caída de voltaje en la carga.

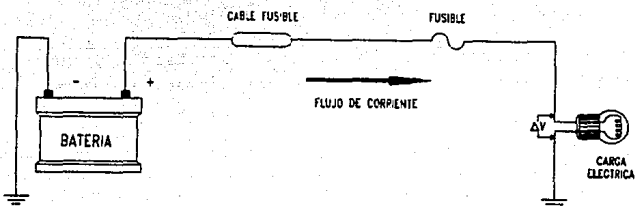


Figura 5.2: CONEXIONES REQUERIDAS PARA LA PRUEBA DE PERFILES DE VOLTAJE Y CORRIENTE

5.3 PRUEBA A PLENA CARGA DE UN DISPOSITIVO DE PROTECCION.

En esta prueba el objetivo es medir el voltaje entre el lado más negativo de la protección y la terminal negativa de la batería, la corriente que circula por la protección y el voltaje en las terminales de la batería en el momento en el que todas las cargas que están protegidas por un dispositivo común se accionan.

Esta prueba se deberá llevar al cabo para 3 estados que son:

- De apagado a encendido.
- Para estado estable.
- Para estado de sobrecarga.

La prueba se realizará con una batería plenamente cargada y conectada en paralelo con la fuente, la cual estará regulada a 14.5 ± 0.2 volts y una corriente limitada de 100 amperes ± 2.0 amperes.

La finalidad de esta prueba es comprobar que no existan aperturas falsas de las protecciones (nuisance blows); esto es, al activar cualquier dispositivo existe un transitorio de corriente; si se activan varios dispositivos que estén protegidos por el mismo elemento simultáneamente, la suma de las corrientes transitorias de todos ellos puede provocar la apertura de la protección sin que en realidad exista un corto. También se pretende conocer la corriente consumida por los dispositivos con protección común cuando todos ellos estén en estado estable con el fin de asegurar que dicha corriente no sea lo suficientemente alta como para sobrecalentar el cable y dañarlo sin abrir la protección (corto resistivo).

La figura 5.3 representa las conexiones necesarias para realizar la prueba.

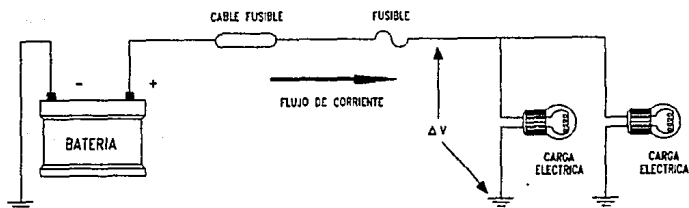


Figura 5.3: CONEXIONES REQUERIDAS PARA REALIZAR LA PRUEBA A PLENA CARGA DE UN DISPOSITIVO DE PROTECCION

5.4 PRUEBA DE CORTO CIRCUITO.

En esta prueba se desea medir el voltaje de la terminal del lado más negativo de la protección a la terminal negativa de la batería, la corriente a través de la protección bajo prueba y el voltaje en la batería cuando ocurre el peor caso de corto circuito.

Se considera como el peor caso de corto cuando existe un corto eléctrico de un cable positivo (vivo) a una tierra metálica (chassis del vehículo) o al circuito de retorno a tierra de una carga (se elige el caso que represente más resistencia en la protección que se está probando.).

El objetivo de esta prueba es asegurar que las protecciones se abren en el caso de un corto circuito y que lo hacen dentro de un límite de tiempo antes determinado. De no ser así, se deberá revisar el diseño para establecer la causa del problema (ejem. circuitos muy largos, calibres equivocados, etc.)

La fuente a utilizar será una batería conectada en paralelo a la fuente y ajustada a 12.75 volts +- 0,2 volts con la corriente limitada a 100 amperes +- 2 amperes.

Dado que existen 3 tipos de protecciones, a continuación se detallará el método para realizar las pruebas a cada una de ellas.

5.4.1 PRUEBA DE CORTOS PARA FUSIBLES.

La figura 5.4 representa las conexiones necesarias para realizar una prueba de corto circuito a un fusible.

Las mediciones que se llevarán al cabo en esta prueba son:

1. Voltaje entre las 2 terminales de la batería.
2. Corriente circulante en el circuito.
3. Caída de voltaje entre los puntos 1 y 2.
4. Tiempo de apertura de la protección.

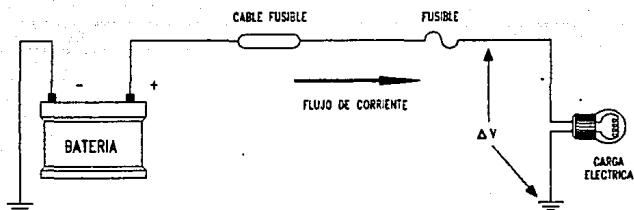
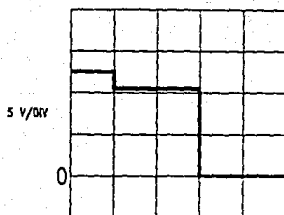
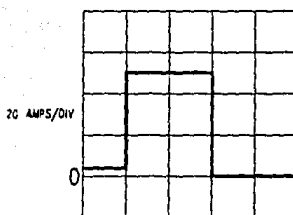


Figura 5.4: CONEXIONES NECESARIAS PARA REALIZAR LA PRUEBA DE CORTO A UN FUSIBLE

La figura 5.5 representa unos oscilogramas para este tipo de pruebas.



OSCILOGRAMA DEL VOLTAJE



OSCILOGRAMA DE LA CORRIENTE

Figura 5.5: OSCILOGRAMAS REPRESENTATIVOS DE UNA PRUEBA DE CORTO CIRCUITO CON UN FUSIBLE

5.4.2 PRUEBA DE CORTOS PARA CABLE FUSIBLE.

La figura 5.6 representa las conexiones necesarias para realizar estas pruebas.

Las mediciones que se realizarán son:

1. Voltaje en la batería.
2. Corriente en el circuito.
3. Caída de voltaje entre los puntos 1 y 2 de la figura 5.6
4. Tiempo de apertura de la protección.

En esta prueba como se habrá observado es necesario incorporar el uso de un shunt para realizar las mediciones de la corriente circulante dado que esta llega a ser de varios cientos de amperes en el momento de un corto.

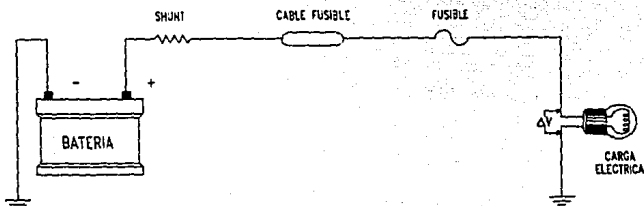


Figura 5.6: CONEXIONES NECESARIAS PARA REALIZAR UNA PRUEBA DE CORTO EN UN CABLE FUSIBLE

5.4.3 PRUEBA DE CORTOS PARA INTERRUPTORES DE CIRCUITO.

La prueba de corto para interruptores de circuito es exactamente igual a la de fusibles en cuanto a las conexiones, mediciones, adquisición de datos, etc. La única diferencia radica en que para la prueba de interruptores de circuito es necesario utilizar una base de tiempo más grande con el fin de observar si se trata de uno cíclico o acíclico.

Si el interruptor de circuito es cíclico abrirá y después intentará cerrarse cuando se enfríe su filamento. Si el corto aún existe, el interruptor volverá a abrirse de inmediato; si el corto ya fue eliminado, se cerrará y permanecerá cerrado. En el caso de un interruptor acíclico, dicha protección se abrirá cuando se presente un corto y no se volverá a cerrar hasta que la condición de corto haya desaparecido.

Cabe recordar que los interruptores de circuito se utilizan básicamente como protecciones de motores tales como: limpiadores, asientos eléctricos, elevadores de ventanas, etc.

5.5 PRUEBA DE CORTO CIRCUITO RESISTIVO CON SOBRECARGA VARIABLE.

Para realizar esta prueba es necesario conectar una carga electrónica en el lugar de la carga cuya protección se desea probar. (una carga electrónica es un dispositivo capaz de entregar corriente constante o resistencia constante dado un voltaje de alimentación fijo. Dicha carga deberá ajustarse al valor de corriente crítico para cada tipo de protección. Por valor crítico se entiende aquel nivel de corriente que puede o no provocar la apertura de la protección. De no abrirse dicha protección, el circuito puede dañarse e incluso quemarse después de un determinado lapso de tiempo. (en el caso de los fusibles, el intervalo más crítico es al 135% de su valor nominal).

Las variables que se deberán medir en esta prueba son: voltaje en la batería, caída de voltaje a través de la carga electrónica, la corriente a través del circuito y el tiempo que tarda en abrirse la protección. Asimismo se deberá calcular la resistencia que representa el circuito.

La mejor localización para la carga electrónica será entre el extremo del circuito de alimentación de menor calibre protegido por el elemento que se desea probar y su respectivo circuito de retorno a tierra.

Si el elemento protector es un interruptor de circuito, entonces la corriente se monitorea durante 20 minutos mientras la protección se abre y se cierra.

La prueba deberá realizarse con la fuente conectada en paralelo con la batería regulada a 12.0 ± 0.2 volts y la corriente limitada a 100 amperes ± 2 amperes.

La importancia de la elaboración de estas pruebas radica en que puede darse el caso de que se presente un corto circuito con tales características que la corriente que consume no sea lo suficientemente alta como para abrir la protección y sin embargo si sea capaz de provocar graves daños en el sistema eléctrico del vehículo.

La figura 5.7 representa las conexiones necesarias para realizar esta prueba.

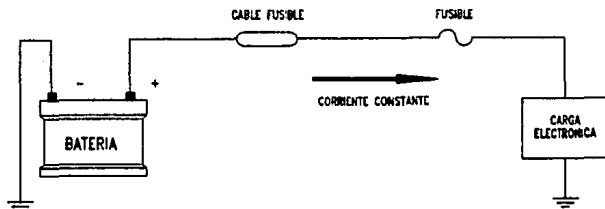


Figura 5.7: CONEXIONES NECESARIAS PARA LA PRUEBA DE CORTO CIRCUITO RESISTIVO CON UNA SOBRECARGA VARIABLE

Resumiendo tenemos que los datos que se obtendrán a partir de esta prueba son:

1. Voltaje de la batería.
2. Corriente en el circuito.
3. Caída de voltaje entre los puntos 1 y 2 de la fig. 5.7.
4. Tiempo de apertura de la protección.
5. Resistencia equivalente del circuito.

Para el cálculo de la resistencia equivalente del circuito es necesario obtener un diagrama equivalente a partir del diagrama original. La siguiente figura muestra ambos circuitos:

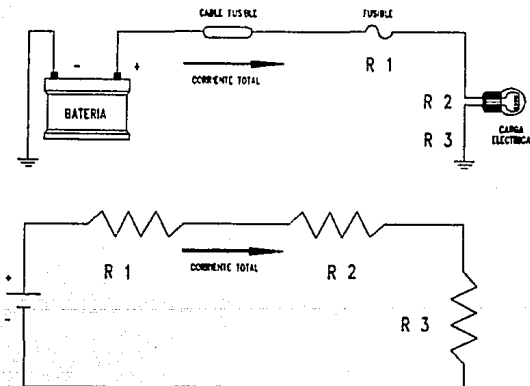


Figura 5.8: CIRCUITO ORIGINAL Y CIRCUITO EQUIVALENTE

Dado que para este circuito conocemos el voltaje de alimentación, la corriente total circulante, y la caída de voltaje en R2, la resistencia que representa el circuito de alimentación sumada a la que representa el circuito de retorno a tierra será:

$$R1 + R3 = R(\text{TOTAL}) - R2 = \frac{V. \text{ BATERIA}}{I. \text{ TOTAL}} - \frac{V. (R2)}{I. \text{ TOTAL}}$$

5.6 PRUEBA DE CORRIENTES PARASITAS.

El objetivo de esta prueba es medir la corriente a través de todas las protecciones de primer nivel o cables fusibles bajo las siguientes condiciones:

- Interruptor de ignición apagado.
- Totalidad de las luces apagadas.
- Puertas cerradas.
- Cajuela cerrada.
- Cofre cerrado.

Durante la prueba, la fuente de corriente directa se conecta en paralelo a una batería y se ajusta a 12.75 volts +- 0.2 volts con una corriente limitada a 10.0 amperes +- 2.0 amperes.

La importancia de esta prueba radica en que existen algunas cargas dentro del sistema eléctrico del vehículo que consumen una pequeña corriente permanentemente, por lo que es importante conocerlas para saber si no afectan al buen funcionamiento del sistema.

Dado que día a día aumenta el uso de microprocesadores y memorias en los componentes electrónicos de los vehículos, es importante conocer la cantidad de corriente que estos consumen de la batería cuando el automóvil está apagado.

La figura 5.9 muestra el circuito y las conexiones necesarias para realizar esta prueba.

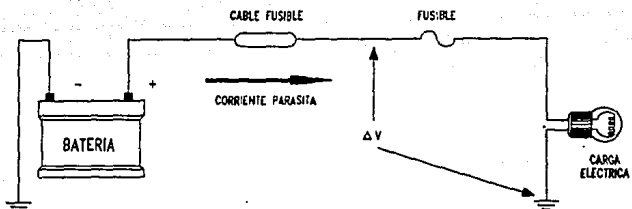


Figura 5.9: CONEXIONES NECESARIAS PARA LA MEDICION DE CORRIENTES PARASITAS EN UN VEHICULO

Capítulo 6

ELECTRONICA AUTOMOTRIZ

6.1 ANTECEDENTES

La industria automotriz es una de las ramas de la economía que presenta un mayor índice de crecimiento anual. Dentro de esta industria, una de las áreas más novedosas y que promete un mayor desarrollo es el área de electrónica automotriz.

Actualmente, el contenido de electrónica en un vehículo asciende aproximadamente al 4% del costo total del mismo. Sin embargo, se estima que este porcentaje sera del 15% para 1995 y del 20% para el año 2000.

La electrónica automotriz debe su tardanza en incorporarse a los vehículos básicamente a la relación costo-beneficio y no a problemas tecnológicos. La introducción de los semiconductores en el automóvil se inició a finales de los años 50, cuando Toyota introdujo un aparato de radio totalmente transistorizado, y Motorola el diodo de silicio para los alternadores. De períodos anteriores sólo puede hablarse de los aparatos de radio con válvulas, grandes consumidores de corriente y poco aptos para unas condiciones de ambiente muy duras. En 1964 G.M. y Ford utilizaron transistores para controlar el encendido y en 1967, Volkswagen y Bosch desarrollaron

conjuntamente un sistema de control de inyección. En 1967, G.M. utilizó un circuito integrado en un regulador de tensión, y en 1976 introdujo el microprocesador en el sistema de avance de encendido. A mediados de los 70's sucedieron dos hechos que reactivaron el interés en la electrónica automotriz. Estos hechos fueron: el decreto del gobierno americano para regular los gases emitidos por los autos y el gasto de combustible (esto obligó a los fabricantes a optimizar el control de sus motores utilizando sistemas electrónicos) y el desarrollo de componentes de estado sólido a un precio relativamente bajo. A partir de estos dos hechos, se inició el increíble crecimiento que esta área ha tenido en los últimos años.

Una vez que se resolvieron los principales problemas en cuanto a control del motor, se dedicó parte de la investigación a resolver problemas de seguridad y posteriormente de confort. Como podemos observar, todo este avance se logró en aproximadamente 18 años. Sin embargo, la curva de crecimiento del mercado no ha llegado a su cresta dado que existen todavía muchas áreas que investigar tales como: sistemas anticolidión, sistemas de navegación por satélite, multiplexado, etc.

La figura 6.1 representa el progreso que ha vivido la electrónica automotriz en relación a los componentes utilizados.

PROGRESO DE LA TECNOLOGIA ELECTRONICA

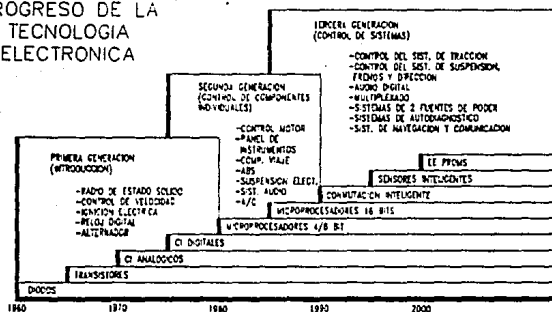


Figura 6.1: PROGRESO DE LA ELECTRONICA AUTOMOTRIZ

6.1.1 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS ELECTRONICOS AUTOMOTRICES

Los dispositivos electrónicos automotrices se clasifican en 4 grupos de acuerdo a su aplicación en el vehículo. Dichos grupos son:

- Comunicación
- Seguridad
- Comfort
- Funcionamiento

A continuación se enlistan los sistemas desarrollados hasta hoy para cada una de estas 4 aplicaciones:

COMUNICACIONES:

- Procesadores de mensajes audibles.
- Sistemas de navegación por satélite.
- Sistemas de información para el conductor.
- Teléfonos.
- Radios.
- Computadoras.
- Tableros de instrumentos digitales.
- Sistemas holográficos.

SEGURIDAD:

- Control de presión de las llantas.
- Sistemas de diagnóstico.
- Control de la suspensión.
- Sistemas de frenos ABS.
- Bolsas de aire.
- Destelladores electrónicos.
- Gobernador de los limpiadores.
- Cambio automático de luces altas.
- Indicadores de nivel de líquidos.
- Alarmas.
- Cinturones de seguridad.
- Indicadores de servicio.
- Sistemas anticolidión.

- Radares.

COMFORT:

- Controles de temperatura.
- Asientos eléctricos con memoria.
- Control de velocidad.
- Ventanas eléctricas.
- Seguros eléctricos automáticos.
- Espejos eléctricos con memoria.
- Llave digital de acceso.
- Encendido automático de luces.
- Controles remotos.
- Entrada iluminada.
- Sistemas de monitores de luces.
- Campanas.
- Quemacocos.
- Sistemas de audio.
- Desempañador trasero.
- Asientos con calefacción.
- Espejos con calefacción.
- Limpiadores para faros.
- Computadora de viaje.

FUNCIONAMIENTO (MOTOR):

- Economizador de gasolina.
- Control de la transmisión.

- Control del sistema de ignición.
- Tacómetros.
- Sensores de temperatura, presión, viscosidad, posición, etc.
- Actuadores.
- Computadoras para control de las funciones del motor.
- Sistemas de control de emisiones contaminantes.
- Sistemas de inyección múltiple secuencial.

El volumen de ventas mundial para los productos electrónicos automotrices está estimado que crecerá de los 910 millones de dólares del año pasado a 1.3 billones para 1991 y a 2 billones para 1995. En Estados Unidos, Canadá y México se estima que los controles electrónicos para motor basados en semiconductores aumentarán sus ventas de 531 millones de dólares del año pasado a 742 millones para 1991.

La figura 6.2 representa las ventas de electrónica automotriz en Norteamérica (E.U. Canadá y México).

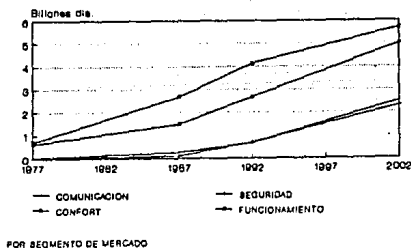


Figura 6.2: VENTAS DE ELECTRONICA AUTOMOTRIZ EN NORTEAMERICA

6.1.2 CONFIABILIDAD DE LOS SISTEMAS ELECTRONICOS AUTOMOTRICES

Una de las características sobresalientes a considerar en el diseño de un producto electrónico para el automóvil es la dureza del ambiente. Existen condiciones de temperatura, vibración, humedad, campos eléctricos y electromagnéticos, líneas de alimentación perturbadas, etc. que no existen en otros sectores de fabricación masiva como la electrónica de consumo. Exigencias semejantes y que en muchos casos se utilizan como referencia, se encuentran en las aplicaciones militares, aeronáuticas y espaciales, pero en éstas las condiciones de mercado son distintas: costos y volúmenes menores. En general, las normas de predicción de la confiabilidad y de aplicación general que suelen utilizarse son las militares o las de la Sociedad de Ingenieros automotrices (SAE). En particular, cada fabricante de automoviles suele tener su norma general interna y/o una norma para cada producto en particular. Lo menos frecuente es que el constructor del componente tenga una norma propia. Esta complejidad en la normalización de los componentes se debe, entre otras cosas, a que el amplio uso de un automóvil impone una serie de normas de estandarización, ya que se debe considerar al usuario del norte de Europa y al de Africa central, evitando al máximo introducir cambios mayores en un mismo modelo. Además, los márgenes de temperatura especificados para un producto dependen de la ubicación del componente en el interior del vehículo. Los requerimientos para el compartimento del motor son totalmente distintos a los del compartimento de pasajeros, ya que en el primero el límite inferior está alrededor de -40 grados centígrados y el límite superior esta entre 70 y 140 grados. por otro lado, los margenes de la tensión de alimentación son distintos según la aplicación considerada, pero en general pueden variar de 5 a 16 volts.

6.2 MULTIPLEXADO AUTOMOTRIZ

6.2.1 GENERALIDADES.

La legislatura actual y la preocupación generalizada por la conservación del medio ambiente, están obligando a las grandes armadoras a manufacturar vehículos con bajas emisiones de contaminantes y alto rendimiento del combustible. Esto, combinado con las regulaciones vigentes para mejorar el funcionamiento y eficiencia de los motores y la necesidad de crear autos más atractivos con el objeto de incrementar las ventas, han inducido a las empresas automotrices a incorporar periódicamente nuevos componentes y sistemas eléctrico-electrónicos en los automóviles.

La incorporación de todos estos nuevos sistemas ha tenido como consecuencia lógica un aumento considerable en el número de circuitos de los arneses. Este aumento, (graficado en la figura 6.3) a su vez, ha implicado un incremento en el peso del arnés, en su costo, en el diámetro, en la complejidad de diseño, manufactura, instalación, servicio, etc.

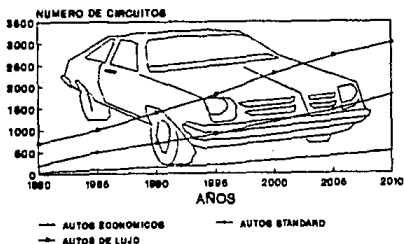


Figura 6.3: INCREMENTO EN EL NUMERO DE CIRCUITOS EN LOS ARNESES ELECTRICOS AUTOMOTRICES

En 1980 el promedio de circuitos de un automóvil era de 500. En 1986 esa cantidad aumentó a 750. Para 1992 se estima que el número de circuitos llegará a los 1200 en promedio por vehículo estándar, mientras que en uno de lujo la cifra puede llegar hasta 1500 circuitos.

Asimismo, el contenido de cobre se ha duplicado en 5 años y se espera que para 1992 sea de 14 Kgs por vehículo. Actualmente, algunos vehículos con alta tecnología incorporada llegan a contener hasta 22 Kgs de cobre.

Existen varias alternativas para la solución de estos problemas. Dichas alternativas son: los ya mencionados cables de pared delgada o comprimidos y el multiplexado. Las primeras dos alternativas solo solucionan parte de los problemas, dado que aunque efectivamente se reduce el diámetro, costo y peso del arnés, no sucede lo mismo con su contenido de cobre y su complejidad. La segunda alternativa la analizaremos a continuación:

Multiplexar es la técnica mediante la cual 2 o más señales pueden ser transmitidas a través de un mismo canal. Un sistema multiplexado cuenta de un transmisor o multiplexor, un canal o medio transmisor y un receptor o demultiplexor. El multiplexor combina dos o más señales para enviarlas al mismo tiempo por el canal, mientras que el demultiplexor las separa para obtener nuevamente las dos señales iniciales. Esta unión y separación de señales puede realizarse por varios métodos, siendo los más utilizados el de tiempo y el de frecuencia. Actualmente, los sistemas multiplexados son fundamentales para la industria de las telecomunicaciones

Debido a sus características, el multiplexado se perfila como la solución ideal a los problemas antes discutidos ya que sí se logra reducir el contenido de cobre y la complejidad del arnés además de una drástica reducción en el peso y el diámetro. El único punto que hoy por hoy no se cumple es el referente al costo, pero como ya veremos más adelante, éste también se abatirá con el tiempo.

6.2.2 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE MULTIPLEXADO AUTOMOTRIZ.

Una de las clasificaciones más común para los sistemas multiplexados está basada en su arquitectura y consta de dos categorías que son: centralizados y descentralizados.

El sistema centralizado es controlado por una unidad central de control (CCU) la cual genera comandos que a su vez son interpretados por unidades locales de control (LCU) distribuidas en el vehículo cerca de las cargas eléctricas. La principal desventaja de esta arquitectura es que una falla en el CCU puede ocasionar una falla total del sistema. Sin embargo, el incremento que se ha experimentado en la confiabilidad de los componentes electrónicos, permite suponer que es posible alcanzar un índice de fallas aceptable para la liberación de un diseño. La ventaja principal del sistema es que la "personalidad" del mismo puede ser programada por software en el CCU; por tanto, la mayoría de los cambios de nivel en el diseño serían solo en sus programas. Los LCU pueden ser idénticos para todas las configuraciones de arneses, lo cual abarata el sistema y lo hace más flexible que el descentralizado.

Por su parte, el sistema descentralizado consiste en un número determinado de LCU autónomos interconectados entre sí, donde cada uno de estos LCU ejecuta su propio programa de control. En algunos casos, la respuesta en tiempo del sistema es más rápido que la centralizada dado que la transferencia de información de LCU a LCU es directa. La desventaja de esta arquitectura es que las modificaciones o cambios de arquitectura se deberán hacer en más de un LCU.

La segunda clasificación está basada en la aplicación de los sistemas y fue realizada por el subcomité de SAE del sistema vehicular para multiplexado y comunicación de datos. Dicha clasificación cuenta con tres categorías que son:

- clase A: Un sistema de baja velocidad para aplicaciones de control de cargas remotas.
- clase B: Un sistema de mediana velocidad para transferencia de datos paramétricos.
- clase C: Un sistema de alta velocidad para transferencia de información de control en tiempo real.

CLASE A:

La circuitería de interfase para un sistema de clase A puede ser muy simple. Debido a que la información transportada a través del sistema es limitada en variedad (usualmente solo información de encendido, apagado y de diagnóstico), no se requieren microprocesadores en cada uno de los nodos del sistema. Los requerimientos de velocidad de multiplexado clase A dados por el más pequeño retraso en tiempo aceptable para control remoto, son del orden de 100 milisegundos (lento en aplicaciones electrónicas). Por consiguiente, la interferencia electromagnética (EMI) no será un problema. Esto mantiene bajo el costo de la electrónica de interface del sistema.

Para controlar cargas remotas se requieren relevadores o alguna clase de interruptores electrónicos. Estos componentes representan un costo extra debido a que aún se requieren interruptores de control-sígnal. Más aún, varios relevadores pueden presentar problemas de ruido audible y mosfets útiles para un uso variado en los ambientes más hostiles del automóvil son prohibitivamente costosos hoy en día.

Los costos asociados con la técnica de control de cargas interrumpidas pueden ser parcialmente contrarrestados con la reducción en la complejidad del cableado. El multiplexado clase A permitirá una reducción en el volumen de los arneses en áreas críticas (por ejemplo: pared de fuego, grommet de puerta del conductor, etc.), generando con esto ahorros potenciales en las garantías y facilitando el ensamble en las líneas de producción. Estos ahorros pueden ser suficientes para justificar el uso de un sistema clase A para casos especiales como son la reducción del volumen de cables en áreas críticas.

Una reducción realmente sustancial de cables no será factible a menos que los interruptores y las cargas actuales sean integradas directamente dentro del sistema multiplexado de arneses. Esta incorporación directa de cargas e interruptores requeriría de interruptores control-sígnal, relevadores, mosfets, motores inteligentes, etc. El beneficio real del multiplexado clase A radica principalmente en los aspectos de reducción de volumen de cables, incremento en la flexibilidad de forma/empaquetado y las funciones adicionales dadas por los controles electrónicos (especialmente el autodiagnóstico). Antes que el multiplexado clase A pueda volverse costoso, la industria deberá desarrollar interruptores y actuadores "inteligentes" y baratos compatibles con la transmisión de datos.

CLASE B:

El multiplexado clase B está encaminado a la transferencia de datos paramétricos de cambio lento entre módulos electrónicos. Debido a que los datos paramétricos deben ser interpretados, se requieren microprocesadores (o circuitos de complejidad similar en cada nodo). Sin embargo, si el sistema ya contiene módulos con microprocesador, el multiplexado clase B puede ser soportado por dichos módulos con muy poco costo adicional. Más aún, si la relación de bits (velocidad de transferencia de

datos) se mantiene a menos de 10 Khz, los problemas de IEM serán mínimos y no se requerirán medidas costosas de prevención de la interferencia EM.

La comunicación intermódulos que provee el multiplexado clase B permite un ahorro real en el costo del sistema, dado un sistema con suficiente complejidad (suficientes módulos basados en microprocesadores). El cableado intermodular puede ser reducido cuando varios módulos comparten cables para su información. Esta reducción en el cableado y de ser posible en sensores, tiene como resultado una baja en el costo de los materiales, agrega confiabilidad y baja los costos de garantía por simplificación del sistema, dado el potencial de confiabilidad y de bajo costo, la clase B de redes es atractiva en cuanto a costo y beneficia en ciertas aplicaciones.

CLASE C:

La información actualizada requiere de una velocidad de transferencia más rápida (en el orden de 1 Mhz). Este incremento en la velocidad genera en la red clase C la necesidad de interfaces electrónicas y un gran potencial de problemas por interferencia EM. Los nodos en la clase C requieren mejorar sus microprocesadores o incorporar procesadores dedicados para el manejo de las comunicaciones. Esto incrementa significativamente el costo de los nodos.

El medio de la red deberá ser mejorado con el uso de cable blindado o con fibras ópticas para prevenir la IEM. Este costo agregado y el hecho de que la red clase B considera estos problemas, tiene como resultado que el multiplexado clase C solo se reserve para aplicaciones muy especiales como son los sistemas de freno antibloqueo, sistemas de seguridad, sistemas de transmisión activa, etc.

A continuación se describen 2 ejemplos de sistemas multiplexados para diferentes aplicaciones:

1) MULTIPLEXADO DE SENSORES:

El uso de microprocesadores para el control de las computadoras automotrices ofrece la posibilidad de reducir la complejidad de los arneses. Por ejemplo, consideremos el sistema de control del motor. En esta configuración cada sensor y actuador del sistema tiene un cableado de conexión separado hasta la unidad central de proceso (CPU), de tal manera, que cada sensor se comunica periódicamente con la computadora solo por un corto período de tiempo durante el muestreo.

Es posible conectar todos los sensores al CPU con un solo conductor (y su correspondiente circuito de tierra). Este cable, el cual llamaremos "bus de datos" provee el medio de comunicación entre los sensores y el CPU. Cada sensor tiene uso exclusivo de este bus para el envío de información durante un cierto intervalo de tiempo; esto es, cada sensor tendrá su tiempo separado para comunicarse con el CPU. Este proceso de asignar selectivamente el bus de datos exclusivamente a un sensor durante un lapso de tiempo determinado se conoce, como ya mencionamos, como multiplexado en tiempo.

La figura 6.4 representa la arquitectura de un sistema multiplexado para sensores (temperatura, presión, posición, etc).

En dicha figura el CPU controla el uso del bus de datos comunicándose con cada sensor a través de una unidad transmisora-receptora (T/R). Cuando el CPU requiere datos de cualquier sensor, envía un mensaje por el bus de datos que está conectado a todas las unidades (T/R). Por otro lado, el mensaje enviado consiste en una secuencia de pulsos binarios, los cuales están codificados para cada unidad T/R en particular. Una unidad T/R responde solamente a una secuencia particular de pulsos que puede ser concebida como la dirección exclusiva de esa unidad.

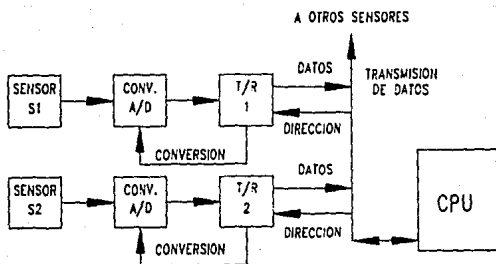


Figura 6.4: SISTEMA MULTIPLEXADO PARA SENSORES

Siempre que una unidad T/R reconoce su código o dirección, se activa un convertidor analógico/digital. La salida analógica del sensor se convierte en este instante en un número binario digital. Este número, junto con la dirección del T/R se comunican al CPU vía el bus de datos. El CPU a su vez identifica al T/R por su dirección y lo interroga sobre las mediciones que deba realizar. Una vez que el CPU recibe respuesta del T/R, envía la dirección o código del siguiente T/R que debe ser muestreado.

2) MULTIPLEXANDO SEÑALES DE CONTROL:

Es también posible multiplexar señales que controlen los interruptores de cargas eléctricas tales como: luces, motores, solenoides, etc.

El sistema para multiplexar señales que controlen estas cargas requiere de 2 buses: uno que conduzca la energía de la batería y otro que transmita las señales de control (además del insustituible circuito de tierra)

La figura 6.5 representa un diagrama de bloques para dicho sistema.

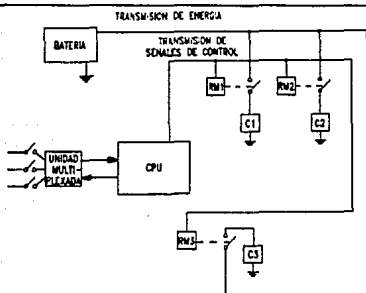


Figura 6.5: MULTIPLEXADO DE SEÑALES DE CONTROL

En un sistema de este tipo se requiere un Interruptor remoto en cada uno de los componentes (C) que serán operados. El interruptor remoto energiza las cargas cuando se activa por el módulo receptor (RM). Dicho módulo receptor a su vez es activado con un comando del CPU el cual se transmite a través del bus de señal de control el cual opera similar al bus de datos de los sensores del ejemplo anterior.

El componente o carga que se va a operar será seleccionado por el conductor en el tablero de instrumentos. Una vez seleccionado, el CPU enviará la dirección de un RM con una secuencia de pulsos binarios a través del bus de señales. Cada uno de los módulos receptores responde solo a un código de dirección.

Cada vez que el CPU enciende o apaga un componente, transmite la dirección y la instrucción al RM correspondiente. Cuando el RM recibe su código particular opera al interruptor correspondiente aplicando energía o retirándola, dependiendo de la instrucción transmitida por el CPU.

Para el bus de datos es muy conveniente utilizar fibras ópticas ya que estas son inmunes a la interferencia electromagnética. En un sistema con fibras ópticas los pulsos de voltaje de los códigos o direcciones que envía el cpu se convierten en pulsos de luz y después se transmiten por la fibra. A su vez, cada uno de los RM cuenta con un detector óptico acoplado al bus de datos. Este detector recibe los pulsos de luz y los convierte a señales digitales.

En la industria automotriz las fibras utilizadas son plásticas y no de vidrio como en telecomunicaciones; esto se debe a que su resistencia a los esfuerzos mecánicos es mucho mayor.

6.2.3 EVALUACION DE COSTOS.

Un estudio llevado a cabo por la compañía Labinal (Francia), indica que hoy en día el costo de un sistema multiplexado, comparado con un sistema convencional es de 2.5 a 3.5 veces mayor. Asimismo, el estudio puntualiza que en un sistema multiplexado el 50% del costo total está representado por componentes electrónicos y el otro 50% por conductor, conectores, etc.

Sin embargo, las estadísticas indican que el costo de los arneses de cobre convencionales aumentará en proporción al incremento en el número de circuitos que contenga y a la complejidad del mismo, mientras que por otro lado el costo de los componentes electrónicos se reduce cada día más, se reduce también su tamaño y se incrementa su confiabilidad.

La figura 6.6 representa una comparación del costo de los arneses de cobre convencionales contra el de los diversos sistemas multiplexados (considerando vehículos de lujo).

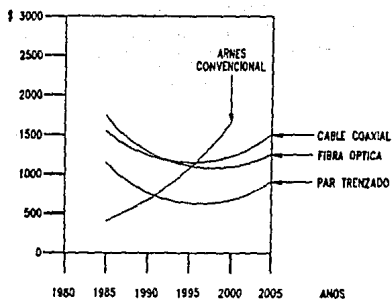


Figura 6.6: COMPARACION DE COSTOS ENTRE UN SISTEMA CONVENCIONAL Y LOS DIVERSOS SISTEMAS MULTIPLEXADOS EXISTENTES PARA VEHICULOS DE LUJO

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este trabajo, hemos observado que son muchas las variables que intervienen y afectan el comportamiento de los elementos protectores del arnés y en un menor grado de los conductores, es por eso, que es aconsejable el tomar en cuenta las recomendaciones, criterios y conclusiones parciales obtenidas.

La multiplicidad de variables arriba mencionadas, implica que el proceso de cálculo se vuelve tedioso, lento y por lo tanto muy vulnerable a los errores, por lo que sería mejor hacerlo mediante un programa de computadora.

Tal y como se menciona en la página 44, Packard Electric elaboró un modelo térmico para cables con aislamiento de PVC. Tomando como base ese modelo, Condumex ha desarrollado un programa denominado OPTAR (OPTimización de ARneses) por medio del cual es posible diseñar un arnés eléctrico completo alimentando como datos de entrada las cargas conectadas al arnés, sus consumos y la localización de las protecciones y conexiones del mismo, así como una tabla de verdad que indique que cargas pueden operar simultáneamente.

Los resultados que nos proporciona el programa son: los calibres mínimos requeridos en cada circuito y el tipo y valor de las protecciones que deberán utilizarse para evitar fallas por cortos o sobrecargas.

Es recomendable el trabajar también en programas complementarios que nos permitan simular en la computadora las pruebas de validación eléctrica descritas en el capítulo 5, con la idea de evitar las pruebas destructivas y reducir el tiempo requerido para su realización al mínimo.

Ahora bien, mientras no se libere al 100% el programa de OPTAR, es necesario contar con un método sistemático y organizado para el diseño de arneses eléctricos automotrices y a eso responde precisamente la realización del presente trabajo.

También se ha mencionado, la velocidad con que se integran día con día dispositivos electrónicos al automóvil, lo que complica grandemente el diseño del arnés, dado que parámetros tales como velocidad de transmisión, voltajes de alimentación, capacitancias distribuidas, etc., deberán estudiarse con la idea de considerar nuevos criterios de diseño, que deberan complementar a los presentados en este trabajo.

Finalmente, y con el objetivo de reducir costos y peso del arnés, las compañías armadoras de automoviles han iniciado el estudio de la sustitución del arnés convencional por los de fibra óptica, es por esto que consideramos estamos a buen tiempo de iniciar estudios y generar criterios de diseño para aplicar esta tecnología que promete toda una revolución en la industria automotriz.

BIBLIOGRAFIA

– Understanding Automotive Electronics.

WILLIAM B. RIBBENS / NORMAN P. MANSOUR

Howard W. Sams and Co.

1984

– Automotive Electric/Electronic Systems.

SAE

Robert Bosch GmbH

1988

– Principios de Electrónica.

ALBERT PAUL MALVINO

Mc. Graw-Hill

1985

– Basic Harness Circuit Design.

THOMAS P. O'KEEFE

Packard International

1989

– Circuit Protection.

C. D. BURNS

Packard Electric

1986

– Pruebas de Validación Eléctrica de Arnases Automotrices.

LILIANA GARCIA CARPIO

Grupo Condumex S.A de C.V.

1988

– Autos del Futuro.

JOHN LAMM

Mecánica Popular

Agosto 1988

– Here Comes a Better Way to Wire Up an Auto.

Electronics

Agosto 21, 1986

– Multiplexing/Fiber Optics: Wired to Explode?

PETER J. MULLINS

Automotive Industries

Febrero 1985

– Auto Electronics Grows Even Faster, But it Gets Harder to Win
Business.

WESLEY R. IVERSEN

Electronics

Julio 1988

- Rapid Electronics Growth Predicted.
Ward's Automotive International
Abril 1987

- La Electrónica en el Automóvil.
ALEXANDRE BLASI
Mundo Electrónico
1987 No. 173

- Smart Cars.
WILLIAM J. HAMPTON
Business Week
Junio 13, 1988

- An Electronics Millennium is Near.
DAVID E. ZOIA
Ward's Auto World
Noviembre 1987

- A Multiplexed Wiring System for Cars and its Electronics.
J.R. MASSOUBRE / D.L. REVERDIN
Precisión Mécanique Labinal, France
1989

Figuras

Figura 1: NUMERO DE CIRCUITOS VS NUMERO DE FUNCIONES . . .	3
Figura 2: VOLUMEN DE PRODUCCION DE VEHICULOS EN MEXICO 85-92	4
Figura 2.1: SIMBOLOGIA PARA LOS DIFERENTES INTERRUPTORES	13
Figura 2.2: SIMBOLOGIA PARA UN RELEVADOR	14
Figura 2.3: CIRCUITO SERIE TIPICO	16
Figura 2.4: CIRCUITO PARALELO TIPICO	17
Figura 2.5: CIRCUITO SERIE - PARALELO TIPICO	19
Figura 2.6: RED DE TIERRAS PUNTUALES	22
Figura 2.7: RED DE TIERRAS LOCALES	23
Figura 2.8: RED DE TIERRAS REGIONALES	24
Figura 2.9: INTERRUPTOR DE LUCES TIPICO	26
Figura 2.10: ESQUEMATICO DE UN INTERRUPTOR DE LUCES	27
Figura 2.11: CONMUTACION REMOTA	28
Figura 2.12: CONMUTACION DIRECTA	30
Figura 2.13: CIRCUITO DEL CLAXON	33
Figura 2.14: CIRCUITO PARA LOS SEGUROS ELECTRICOS	35
Figura 2.15: CIRCUITO PARA LA ANTENA ELECTRICA	36
Figura 2.16: RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO	38
Figura 2.17: RUTAS DEL FLUJO DE CORRIENTE EN UN RES	40
Figura 3.1: CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE VS TEMPERATURA AMBIENTE EN UN FUSIBLE	62
Figura 3.2: CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE VS TEMPERATURA AMBIENTE EN UN CABLE FUSIBLE	68
Figura 3.3: CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE VS TEMPERATURA AMBIENTE PARA UN INTERRUPTOR DE CIRCUITO	71
Figura 3.4: CENTRO DE PODER	76
Figura 4.1: CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE DE UN CABLE CON AISLAMIENTO DE PVC VS TEMPERATURA AMBIENTE	79
Figura 4.2: CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE DE UN CABLE CON AISLAMIENTO DE CADENA CRUZADA VS TEMPERATURA AMBIENTE	80
Figura 4.3: CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE PARA UN CABLE EN ESTADO ESTABLE	82
Figura 4.4: TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO A TEMPERATURA AMBIENTE	84
Figura 4.5: CORRIENTE VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 100C A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 50C	85

Figura 4.6:	CORRIENTE VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 100C A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 65C	86
Figura 4.7:	CORRIENTE VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 155C A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 65C	87
Figura 4.8:	CORRIENTE VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 155C A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 105C	88
Figura 4.9:	TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO DE UN FUSIBLE VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 100C A 50C DE TEMPERATURA AMBIENTE	91
Figura 4.10:	TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO DE UN FUSIBLE VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 100C A 65C DE TEMPERATURA AMBIENTE	92
Figura 4.11:	TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO DE UN FUSIBLE VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 155C A 65C DE TEMPERATURA AMBIENTE	93
Figura 4.12:	TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO DE UN FUSIBLE VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 155C A 105C DE TEMPERATURA AMBIENTE	94
Figura 4.13:	CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO VS LONGIUTUD DEL CABLE	95
Figura 4.14:	LONGIUTUD MAXIMA DEL CABLE VS VALOR DEL FUSIBLE Y TEMPERATURA AMBIENTE	96
Figura 4.15:	TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 25C	101
Figura 4.16:	TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO PARA INTERRUPTORES DE CIRCUITO VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 100C A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 50C	102
Figura 4.17:	TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO PARA INTERRUPTORES DE CIRCUITO VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 100C A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 65C	103
Figura 4.18:	TIEMPO DE APERTURA VS CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO PARA INTERRUPTORES DE CIRCUITO VS TIEMPO REQUERIDO PARA ALCANZAR UNA TEMPERATURA DE 155C A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 65C	104
Figura 4.19:	LONGIUTUD MAXIMA DEL CABLE VS VALOR DEL INTERRUPTOR DE CIRCUITO Y TEMPERATURA AMBIENTE	105
Figura 4.20:	COMPARACION DE LOS DIAMETROS EXTERNOS DE UN CABLE ESTANDARD Y UNO COMPRIMIDO	108
Figura 5.1:	CONEXION BASICA PARA LA REALIZACION DE PRUEBAS DE VALIDACION ELECTRICA	112

Figura 5.2: CONEXIONES REQUERIDAS PARA LA PRUEBA DE PERFILES DE VOLTAJE Y CORRIENTE	114
Figura 5.3: CONEXIONES REQUERIDAS PARA REALIZAR LA PRUEBA A PLENA CARGA DE UN DISPOSITIVO DE PROTECCION	115
Figura 5.4: CONEXIONES NECESARIAS PARA REALIZAR LA PRUEBA DE CORTO A UN FUSIBLE	117
Figura 5.5: OSCILOGRAMAS REPRESENTATIVOS DE UNA PRUEBA DE CORTO CIRCUITO CON UN FUSIBLE	118
Figura 5.6: CONEXIONES NECESARIAS PARA REALIZAR UNA PRUEBA DE CORTO EN UN CABLE FUSIBLE	119
Figura 5.7: CONEXIONES NECESARIAS PARA LA PRUEBA DE CORTO CIRCUITO RESISTIVO CON UNA SOBRECARGA VARIABLE	121
Figura 5.8: CIRCUITO ORIGINAL Y CIRCUITO EQUIVALENTE	122
Figura 5.9: CONEXIONES NECESARIAS PARA LA MEDICION DE CORRIENTES PARASITAS EN UN VEHICULO	125
Figura 6.1: PROGRESO DE LA ELECTRONICA AUTOMOTRIZ	128
Figura 6.2: VENTAS DE ELECTRONICA AUTOMOTRIZ EN NORTEAMERICA	131
Figura 6.3: INCREMENTO EN EL NUMERO DE CIRCUITOS EN LOS ARNESES ELECTRICOS AUTOMOTRICES	134
Figura 6.4: SISTEMA MULTIPLEXADO PARA SENSORES	141
Figura 6.5: MULTIPLEXADO DE SEÑALES DE CONTROL	142
Figura 6.6: COMPARACION DE COSTOS ENTRE UN SISTEMA CONVENCIONAL Y LOS DIVERSOS SISTEMAS MULTIPLEXADOS EXISTENTES PARA VEHICULOS DE LUJO	144