
CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1 CONCEPTOS BÁSICOS	
1.1. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	5
1.2. TRANSDUCTORES Y SENSORES	6
1.3. TRANSDUCTOR DE EFECTO HALL	7
1.4. DISPOSITIVOS FOTOELÉCTRICOS	9
Fotodiodos	9
fototransistores	12
1.5. TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA	14
Banda bimetalica	14
Termopares	14
Detectores de temperatura (RTD)	15
Termistores	17
Sensores de temperatura semiconductor	19
Pirometros de radiación	20
1.6. MEDICIÓN DE HUMEDAD	20
Higrómetro gravimétrico	21
Sicrómetro	21
Higrómetros resistivos y capacitivos	21
Sensor de humedad electrolítico	22
Otros sensores	23
1.7. CONVERTIDOR ANALÓGICO-DIGITAL	23
Conversión Digital-Analógica	23
Conversión por red en escalera	23
Conversión Analógica-Digital	25
Conversión de doble pendiente	25
Conversión por red en escalera	26
Conversión por aproximaciones sucesivas	28
1.8. MULTIPLEXORES	29
1.9. MEMORIAS	30
1.10. COMUNICACIÓN SERIAL ASÍNCRONA RS-232	31



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

2.1.	SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	37
2.2.	TRANSDUCTORES Y SENSORES	38
2.3.	MÓDULO ACONDICIONADOR DE SEÑALES	40
2.4.	MÓDULO DE ADQUISICIÓN DE DATOS	40
	Tarjeta Little-G	40
	Tarjeta de conversión Analógica-Digital	48
2.5.	ESTACIÓN DE ANÁLISIS DE DATOS	52

CAPÍTULO 3 DISEÑO DEL HARDWARE

3.1.	MÓDULO DE ADQUISICIÓN DE DATOS	53
3.2.	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO	54
	Diseño del circuito acondicionador para la velocidad del vehículo	55
3.3.	REVOLUCIONES DEL MOTOR (rpms)	59
	Diseño del acondicionamiento para rpms	59
3.4.	POSICIÓN DEL PEDAL DEL ACELERADOR	62
	Diseño del circuito de acondicionamiento del potenciómetro	63
3.5.	TEMPERATURA DEL ACEITE DEL MOTOR	66
	Diseño del circuito de acondicionamiento para el sensor LM135	66
3.6.	TEMPERATURA AMBIENTE	68
3.7.	HUMEDAD AMBIENTE	69
	Diseño del circuito de acondicionamiento para el sensor de humedad	70
3.8.	CANALES DISPONIBLES PARA MEDIR TEMPERATURA	82
3.9.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA LOS CIRCUITOS DE ACONDICIONAMIENTO	90
	Velocidad del vehículo	90
	Revoluciones del motor	92
	Posición del pedal del acelerador	92
	Sensores de temperatura LM35 y LM135	93
	Humedad ambiente	93
	Termopares	96

CAPÍTULO 4 DISEÑO DEL SOFTWARE

4.1.	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN DYNAMIC C	97
4.2.	PROGRAMA PARA LA ADQUISICIÓN DE LOS DATOS Y EL MANEJO DE LA MEMORIA	99
4.3.	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN VISUAL BASIC	112
4.4.	PROGRAMA DE COMUNICACIÓN ENTRE EL SAD Y LA PC	114
	Ventana de presentación	114
	Ventana de configurar el puerto	117
	Ventana para bajar información	121
	Ventana para modificar fecha y hora en la tarjeta Little G	127

CAPÍTULO 5 PRUEBAS E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

5.1.	PRUEBAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO Y LA ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL DEL SENSOR DE VELOCIDAD DEL VEHÍCULO	131
5.2.	PRUEBAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO Y LA ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL DEL SENSOR DE rpms	142
5.3.	PRUEBAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO Y LA ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL PEDAL DEL ACELERADOR	151
5.4.	PRUEBAS PARA LA ADQUISICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL ACEITE DEL MOTOR	158
5.5.	PRUEBAS PARA LA ADQUISICIÓN DE HUMEDAD Y TEMPERATURA AMBIENTE	168
5.6.	PRUEBA PARA LA ADQUISICIÓN DE TEMPERATURA CON LOS TERMOPARES	174
5.7.	INTEGRACIÓN DEL SISTEMA EN EL VEHÍCULO	179

CAPÍTULO 6 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

6.1.	RESULTADOS	181
6.1.1.	GRUPO DE SENSORES	182
	Sensor de efecto Hall	182
	Gancho inductivo para medir rpms	183
	Sensor para determinar la variación del pedal del acelerador	183
	Sensores para determinar la temperatura del aceite del motor y la temperatura ambiente	184
	Sensor de humedad	185
	Sensores para determinar la temperatura en diferentes puntos del motor	185
6.1.2.	MÓDULO ACONDICIONADOR DE SEÑALES Y MÓDULO DE ADQUISICIÓN DE DATOS	186
6.1.3.	ESTACIÓN DE ANÁLISIS DE DATOS	187
6.2.	CONCLUSIONES	193

BIBLIOGRAFÍA	195
---------------------	-----

APÉNDICE A PROGRAMA DEL MÓDULO DE ADQUISICIÓN**APÉNDICE B PROGRAMA DE LA ESTACIÓN DE ANÁLISIS DE DATOS****APÉNDICE C HOJAS DE ESPECIFICACIONES DE COMPONENTES
UTILIZADOS****APÉNDICE D LIBRERÍAS DEL SISTEMA DE DESARROLLO DYNAMIC C**

TABLA DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN

Figura 1	Simulación de un ciclo de manejo	3
----------	----------------------------------	---

CAPÍTULO 1 CONCEPTOS BÁSICOS

Figura 1.1.	Principio del efecto Hall	7
Figura 1.2.	Respuesta espectral relativa del Ge, Si y Se	10
Figura 1.3.	Construcción y símbolo del fotodiodo	11
Figura 1.4.	Gráfica de corriente inversa de intensidad luminosa del fotodiodo	12
Figura 1.5.	Curva típica del transistor bipolar	13
Figura 1.6.	Curva de las corrientes de base contra densidad de flujo	13
Figura 1.7.	Variación de la resistencia contra la temperatura para varios metales	16
Figura 1.8.	Cambio de la resistencia del termistor contra la temperatura	19
Figura 1.9.	Electrodos con sustratos en forma de zig-zag	22
Figura 1.10.	Red en escalera con cuatro voltajes de entrada	23
Figura 1.11.	Diagrama a bloques de un convertidor digital-analógico	24
Figura 1.12.	Diagrama a bloques del convertidor de doble pendiente básico	25
Figura 1.13.	Final del intervalo de conteo fijo	26
Figura 1.14.	Diagrama a bloques e intervalo de conteo de la conversión por red en escalera	27
Figura 1.15.	Diagrama a bloques de la conversión por aproximaciones sucesivas	28
Figura 1.16.	Diagrama a bloques de un multiplexor	29
Figura 1.17.	Multiplicador 4X1 con su tabla de selección	30
Figura 1.18.	Diagrama a bloques de una memoria ROM	30
Figura 1.19.	Representación de un valor ASCII	34
Figura 1.20.	Tensión de la <i>interface</i> y su función	34

CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

Figura 2.1.	Diagrama a bloques del sistema de adquisición de datos	38
Figura 2.2.	Forma y disposición de los elementos que conforman la tarjeta <i>Little-G</i>	41
Figura 2.3.	Disposición del <i>jumper</i> J1	42
Figura 2.4.	Bases para circuitos y configuración de las terminales del <i>jumper</i> J1	43
Figura 2.5.	Disposición de conectores en la tarjeta <i>Little-G</i>	44
Figura 2.6.	Disposición de las entradas digitales en el conector H1	44
Figura 2.7.	Disposición de las salidas digitales	45
Figura 2.8.	Disposición del conector H3	45
Figura 2.9.	Configuración de los dos canales de tres alambres RS232	46
Figura 2.10.	Configuración de un canal con cinco alambres	46

Figura 2.11.	Disposición de las líneas del conector H4	47
Figura 2.12.	Disposición del conector J2	47
Figura 2.13.	Diagrama abloques de la tarjeta <i>Little-G</i>	48
Figura 2.14.	Disposición de la tarjeta de expansión CAD	48
Figura 2.15.	Disposición de los, conectores H1, H2 y H3	49
Figura 2.16.	Diagrama a bloques del circuito analógico	50

CAPÍTULO 3 DISEÑO DEL HARDWARE

Figura 3.1.	Diagrama de conexión del sensor Hall recomendada por el fabricante	55
Figura 3.2.	Señal entregada por el sensor Hall	55
Figura 3.3.	Función del temporizador monoestable 74LS123	56
Figura 3.4.	Diagrama a bloques de la etapa de acondicionamiento del sensor Hall	58
Figura 3.5.	Diagrama eléctrico del acondicionamiento del sensor Hall	58
Figura 3.6.	Señal entregada por el gancho inductivo	59
Figura 3.7.	Diagrama a bloques del acondicionamiento del gancho inductivo	61
Figura 3.8.	Diagrama eléctrico del circuito de acondicionamiento del gancho Inductivo	61
Figura 3.9.	Vista frontal de un potenciómetro	62
Figura 3.10.	Ejemplo de un divisor de tensión con un potenciómetro	62
Figura 3.11.	Divisor de tensión en un potenciómetro	63
Figura 3.12.	Diagrama a bloques del acondicionamiento de la señal del potenciómetro	63
Figura 3.13.	Arreglo de resistencias para reducir el voltaje de 5 V a 1 V	64
Figura 3.14.	Diagrama eléctrico de la señal entregada por el potenciómetro	65
Figura 3.15.	Diagrama de conexión para el sensor LM135	67
Figura 3.16.	Diagrama eléctrico del acondicionamiento del sensor LM135	68
Figura 3.17.	Diagrama de conexión del sensor LM35	69
Figura 3.18.	Sensor de humedad Phipilps	69
Figura 3.19.	Diagrama de conexión de la configuración convertidor de frecuencia a voltaje	71
Figura 3.20.	Diagrama eléctrico de un oscilador	72
Figura 3.21.	Circuito que permite tener variación en la señal del sensor de humedad	74
Figura 3.22.	Diagrama completo del acondicionamiento del sensor de humedad	76
Figura 3.23.	Frascos que contienen las sales para calibrar el sensor de humedad	77
Figura 3.24.	Fotografía del calibrador HMK11	78
Figura 3.25.	Cuarva obtenida con los valores entregados por el calibrador	79
Figura 3.26.	Experimento Seebeck para obtener la corriente del circuito termoelectrico	82
Figura 3.27.	Obtención del voltaje Seebeck	82
Figura 3.28.	Curva del termopar J y K	83
Figura 3.29.	Diagrama eléctrico del amplificador de instrumentación	85
Figura 3.30.	Diagrama eléctrico del acondicionamiento de los termopares	87
Figura 3.31.	Circuito termoelectrico equivalente del termopar tipo J	89
Figura 3.32.	Gráficas del sensor de humedad	94

CAPÍTULO 4 DISEÑO DEL SOFTWARE

Figura 4.1.	Pantalla de la ventana de programación en <i>Dynamic C</i>	98
Figura 4.2.	Diagrama de flujo general del programa de adquisición	99
Figura 4.3.	Diagrama de flujo de la rutina del programa de adquisición	102
Figura 4.4.	Diagrama de flujo de la rutina de los termopares	104
Figura 4.5.	Diagrama de flujo de la rutina que permite leer la memoria y enviar datos	107
Figura 4.6.	Diagrama de flujo para obtener los datos mediante la estación de análisis de datos	109
Figura 4.7.	Pantalla de ambiente de programación <i>Visual Basic</i>	113
Figura 4.8.	Diagrama de flujo de la ventana de presentación	114
Figura 4.9.	Ventana de presentación	115
Figura 4.10.	Ventana de menú principal	115
Figura 4.11.	Diagrama de flujo de la ventana de menú principal	116
Figura 4.12.	Diagrama de flujo de la ventana de configurar puerto	117
Figura 4.13.	Ventana de conexión al puerto	118
Figura 4.14.	Diagrama de flujo de la rutina para conexión	119
Figura 4.15.	Ventana con mensaje de error cuando no se realizó la conexión	120
Figura 4.16.	Ventana con mensaje de conexión al puerto	120
Figura 4.17.	Ventana después de cerrar mensaje de conexión	121
Figura 4.18.	Ventana para bajar información	121
Figura 4.19.	Diagrama de flujo de la rutina para bajar información	122
Figura 4.20.	Ventana que activa el botón guardar	123
Figura 4.21.	Diagrama de flujo de la rutina para bajar datos	124
Figura 4.22.	Diagrama de flujo de la rutina guardar	125
Figura 4.23.	Ventana de menú principal después de bajar datos	126
Figura 4.24.	Ventana de modificar fecha	127
Figura 4.25.	Diagrama de flujo de la ventana de modificar fecha	128
Figura 4.26.	Ventana después de modificar fecha	129

CAPÍTULO 5 PRUEBAS E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

Figura 5.1.	Gráfica de los datos presentados en la tabla 5.1.	134
Figura 5.2.	Sensor de efecto Hall montado en el tambor del vehículo instrumentado	135
Figura 5.3.	Gráfica de los datos presentados en la tabla 5.2.	141
Figura 5.4.	Gancho inductivo montado en uno de los cables de las bujías	143
Figura 5.5.	Diagrama de la etapa de acondicionamiento del gancho inductivo	144
Figura 5.6.	Gráfica de los datos presentados en la tabla 5.3.	150
Figura 5.7.	Potenciómetro montado en el pedal del acelerador	151
Figura 5.8.	Gráfica de los datos presentados en la tabla 5.5	157
Figura 5.9.	Sensor de temperatura del aceite montado en el motor	158
Figura 5.10.	Gráfica de los datos presentados en la tabla 5.6.	167
Figura 5.11.	Pruebas de calibración para el sensor de humedad	169

Figura 5.12.	Tarjeta de acondicionamiento del sensor de humedad y temperatura ambiente	169
Figura 5.13.	Gráfica de los datos de temperatura presentados en la tabla 5.7.	173
Figura 5.14.	Gráfica de los datos de humedad presentados en la tabla 5.7.	174
Figura 5.15.	Gráfica de los datos de la tabla 5.8. para el termopar tipo J	177
Figura 5.16.	Gráfica de los datos de la tabla 5.8. para el termopar tipo K	178

CAPÍTULO 6 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Figura 6.1.	Sensor de efecto Hall y los imanes utilizados	182
Figura 6.2.	Gancho inductivo	183
Figura 6.3.	Potenciómetro con cable y conector	184
Figura 6.4.	Sensor de temperatura LM 135	184
Figura 6.5.	Sensor de humedad	185
Figura 6.6.	Termopares	186
Figura 6.7.	Sistema de adquisición de datos en su gabinete	186
Figura 6.8.	Módulos que conforman el sistema de adquisición de datos	187
Figura 6.9.	Ciclo de manejo zona centro	188
Figura 6.10.	Ciclo de manejo zona noreste	189
Figura 6.11.	Ciclo de manejo zona noroeste	190
Figura 6.12.	Ciclo de manejo zona sureste	191
Figura 6.13.	Ciclo de manejo zona suroeste	192

TABLA DE TABLAS

CAPÍTULO 1 CONCEPTOS BÁSICOS

Tabla 1.1.	Transductores pasivos	6
Tabla 1.2.	Transductores de autogeneración	7
Tabla 1.3.	Coefficiente Hall para diferentes materiales	8
Tabla 1.4.	Distribución de la <i>interface</i> EIA-CCITT	33

CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

Tabla 2.1.	Configuración de terminales para diferentes modos de operación	42
Tabla 2.2.	Intervalo de valores para los dos modos de conversión	50
Tabla 2.3.	Modos de selección	51

CAPÍTULO 3 DISEÑO DEL HARDWARE

Tabla 3.1.	Valores marcados en el calibrador HMK11	77
Tabla 3.2.	Valores de prueba para la humedad relativa	78
Tabla 3.3.	Representación polinómica de una función definida tabularmente	79
Tabla 3.4.	Combinaciones más comunes de metales para termopares	83
Tabla 3.5.	Coefficientes para los termopares tipo J y K	84
Tabla 3.6.	Forma de selección del multiplexor 74HC4051	88
Tabla 3.7.	Datos para obtener temperatura a partir de un voltaje en un termopar	90

CAPÍTULO 4 DISEÑO DEL SOFTWARE

Tabla 4.1.	Tabla de selección del termopar	106
------------	---------------------------------	-----

CAPÍTULO 5 PRUEBAS E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

Tabla 5.1.	Valores en prueba de laboratorio para el sensor de velocidad	132
Tabla 5.2.	Valores en prueba dinámica para el sensor de velocidad	136
Tabla 5.3.	Valores en prueba dinámica para el sensor de rpms	145
Tabla 5.4.	Resultado en pruebas de laboratorio para el potenciómetro	152
Tabla 5.5.	Resultado en prueba dinámica con el potenciómetro	153
Tabla 5.6.	Valores en prueba dinámica para el sensor LM135	160
Tabla 5.7.	Valores en prueba del sensor de humedad y temperatura ambiente	170
Tabla 5.8.	Valores en prueba para los termopares	175
Tabla 5.9.	Capacidades para baterías recargables	179

INTRODUCCIÓN

Este trabajo fue desarrollado en el Laboratorio de Control de Emisiones (LCE) de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. En el LCE trabaja un grupo interdisciplinario en las áreas de la ingeniería mecánica y eléctrica-electrónica. El LCE tiene como principales objetivos:

- ◆ Desarrollar investigación en temas relacionados con los Motores de Combustión Interna Alternativos (MCIA).
- ◆ Apoyar a la docencia en el área de los MCIA.
- ◆ Ofrecer servicios de asesoría, evaluación y desarrollo en el área de los MCIA.
- ◆ Desarrollar equipo de medición para ensayos en motores y vehículos.
- ◆ Desarrollar Ciclos de Manejo (CM), tanto para vehículos automotores como para motocicleta de 2 y 4 tiempos.

Todo esto con el fin de mejorar las prestaciones de los motores así como disminuir los niveles de emisiones contaminantes. Para lograr esto el LCE cuenta con una sala para realizar ensayos en motores que van desde los pequeños, de encendidos por chispa, hasta los grandes motores diesel utilizados en camiones y autobuses. Para la medición y control de los parámetros de funcionamiento del motor se utilizan instrumentos y equipos adecuados (analizadores de gases, controladores de flujo y equipo electrónico). También se cuenta con un dinamómetro de rodillos controlado electrónicamente con una computadora personal (control diseñado en el LCE), que permite hacer pruebas en vehículos diversos tales como vehículos eléctricos, automóviles en general y camionetas convencionales. Para vehículos de dos ruedas, motocicletas de 2 y 4 tiempos, el LCE ha diseñado un banco inercial que, con la instrumentación adecuada, ha permitido caracterizar ciclos de conducción y a su vez, procedimientos de pruebas para conocer sus prestaciones y paralelamente medir sus emisiones contaminantes.

La contaminación atmosférica es un fenómeno que además de afectar la salud del hombre en diferentes formas daña al medio ambiente ya que se altera la composición del aire.

En la actualidad el problema de la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) se ha acrecentado debido a las características geográficas, climáticas y meteorológicas de la zona en que se ubica, otro factor que contribuye al aumento de la contaminación atmosférica es la debida al parque vehicular aunado a las actividades fabriles.

Los principales contaminantes atmosféricos en la ZMCM son:

- ◆ Dióxido de azufre (SO₂), producido por la combustión de carbón y petróleo, de manera natural por volcanes.

- ◆ Acido sulfhídrico (H₂S), producido por procesos químicos y tratamientos de aguas negras, de manera natural por volcanes y acciones biológicas en pantanos.
- ◆ Monóxido de carbono (CO), producido principalmente por la combustión de los automóviles, de manera natural por los incendios forestales.
- ◆ Oxidos de nitrógeno (NO_x), producido por combustión y de manera natural por la acción bacteriana en suelos.
- ◆ Amoníaco (NH₃), es debida a tratamiento de desechos y de manera natural por descomposición biológica.
- ◆ Oxido nitroso (N₂O), se produce por el uso de fertilizantes nitrogenados y de manera natural por acciones biológicas en el suelo.
- ◆ Hidrocarburos (HC's), son producidos por procesos químicos y combustión, de manera natural por procesos biológicos.
- ◆ Dióxido de carbono (CO₂), es producido por combustión biológica y descomposición.
- ◆ Partículas suspendidas, dentro de este rubro se incluyen núcleos de plomo, agua, carbón, ceniza, silicatos, óxidos de azufre, metales y óxidos metálicos y son producidas por erupciones volcánicas, tolvánicas, fundición de metales, humos de tabaco y procesos de combustión del petróleo y sus derivados.
- ◆ Plomo (Pb), proviene del tetraetilo de plomo de las gasolinas, así como de la manufactura de baterías, tanques, esmaltes e insecticidas.

Las emisiones contaminantes producidas por el parque vehicular son de principal interés debido a que son los que representan el mayor porcentaje de las fuentes de contaminación. Los niveles de contaminación se han mantenido estables, gracias al programa de verificación vehicular y al programa “Hoy no circula”. Sin embargo, esto no representa un control confiable ya que sus fundamentos no tienen bases científicas.

Muchos países están preocupados por la protección y la conservación del medio ambiente, es por eso que se han creado organizaciones que se encargan de regular las emisiones producidas por vehículos automotores, entre las organizaciones más importantes encontramos a la **Comunidad Europea (Europe Community, CE)** en Europa y la **Agencia de Protección Ambiental (Environment Protection Agency, EPA)** en Estados Unidos. Así como el Gobierno Japonés.

Dichas organizaciones en conjunto con empresas automotrices y asociaciones internacionales han establecido pruebas y procedimientos de evaluación de emisiones de los motores bajo normas que establecen niveles de emisiones aceptables. Estas normas explican los métodos a usar así como el equipo requerido, las condiciones de prueba y las técnicas para la medición de las emisiones contaminantes.

Las pruebas de evaluación de emisiones se desarrollan sobre un dinamómetro de chasis, el cual permite aplicar una carga al vehículo a probar, ejerciendo una fuerza extra que es igual al peso de inercia más la potencia efectiva estimada del vehículo con lo cual se simulan las condiciones de desplazamiento normal, durante un ciclo de manejo. El ciclo de manejo simula las condiciones reales de carga, en el laboratorio, a la que es sometido un vehículo en ciudad o en carretera de forma habitual, por esta razón, debe ser representativo de la habilidad de conducción del operador, del flujo vial y de las condiciones del camino

así como de la tecnología del parque vehicular, y de las características climatológicas, geográficas y meteorológicas del lugar. En la Figura 1 se presenta la simulación de un ciclo de manejo.

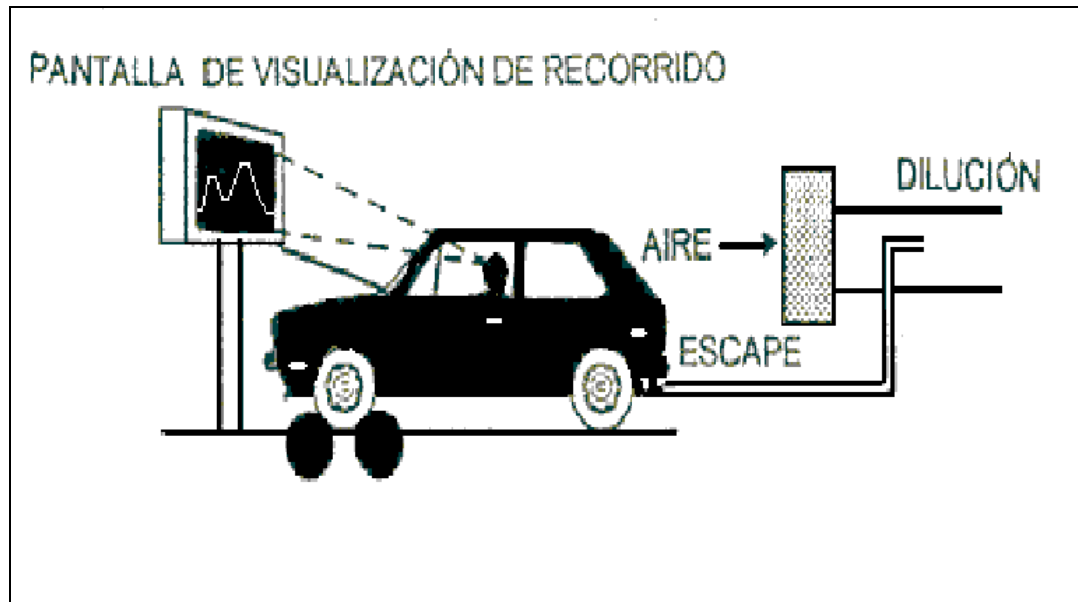


Figura 1.

El desarrollo de ciclos de manejo representativos tienen como base un estudio estadístico de diversos parámetros vehiculares obtenidos por el muestreo de varios vehículos en condiciones de operación reales.

En la actualidad el LCE trabaja en el desarrollo de ciclos de manejo representativos de la zona metropolitana de la ciudad de México, para ello requiere de un sistema que sea capaz de obtener información de parámetros de funcionamiento vehicular y que pueda almacenar dicha información para su posterior análisis. El sistema debe ser de volumen reducido, de bajo consumo eléctrico y debe estar protegido contra ruido eléctrico producido por el vehículo, además de que no debe interferir con el funcionamiento del mismo y debe ser lo menos invasivo posible. Es aquí donde se centra este trabajo de tesis, que tiene por objetivo diseñar e integrar un Sistema de Adquisición de Datos (SAD), para obtener parámetros de funcionamiento vehicular, tales como velocidad del vehículo, régimen de giro del motor (revoluciones del motor, rpm's), par o carga del motor (Posición del pedal del acelerador), temperatura del aceite del motor, así como temperaturas en diferentes puntos del motor, además de las condiciones climáticas tales como humedad relativa (HR) y temperatura ambiente. Por último, el SAD debe proporcionar hora y fecha en la que se inicio el muestreo, los datos obtenidos por el sistema de adquisición servirán para el desarrollo de ciclos de manejo representativos.

En esta tesis se describe el proyecto desarrollado, integrando para ello el reporte en 6 capítulos. En el primer capítulo se presentan los conceptos básicos requeridos para la interpretación de los fenómenos que presentan las variables a medir. En el capítulo 2 se presenta la descripción general del sistema, en la cual se expondrán los diferentes bloques que conforman al SAD. El diseño del hardware se presenta en el capítulo 3, en este capítulo se expone la forma como fueron adquiridas las variables antes descritas, así como el diseño del acondicionamiento de cada una. El diseño del software se presenta en el capítulo 4, en él se exponen las rutinas creadas para la adquisición de las once variables y el manejo de la memoria, además del programa de comunicación entre el SAD y una computadora personal. En el capítulo 5 se presentan las pruebas e integración del sistema. Finalmente se presentan los resultados y conclusiones del sistema, así como la bibliografía consultada y los apéndices generados.

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS BÁSICOS

En este capítulo se presentan los principios físicos principales relacionados con las variables a medir, que nos permitirán seleccionar el dispositivo con el cual se va a interpretar el mismo, así como la variedad de elementos o dispositivos que en la actualidad podemos encontrar. También se definen algunos términos que son importantes para la comprensión del trabajo.

1.1. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

En la actualidad encontramos diversas aplicaciones en la que datos analógicos deben ser convertidos en información digital para que de esta forma puedan ser almacenados y procesados en unidades de memoria. A los sistemas mediante los cuales se adquieren datos analógicos para ser digitalizados y que son almacenados en unidades de memoria se conoce como Sistema de Adquisición de Datos (*SAD*).

Para realizar un *SAD* requerimos de un elemento sensor para adquirir la información de la variable a medir, un módulo que acondicione la señal proveniente del sensor, para que de esta forma pueda ser interpretada por el convertidor analógico-digital y por último se requiere de una unidad de memoria que almacene y procese la información que ha sido digitalizada.

1.2. TRANSDUCTORES Y SENSORES

Para poder interpretar un fenómeno físico requerimos de un elemento o dispositivo que convierta el fenómeno o propiedad física en una cantidad cuantificable.

Un transductor es un dispositivo capaz de transformar energía de un sistema a otro (usualmente convirtiendo una forma de energía a otra). Un sensor es un ensamble integrado que usualmente incluye una o más transductores; algunas veces incluye circuitos acondicionadores de señal. La salida del sensor puede ser un voltaje o corriente, un interruptor semiconductor o un número binario.

Existen dos categorías de transductores, los pasivos y los de autogeneración. Los transductores pasivos producen una variación en algún parámetro eléctrico, como la resistencia, capacitancia, etc., que puede ser medido como una variación de voltaje o corriente. La segunda categoría corresponde a transductores del tipo autogeneración, que generan un voltaje o corriente analógica cuando son estimulados por medio de alguna forma física de energía. Los transductores de autogeneración no requieren potencia externa. En la Tabla 1.1 se presentan ejemplos de transductores pasivos (con potencia externa).

Parámetro eléctrico y clase de Transductor	Principio de operación y naturaleza del dispositivo	Aplicación típica
Resistencia Termómetro de Resistencia	La resistencia de un alambre de metal puro con un coeficiente de temperatura de resistencia positiva grande varía con la temperatura	Temperatura Calor radiante
Resistencia. Termistor	La resistencia de ciertos óxidos de metal con coeficiente de temperatura de resistencia negativa cambia con la temperatura	Temperatura
Resistencia. Higrómetro	La resistencia de una cinta conductiva se altera con el contenido de humedad	Humedad relativa
Efecto Hall	El campo magnético aplicado a una placa que lleva corriente eléctrica genera una diferencia de potencial en dirección perpendicular a la corriente y al campo magnético	Medición del campo magnético Velocidad Posición y Rotación
Resistencia variable	Movimiento de contacto en alambre deslizante, también llamados potenciómetros de resistencia	Usado para medición de desplazamiento

Tabla 1.1.

En la Tabla 1.2 se presentan ejemplos de transductores de autogeneración (sin potencia externa).

Parámetro eléctrico y clase de transductor	Principio de operación y naturaleza del dispositivo	Aplicación típica
Termopar y Termopila	Se genera una <i>FEM</i> por la unión de dos metales disímiles o semiconductores cuando la unión se calienta	Temperatura Flujo de calor Radiación
Celda fotovoltaica	Se genera voltaje en un dispositivo de unión semiconductor cuando la energía radiante estimula la celda	Medidor de luz Celda solar

Tabla 1.2.

1.3. TRANSDUCTOR DE EFECTO HALL

El efecto *Hall* fue observado por primera vez en 1879 por el físico *H.F. Hall*. El principio del efecto *Hall* se indica en la Figura 1.1. Al colocar un conductor dentro de una placa semiconductora de espesor t se hace circular una corriente por dicho conductor, al aplicar un campo magnético en la placa en dirección perpendicular a la superficie de la misma, se genera un potencial E_H como lo ilustra la Figura 1.1, a este potencial se le conoce como voltaje Hall.

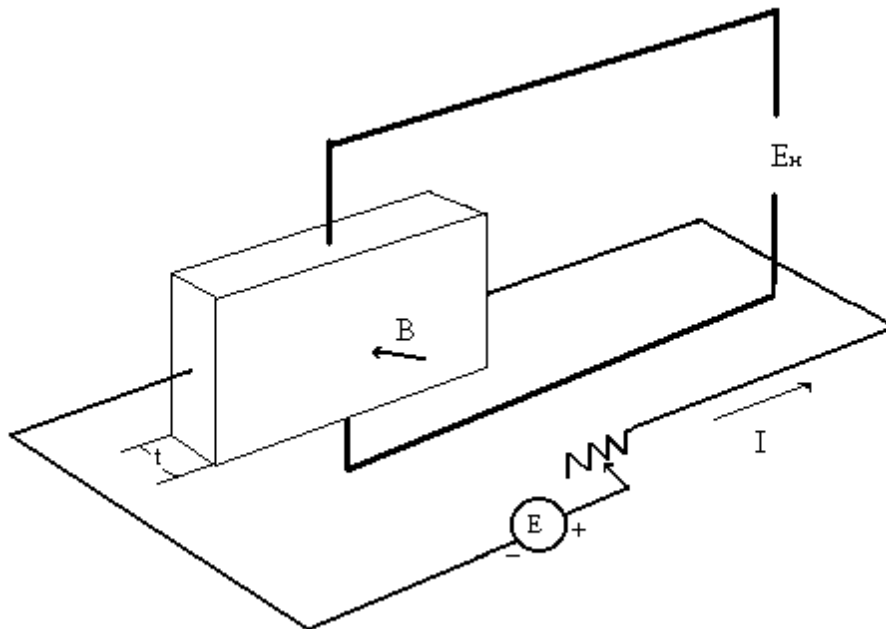


Figura 1.1.

El voltaje de efecto Hall está caracterizado por la ecuación (1.1).

$$E_H = K_H \frac{IB}{t} \quad (1.1)$$

Donde I está en amperes, B en Gauss y t en centímetros. La constante de proporcionalidad K_H se denomina *coeficiente Hall* y tiene unidades de volts-centímetros por ampere-gauss. Los valores de K_H varían dependiendo del material. En la Tabla 1.3 se presenta el coeficiente *Hall* para diferentes materiales:

MATERIALES	FUERZA DEL CAMPO [G]	TEMPERATURA [° C]	$K_H \frac{V * cm}{A * G}$
As	4000-8000	20	4.52×10^{-11}
C	4000-11000		-1.73×10^{-10}
Bi	1130	20	-1×10^{-8}
Cu	8000-22000	20	-5.2×10^{-13}
Fe	17000	22	1.1×10^{-11}
n-Ge	100-8000	25	-8.0×10^{-5}
Si	20000	23	4.1×10^{-8}
Sn	4000		-2.0×10^{-14}
Te	3000-9000	20	5.3×10^{-7}

Tabla 1.3.

Se puede aprovechar el principio del efecto *Hall* para determinar velocidad lineal a partir de una velocidad angular, existen sensores que se rigen bajo este principio, operan como un interruptor; en ausencia de campo magnético encontramos un nivel de voltaje alto (estado lógico 1), en presencia de campo magnético encontramos un nivel de voltaje bajo (estado lógico 0). Si se colocan una serie de imanes en un elemento que tenga una cierta velocidad angular y si se coloca un sensor *Hall* cerca de dicho elemento, cada vez que pase un imán cerca del sensor este cambiará de estado, por lo que el sensor *Hall* nos entregará como señal de salida una serie de pulsos, dichos pulsos tendrán una cierta frecuencia, la cual nos permitirá determinar la velocidad angular del elemento que soporta a los imanes. A partir de la velocidad angular podemos determinar la velocidad lineal con la ecuación (1.2).

$$V = \omega r \quad (1.2)$$

Donde V es la velocidad lineal, ω la velocidad angular y r el radio del elemento que soporta a los imanes.

1.4. DISPOSITIVOS FOTOELÉCTRICOS

Fotodiodos

En los últimos años a aumentado de manera considerable el interés por los dispositivos sensibles a la luz. Se ha encontrado que las fuentes luminosas ofrecen una fuente de energía única. La energía que se transmite en paquetes discretos llamados fotones, se relacionan con la frecuencia de la onda viajera de acuerdo con la ecuación (1.3).

$$W = hf \quad \text{joules} \quad (1.3)$$

Donde h se denomina constante de *Planck* que es 6.624×10^{-34} joules-segundo. En esta ecuación se puede observar que la energía asociada con las ondas luminosas incidentes, tienen una relación directa con la frecuencia de la onda. La frecuencia guarda también una relación directa con la longitud de onda (la distancia entre dos máximos sucesivos) de la onda viajera dicha relación se representa mediante la ecuación (1.4).

$$\lambda = v/f \quad (1.4)$$

Donde λ = longitud de onda, metros.
 v = velocidad de la luz, 3×10^8 m/s.
 f = frecuencia de la onda viajera, hertz.

La longitud de onda suele medirse en unidades *angstrom* (\AA) o *micrómetros* (μm), la relación entre ambas se presenta en la ecuación (1.5).

$$1\text{\AA} = 10^{-10} \text{ m} \quad \text{y} \quad 1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m} \quad (1.5)$$

La longitud de onda es importante para determinar el material que se utilizará en el dispositivo optoelectrónico.

En la Figura 1.2 se presenta la respuesta espectral relativa del Germanio, Silicio y Selenio. En dicha figura se puede observar que el Ge abarca un espectro más amplio de longitudes de onda que el Si. El Selenio abarca un espectro menor que los mencionados anteriormente, dicho espectro lo conforman la región visible y la región ultravioleta.

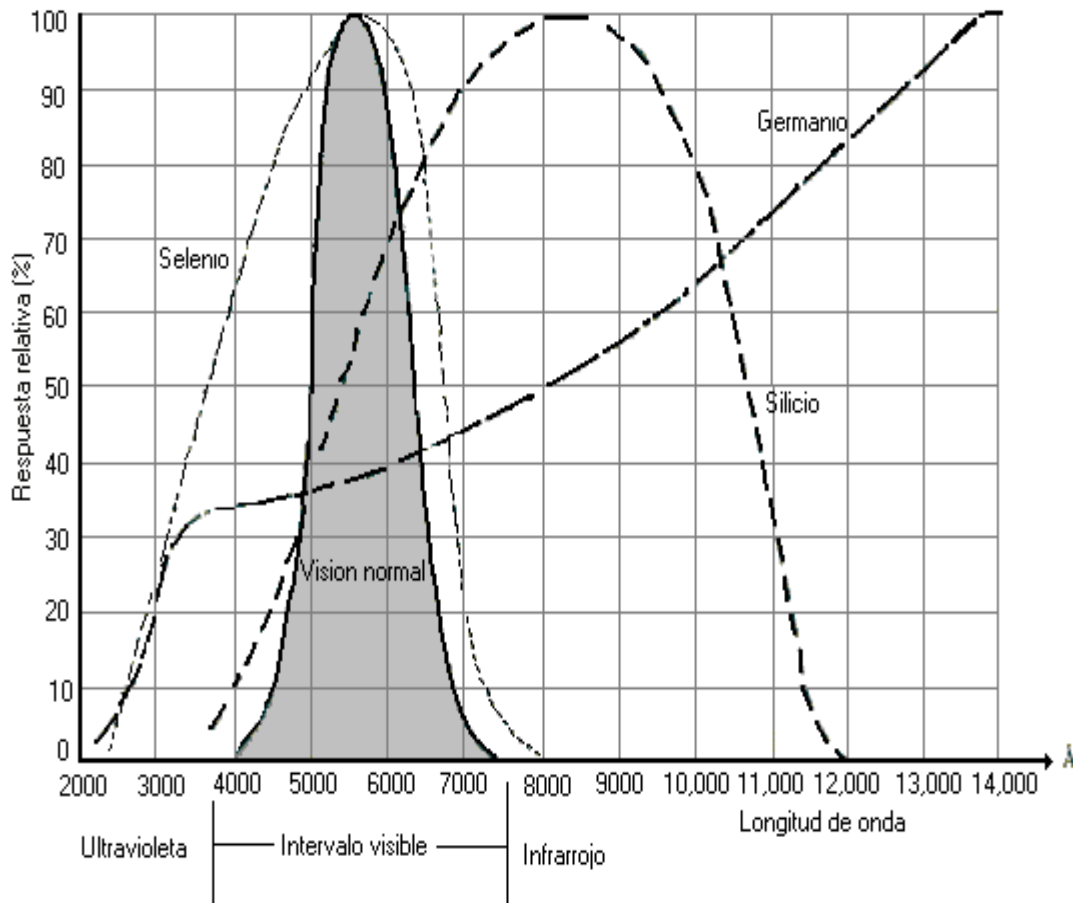


Figura 1.2.

El número de electrones libres que se genera en cada material es proporcional a la intensidad de la luz incidente. La intensidad luminosa es una medida de la cantidad de flujo luminoso que cubre un área superficial particular. El flujo luminoso se mide en *lumens* (lm) o *watts*, la relación entre ambas unidades se presenta en la ecuación (1.6).

$$1 \text{ lm} = 1.496 \times 10^{-10} \text{ W} \quad (1.6)$$

La intensidad luminosa se mide por lo general en lm/pe^2 , *pie-candela* (pc) o w/m^2 , la relación entre ambas unidades se presenta en la ecuación (1.7).

$$1 \text{ lm/pe}^2 = 1 \text{ pc} = 1.609 \times 10^{-9} \text{ W/m}^2 \quad (1.7)$$

El fotodiodo es un dispositivo semiconductor de unión $p-n$, cuya región de operación está limitada a la región de polarización inversa. En la Figura 1.3 se presenta la construcción y el símbolo del fotodiodo.

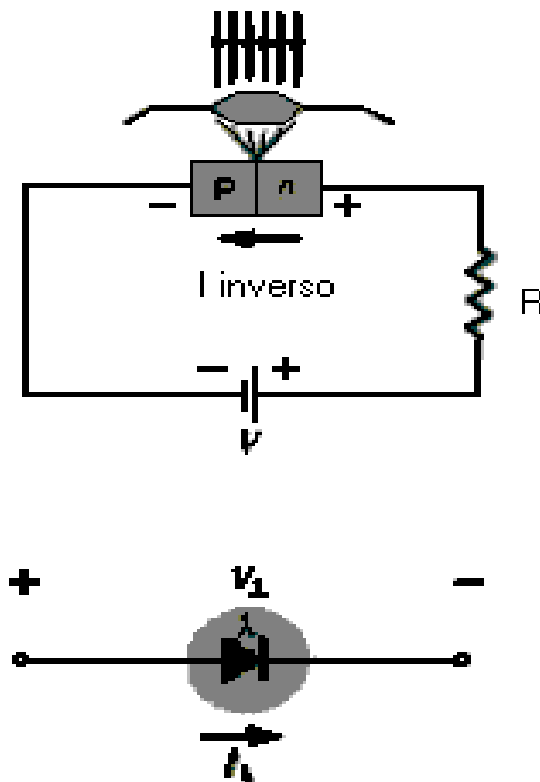


Figura 1.3

La corriente de saturación inversa está limitada a unos cuantos *microamperes*, esto es debido a los portadores minoritarios generados en forma térmica en los materiales tipo *n* y *p*.

La aplicación de luz en la unión dará como resultado una transferencia de energía de las ondas luminosas incidentes (en forma de fotones) a la estructura atómica, lo que origina un incremento de portadores minoritarios y en mayor nivel de corriente inversa.

La corriente inversa y el flujo luminoso se relacionan en forma muy cercana a la lineal, es decir un aumento en la intensidad luminosa provoca un incremento similar a la corriente inversa. En la Figura 1.4 se presenta una gráfica de la corriente inversa contra la intensidad luminosa que caracteriza al fotodiodo. La corriente oscura es la corriente que se genera sin iluminación aplicada, se puede considerar que cuando no hay luz incidente la corriente inversa es cero. Los tiempos de cambio de estado, es decir tiempos de subida y caída, son sumamente pequeños, del orden de los *nanosegundos*, y permiten que este dispositivo pueda ser empleado para conteo o conmutaciones a altas velocidades.

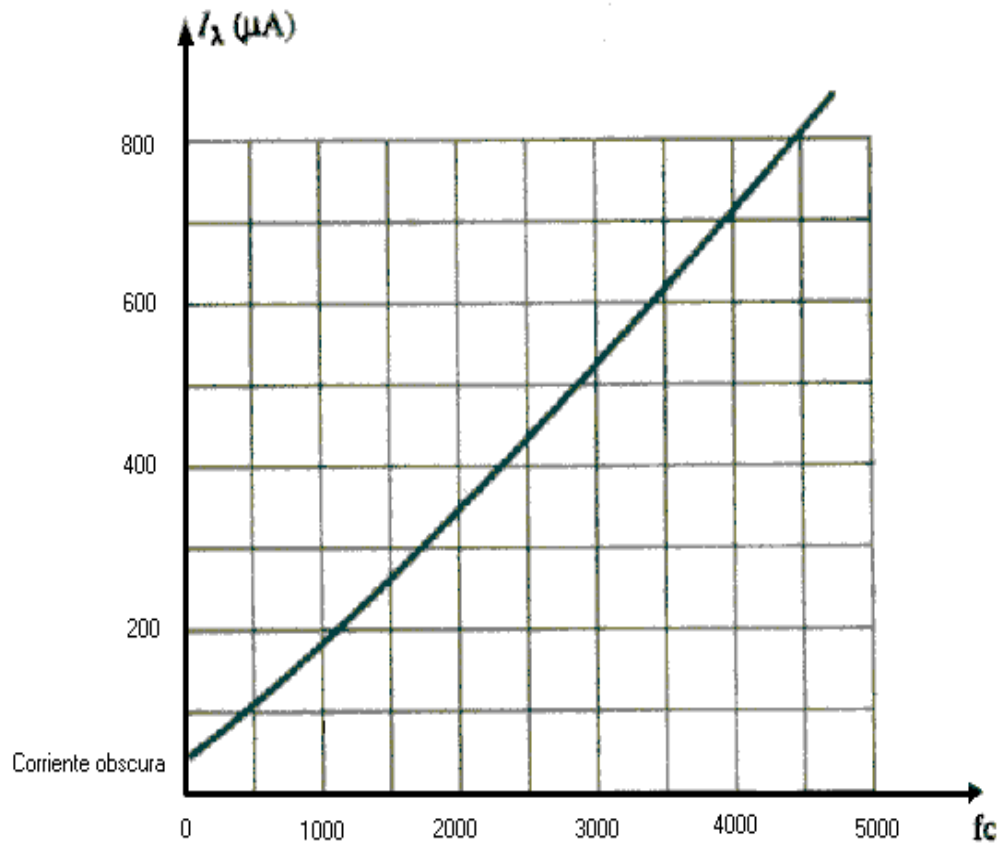


Figura 1.4.

Fototransistores

El fototransistor es otro de los dispositivos fotoeléctricos, cuenta con una unión $p-n$ de colector y de base fotosensible. La corriente inducida por efectos fotoeléctricos es la corriente de base del transistor, la corriente de colector resultante en una base aproximada se da con la ecuación (1.8).

$$I_C \cong h_{fe} I_\lambda \quad (1.8)$$

En la Figura 1.5 se presentan las características representativas de un fototransistor así como su símbolo eléctrico. En la gráfica de la Figura 1.5 se puede apreciar la similitud que existe con la curva de un transistor bipolar típico, por lo que se puede esperar que a un incremento en la intensidad luminosa corresponda un aumento en la corriente de colector.

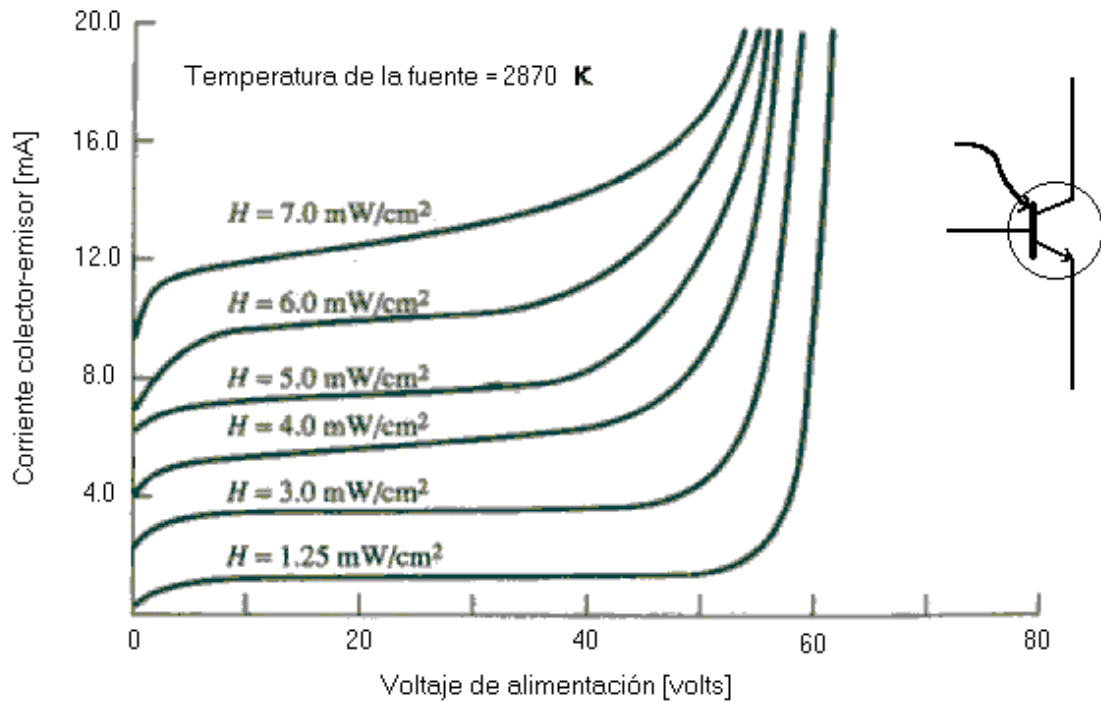


Figura 1.5.

En la Figura 1.6 se presenta una curva de la corriente de base contra la densidad de flujo, en esta figura se puede observar que la corriente de base aumenta de manera exponencial con el aumento de la densidad de flujo. Las áreas de aplicación del fototransistor se dan en lectoras de tarjetas perforadas, circuitos lógicos de computadoras, controles luminosos, indicadores de nivel, relevadores y sistemas de conteo.

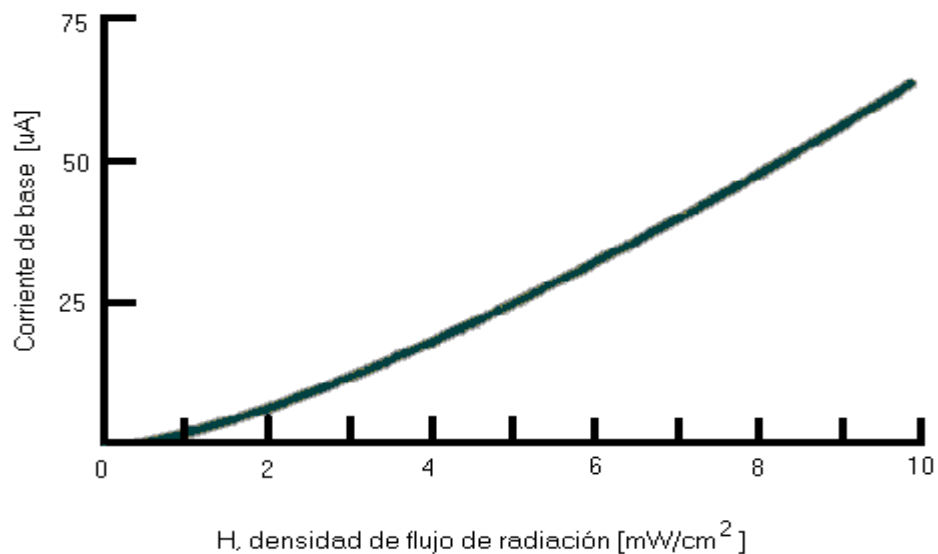


Figura 1.6.

1.5. TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA

Existe una gran variedad de transductores para medir temperatura. Alguno de ellos convierten directamente la temperatura en una señal eléctrica, mientras que otros deben emplearse en combinación con un transductor eléctrico para convertir la indicación de temperatura en alguna forma eléctrica. Los transductores más comunes son:

- ◆ Bandas bimetálicas.
- ◆ Termopares.
- ◆ Detectores de temperatura resistivos (*RTD*).
- ◆ Termistores.
- ◆ Sensores de semiconductor.
- ◆ Pirómetros de radiación.

Banda bimetálica

La banda bimetálica se fabrica con dos bandas de metales diferentes soldados entre sí. Debido a la diferencia en los coeficientes de dilatación térmica de los dos metales, un calentamiento de la banda entera hará que uno de los metales se dilate más que el otro. Como las bandas están soldadas entre sí, la banda compuesta se doblará en la dirección del metal que se expanda menos. La cantidad de deflexión es directamente proporcional al cambio de temperatura. Si se sujeta firmemente un extremo de la banda mientras que el otro permanece libre, se puede usar el grado de deflexión para indicar el cambio de temperatura. Esto se hace fijando un transductor de posición al extremo libre de la banda y calibrando el desplazamiento debido al cambio de temperatura. Tiene la desventaja de ser lento.

Termopares

En 1821 Thomas Seebeck descubrió que cuando dos metales disímiles están en contacto, se genera un voltaje que esta en función de la temperatura. El dispositivo, formado por dos metales disímiles unidos, se llama termopar y el voltaje se denomina voltaje Seebeck, en honor a su descubridor.

Existen varios métodos para unir dos metales disímiles. Uno es fundirlos juntos. Esto produce una unión frágil y si no se protege de los esfuerzos, este tipo de termopar se puede fracturar y romper. Otro método para unir dos metales distintos es soldar los alambres juntos. Esto tiene la desventaja de introducir un tercer metal diferente. Por fortuna, si ambos lados del termopar están a la misma temperatura, el voltaje Seebeck debido a la acción del termopar entre los dos metales del termopar y el metal para soldar tendrá voltajes iguales y opuestos, y el efecto se cancela. Su característica más importante es que el dispositivo es un transductor útil para mediciones a altas temperaturas. En muchos casos las temperaturas por medirse son más altas que el punto de fusión del material de la soldadura, en estos casos el termopar se separa.

El método clásico para medir voltajes de termopares fue con un potenciómetro. Este era un dispositivo mecánico que ya no se usa. Se utilizan dispositivos electrónicos para medir voltajes de termopares y convertir el voltaje Seebeck a temperatura y compensar por la unión de referencia.

Debido a los voltajes tan pequeños que se producen, los circuitos de acondicionamiento de la señal electrónica que usa el termopar, debe eliminar, tanto señales de modo común como ruido originado por campos eléctricos y magnéticos. Las combinaciones de metales más empleadas para fabricar los termopares son las siguientes: Hierro y Constantan, Cromel y Alumel, y Platino – Rodio.

Debido a su tamaño pequeño, los termopares son dispositivos rápidos y por lo tanto adecuados para aplicaciones, que necesitan velocidad de respuesta.

Como los termopares generan voltajes de salida muy pequeños (sólo unas decenas de microvolts por grado), es difícil desde el punto de vista de los circuitos electrónicos de acondicionamiento de señal que permita resoluciones exactas de menos de un grado centígrado. Además, la linealidad entre la temperatura y el voltaje de salida en muchos tipos de termopares no es muy buena, aunque predecible y repetible.

Otro obstáculo serio de los termopares es que necesitan una referencia a una temperatura conocida para emplearse en mediciones absolutas de temperatura; o sea, los circuitos deben comparar la salida del termopar de “señal“ con la de un termopar de “referencia “ desde luego, este último se debe mantener a una temperatura conocida.

Hay dos leyes empíricas de los termopares que permiten el análisis de la mayoría de los circuitos prácticos del termopar. Se pueden enunciar como sigue:

- ◆ El voltaje de salida de un termopar no se afecta por la temperatura del conductor entre la unión del termopar y la unión de referencia. Este principio permite que los conductores entre la unión del termopar y la unión de referencia puedan pasar a través de regiones a varias temperaturas en una planta, sin afectar el voltaje de salida.
- ◆ Se puede conectar un tercer metal a cualquier lado del termopar sin afectar el voltaje de salida siempre que ambas uniones del tercer metal estén a la misma temperatura. Este principio permite que un dispositivo de medición, como por ejemplo un voltímetro con terminales y alambre de cobre se conecte en un circuito de un termopar de Hierro–Constantan, sin afectar la indicación de voltaje.

Detectores de temperatura resistivos (RTD)

Los detectores de temperatura resistivos o termómetros de resistencia, emplean un elemento sensible de alambre de platino, cobre o níquel extremadamente puro que proporciona un valor de resistencia definido para cada temperatura dentro de su rango.

Casi todos los conductores metálicos tienen un coeficiente de temperatura de resistencia positiva, de manera que la resistencia se incrementa con el aumento de la

temperatura. Alguno de los materiales, como el Carbón y el Germanio, tiene coeficiente de temperatura de resistencia negativa; esto significa que la resistencia decrece con el incremento de la temperatura. Es conveniente un valor alto del coeficiente de temperatura de resistencia en un elemento sensor de temperatura de forma que ocurra un cambio sustancial en la resistencia para alteraciones relativamente pequeñas de temperatura. Este cambio de resistencia se puede medir con un puente de *Wheatstone*, el cual se calibra para indicar la temperatura que modifica la resistencia en lugar del cambio de resistencia misma.

La Figura 1.7 muestra la variación de resistencia con temperatura para varios materiales usados. La gráfica indica que la resistencia del Platino y del Cobre se incrementa casi linealmente con incrementos de temperatura, mientras que la característica para el níquel es definitivamente no lineal.

El elemento sensor de un termómetro de resistencia se elige de acuerdo con la aplicación deseada. El alambre de platino se usa en la mayoría de trabajos de laboratorios y en mediciones industriales de gran exactitud. Los alambres de níquel y cobre son menos costosos y fáciles de fabricar que los elementos de alambre de platino, y a menudo son usados en aplicaciones industriales de rangos bajos.

Por lo general los termómetros de resistencia son del tipo probeta para inmersión en el medio cuya temperatura se va a medir o controlar.

Para el ambiente industrial, el elemento medidor consiste en un devanado bifilar alrededor de un carrete de cerámica que está encapsulado en una cubierta de vidrio fundido.

También se emplean RTD de película metálica en los medios industriales. Se fabrican depositando una película delgada sobre un sustrato de cerámica. A continuación se graba un patrón en esta película y se recorta con rayos láser para obtener un valor exacto de resistencia.

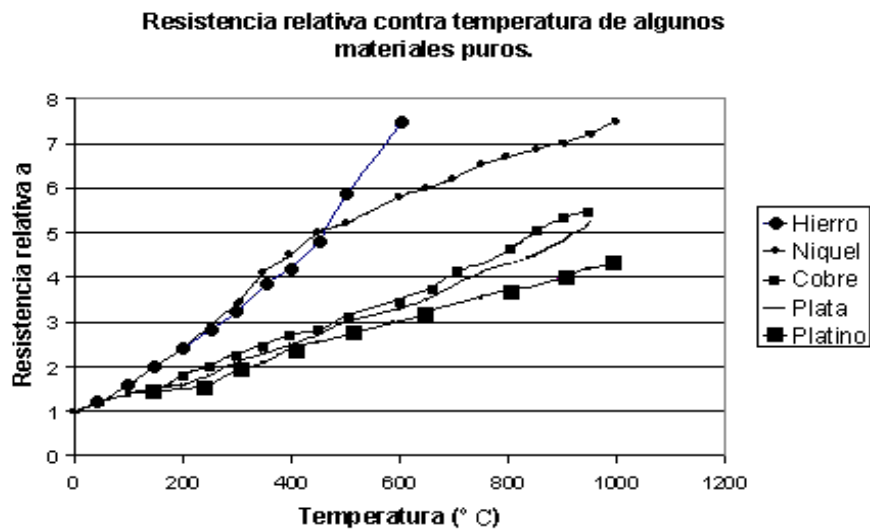


Figura 1.7.

Termistores

Los termistores, o resistores térmicos, son dispositivos semiconductores que se comportan como resistencias con un coeficiente de temperatura de resistencia, alto y generalmente negativo. En algunos casos, la resistencia de un termistor a temperatura ambiente puede disminuir hasta un 6% por cada grado centígrado que se eleve la temperatura, esta alta sensibilidad al cambio de temperatura hacen al termistor muy conveniente para mediciones, control y compensación con precisión de la temperatura.

La disminución en la resistencia que se presenta en los termistores involucra las propiedades del enlace químico de los electrones en los materiales semiconductores. En esos materiales los electrones de valencia están asegurados en enlaces covalentes con sus vecinos. Cuando aumenta la temperatura del termistor, las vibraciones térmicas de sus átomos rompen algunos de esos enlaces y liberan electrones. Como los electrones ya no están ligados a átomos específicos en la red, son capaces de responder a campos eléctricos aplicados al moverse a través del material. Esos electrones en movimiento se suman a la corriente en el semiconductor y el material parece tener menor resistencia.

Los termistores se componen de una mezcla sintética de óxidos de metales, como Manganeseo, Níquel, Cobalto, Cobre, Hierro y Uranio. Su rango de resistencia va de 0.5 a 75 *ohms* y están disponibles en una amplia variedad de formas y tamaños. Los más pequeños son cuentas con un diámetro de 0.15 mm a 1.25 mm. Las cuentas se pueden colocar dentro de una barra sólida de vidrio para formar sondas que son más fáciles de montar que las cuentas. Se hacen discos y arandelas presionando el material termistor en condiciones de alta presión en formas cilíndrica y plana con diámetros de 2.5 mm a 25 mm. Las arandelas se pueden apilar y conectar en serie o en paralelo con el fin de incrementar la disipación de potencia.

Tres características importantes del termistor lo hacen extremadamente útil en aplicaciones de medición y control:

- ◆ Resistencia - temperatura.
- ◆ Voltaje - corriente.
- ◆ Corriente – tiempo.

Un termistor tiene un coeficiente de temperatura de resistencia muy elevado y negativo, lo cual lo convierte en un transductor de temperatura ideal.

La caída de voltaje a través de un termistor aumenta con el incremento de corriente hasta que alcanza un valor pico, más allá del cual la caída de voltaje decrece con el incremento de corriente. En esta parte, el termistor presenta una característica de resistencia negativa. Si se aplica un voltaje muy pequeño al dispositivo, la pequeña corriente resultante no produce suficiente calor para elevar la temperatura del termistor arriba de la temperatura ambiente. En esta condición se sigue la ley de Ohm y la corriente es proporcional al voltaje aplicado. Las corrientes más grandes para voltajes aplicados más grandes, producen suficiente calor para elevar la temperatura del termistor por encima de la

temperatura ambiente y entonces su resistencia decrece. Como resultado, se toma más corriente y la resistencia disminuye aún más. La corriente continúa incrementándose hasta que la disipación del calor del termistor se iguala a la potencia suministrada a él. Por consiguiente, en cualquier condición ambiental fija, la resistencia de un termistor es mayormente una función de la potencia disipada dentro de él mismo, siempre y cuando haya suficiente potencia disponible para incrementar la temperatura por encima de la temperatura ambiente. En tales condiciones de operación la temperatura del termistor se puede elevar, y su resistencia puede bajar un milésimo de su valor a baja corriente.

Esta característica de autocalentamiento proporciona un nuevo campo de aplicación al termistor. En el estado de autocalentamiento el termistor es sensible a todo lo que cambie la razón a la cual el calor se disipa. Esto sirve para medir flujo, presión, nivel de líquidos, composición de gases, etc., sin embargo, si la razón de eliminación de calor es fija, el termistor es sensible a la potencia de entrada y se puede usar para el control de voltaje o nivel de potencia.

Cuando el efecto de autocalentamiento que se acaba de describir ocurre en una red con termistor, se requiere cierto tiempo finito para que el termistor se caliente y la corriente alcance el máximo valor de estado estable. Este tiempo, aunque se fija para un conjunto dado de parámetros del circuito puede variar fácilmente cambiando el voltaje aplicado o la resistencia en serie del circuito. Este efecto de tiempo – corriente proporciona un medio simple y exacto de lograr retardos de tiempo de milisegundos a varios minutos.

El cambio de resistencia de los termistores en respuesta a cambios en la temperatura es inherentemente no lineal, como se muestra en la Figura 1.8 Sin embargo, la curva individual de un termistor se puede aproximar muy estrechamente con la ecuación (1.9) *Steinhart – Hart* y datos suministrados por el fabricante u obtenidos por medición directa:

$$\frac{1}{T} = A + B \times \ln R + C(\ln R)^3 \quad (1.9)$$

En donde T = Temperatura en Kelvin.

R = resistencia del termistor.

A, B, C = constantes del ajuste de curva.

Las constantes A, B, C se calculan seleccionando tres puntos de los datos del fabricante y resolviendo las tres ecuaciones simultáneas que resultan cuando se sustituyen los datos de los puntos en la ecuación (1.9).

Características de resistencias contra temperatura de dos materiales típicos de termistor

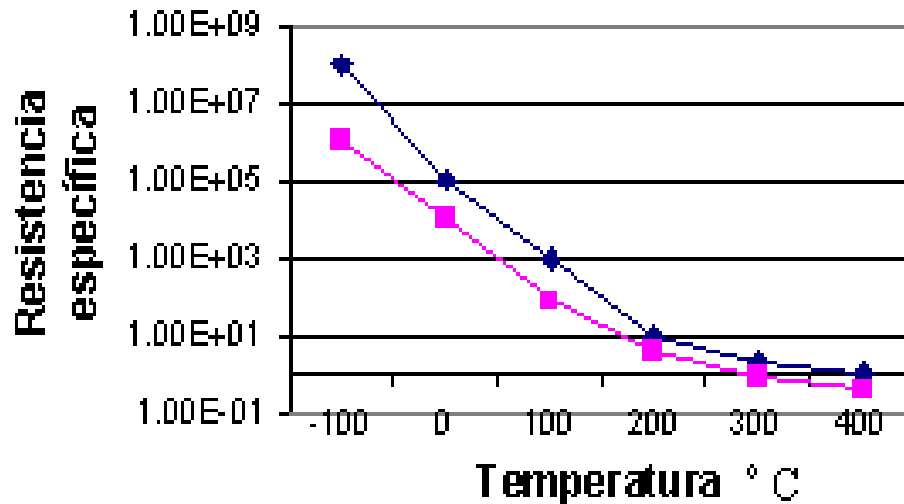


Figura 1.8.

Sensores de temperatura de semiconductores

Hay muchos tipos de sensores de temperatura que aprovechan las propiedades físicas de los materiales semiconductores. Los más comunes que se tienen son: las resistencias semiconductoras volumétricas, los diodos semiconductores y los circuitos integrados (p.ej. el AD590).

- ◆ Los sensores de temperatura semiconductores más sencillos son sólo fragmentos de silicio. Son baratos, razonablemente lineales de -65 hasta $+200$ °C. Físicamente tiene el aspecto de resistencias de $\frac{1}{4}$ W y su resistencia nominal va desde 10Ω hasta $10K\Omega$. Al igual que los detectores de resistencia para temperatura, las resistencias de silicio se pueden emplear en circuitos en puente.
- ◆ Los diodos semiconductores se emplean para medir la temperatura ya que su potencial de juntura es proporcional a la temperatura del diodo. En los diodos de silicio, se manifiesta un cambio en el potencial de juntura. Los sensores de temperatura de diodos son baratos, tienen respuesta rápida y son muy útiles en temperatura desde -40 hasta -150 °C.

- ◆ Los circuitos integrados para medición de temperatura también se consiguen comercialmente. Un ejemplo muy común de esos dispositivos es el AD590 de *Analog Devices*. Este sensor es un dispositivo de dos terminales en el cual la corriente que pasa a través del dispositivo es numéricamente igual a la temperatura absoluta. Esto es, si la temperatura del dispositivo es 218 *Kelvin*, una corriente de 218 μA pasa a través del AD590. La fuente de excitación que necesita el AD590 es sólo una fuente de voltaje que suministra de +4 hasta +30. El AD590 tiene muchas aplicaciones porque posee las ventajas de fácil uso, alta linealidad y bajo voltaje de excitación. Además no necesita circuitos puente. Por último, como la salida está en forma de corriente, se pueden emplear conductores largos sin introducir errores debidos a caídas de voltaje o voltaje inducido de ruido.

Pirómetros de radiación

Estos dispositivos detectan la temperatura midiendo la radiación óptica emitida por cuerpos calientes. Mientras mayor sea la temperatura a la que se calienta un cuerpo, mayor será la frecuencia dominante de la radiación que emite. Esto significa que cuando aumenta la temperatura de un cuerpo hasta un punto en el que comience a emitir luz visible, la superficie calentada tendrá primero un color rojo sombra. Cuando se calienta más el cuerpo y se hace más incandescente, su superficie se vuelve progresivamente menos roja y más blanca.

No es necesario colocar el pirómetro de radiación en la superficie que se está midiendo, para la radiación emitida. Sólo es necesario apuntar hacia la superficie caliente en cuestión para efectuar la medición.

El pirómetro de desaparición de filamento emplea un filamento de alambre calentado para proporcionar un patrón de temperatura radiante. Un método exacto de calentamiento de filamento es el pasar una corriente eléctrica a través de él. Cuando el filamento se calienta a la misma temperatura que existe en la superficie que se está examinando, la imagen del filamento deja de ser visible debido a que tiene el mismo color de la superficie. Como la corriente a través del filamento se conoce, se puede calibrar el pirómetro para dar la temperatura de la superficie a partir de del valor de la corriente.

1.6. MEDICIÓN DE HUMEDAD

El conocimiento de la cantidad de vapor de agua en el aire es importante para la operación y/o control automático de muchos procesos industriales. Esta información puede obtenerse de diferentes formas, dependiendo de las necesidades del proceso en particular y de la instrumentación utilizada. La variable medida usualmente es la humedad relativa, que es la relación entre la presión parcial del vapor de agua presente y la necesaria para que hubiera saturación a una temperatura dada. Se expresa en tanto por ciento.

Algunos de los métodos de medición de humedad se presentan a continuación.

Higrómetro gravimétrico

Este dispositivo es un aparato estrictamente de laboratorio utilizado para realizar calibraciones muy precisas.

Para realizar la medición de la humedad, se introduce una muestra de aire en el dispositivo en el cual el vapor contenido en la muestra es absorbido por métodos químicos y cuidadosamente pesado, el dispositivo determina directamente la relación de la mezcla en gramos por kilogramo con una incertidumbre de alrededor del 0.1%.

Sicrómetro

Este dispositivo está compuesto por dos bulbos en los cuales se va a medir la temperatura por medio de algún dispositivo apropiado; uno de los bulbos es llamado bulbo seco y el otro bulbo húmedo. En el bulbo seco, el termómetro toma la lectura ordinaria del aire, mientras que en el bulbo húmedo, se determina la temperatura adiabática de saturación. La última lectura requiere que el bulbo se mantenga húmedo, usualmente mojándolo con agua destilada y en una corriente de aire con una velocidad de 5 m/s ya sea moviendo el bulbo o aspirando aire a través de él.

Para determinar la humedad, con los datos obtenidos de las temperaturas, se consultan cartas sicrométricas que proporcionan la humedad a través de fórmulas.

Higrómetros resistivos y capacitivos

La mayoría de los aislantes eléctricos presentan un descenso de resistividad brusco y un aumento de su constante dieléctrica, al aumentar su contenido de humedad. Si se mide la variación de resistencia se tiene un higrómetro resistivo (humistor). Si se mide la variación de su capacidad, se tiene un higrómetro capacitivo (humicap).

La relación entre la humedad relativa y la resistencia es no lineal, en algunos casos es casi exponencial. La resistencia se debe medir con corriente alterna sin nivel de continua. El tiempo de respuesta (cambio del 63% de la humedad relativa) varía mucho según el tamaño, y excede de 10s. Como materiales se han empleado soluciones acuosas de una sal higroscópica ($CaLi$, F_2Ba , P_2O_5) depositadas sobre un sustrato plástico, en forma de zigzag entre dos electrodos. En la Figura 1.9 se muestra un ejemplo de este sustrato.

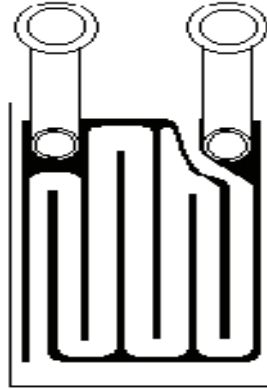


Figura 1.9.

Actualmente se dispone de elementos con la misma forma pero basados directamente en los cambios de resistividad del sustrato, sin necesidad de película higroscópica. Los elementos de Al_2O_3 se emplean más por la variación de su capacidad que por la de su resistencia.

Sensor de humedad electrolítico

En este sensor se fija un flujo de una muestra de gas (típicamente $100 \text{ cm}^3/\text{min}$) a través de un tubo analizador. Este tubo tiene dos cables de platino devanados en una doble hélice dentro del tubo. El espacio entre los cables es cubierto con *pentóxido de Fósforo* y se aplica un potencial de corriente directa a los cables. Cuando la humedad en la muestra de gas entra en contacto con el P_2O_5 , el agua es transformada en hidrógeno y oxígeno y se crea una corriente que puede ser medida para determinar la humedad. Este método ha sido adaptado para medir el contenido de agua en líquidos y sólidos.

Otros sensores de humedad

El sensor de humedad piezoeléctrico es utilizado como oscilador en el que la frecuencia de oscilación depende de la humedad presente en el ambiente en el que se encuentre inmerso el sensor.

El método de medición de humedad a distancia se basa en la absorción de frecuencias por parte de las partículas de agua presentes en la muestra, absorción dependiente de la cantidad de partículas presentes.

Otro método que se puede mencionar es el mecánico basado en la medición de la variación en la longitud debida a la dilatación de un elemento en presencia de humedad; en este tipo de sensores puede mencionarse el higrómetro de cabello. El principio de funcionamiento de este tipo de higrómetro se basa en el alargamiento de un cuerpo higroscópico, siendo éste el cabello humano. Cuando el aire está húmedo, los espacios intercelulares y las células mismas absorben vapor de agua, por lo que el cabello aumenta en longitud y grosor, lo que provoca un movimiento. El cabello a utilizar debe recibir un tratamiento, que consiste en hervirlo con sosa cáustica para quitarle la grasa. El higrómetro

consta de un índice que se mueve sobre una escala, la cual se apoya en un pivote y se halla en equilibrio bajo la acción de un pequeño peso y la fuerza elástica ejercida por el haz del cabello. El higrómetro de cabello es un instrumento muy sencillo, no muy exacto, debido a que la calidad del cabello no es constante, ya que interviene el polvo y la grasa.

1.7. CONVERTIDOR ANALÓGICO – DIGITAL

La mayoría de las señales de voltaje y corriente que se presentan en electrónica varían continuamente dentro de ciertos intervalos de valores. En los dispositivos y computadoras digitales, las señales son digitales, es decir solo pueden tomar dos valores cero o uno, que representan los valores binarios.

Un convertidor Analógico-Digital (CAD) obtiene un valor digital que representa un voltaje analógico de entrada, mientras que un convertidor Digital-Analógico (CDA) cambia un valor digital a un voltaje analógico.

Conversión Digital – Analógica

Conversión por red en escalera

Este método utiliza una red de resistencias, llamada red en escalera. Una red de este tipo acepta entradas de valores binarios, por lo común 0V o V_{ref} y brinda un voltaje de salida proporcional al valor de entrada binario. En la Figura 1.10 se muestra una red en escalera con cuatro voltajes de entrada, que representan 4 bits de datos digitales y una salida de voltaje de corriente directa.

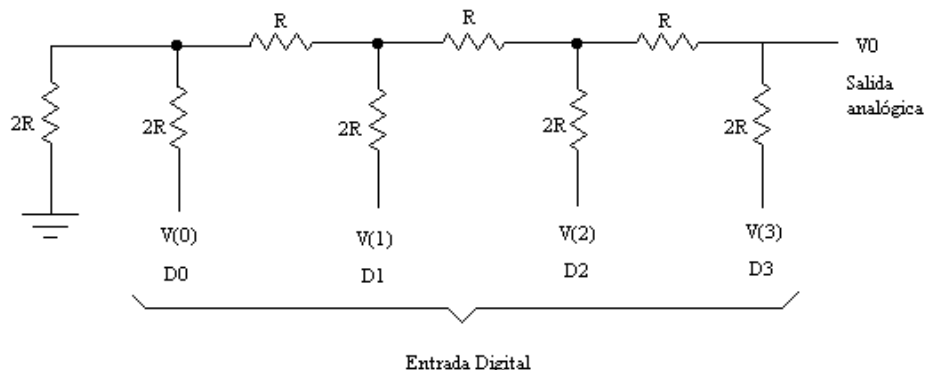


Figura 1.10.

El voltaje de salida es proporcional al valor de entrada digital de acuerdo a la relación marcada en la ecuación (1.10).

$$V_0 = \frac{D_0 \times 2^0 + D_1 \times 2^1 + D_2 \times 2^2 + D_3 \times 2^3}{2^4} \quad (1.10)$$

La función de la red en escalera es convertir los 16 valores posibles binarios de 0000 a 1111 en uno de los niveles de voltaje de V_{ref} , en escalones de $V_{ref}/16$. Empleando más secciones de escalera es posible tener más entradas binarias y mayor cuantización para cada piso. Por ejemplo, una red en escalera de 10 etapas podría ampliar el número de escalones de voltaje a la resolución de voltaje a $V_{ref}/2^{10}$ o $V_{ref}/1024$. Un voltaje de referencia de 10 V proporcionaría escalones de voltaje de salida de 10 V/1024, aproximadamente 10 mV. Más etapas de escalera proporcionan mayor resolución de voltaje, y en general la resolución de voltaje para n etapas de escalera lo da la ecuación (1.11).

$$\frac{V_{ref}}{2^n} \quad (1.11)$$

En la Figura 1.11 se muestra el diagrama a bloques de un CDA que utiliza una red en escalera R-2R.

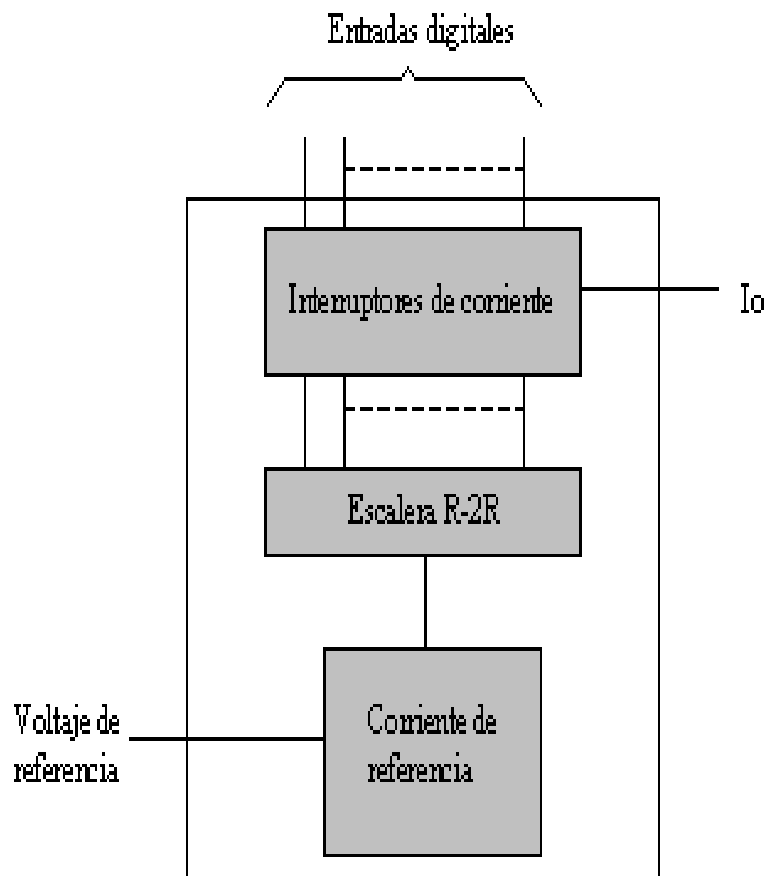


Figura 1.11.

Conversión Analógica – Digital

Conversión de doble pendiente

Un método usual para convertir un voltaje analógico en un valor digital es el de doble pendiente. En la Figura 1.12 se muestra un diagrama a bloques del convertidor de doble pendiente básico. El voltaje analógico que se convertirá se aplica a través de un interruptor electrónico a un integrador o circuito generador de rampa. La salida digital se obtiene de un contador operado durante los intervalos de pendiente positiva y negativa del integrador.

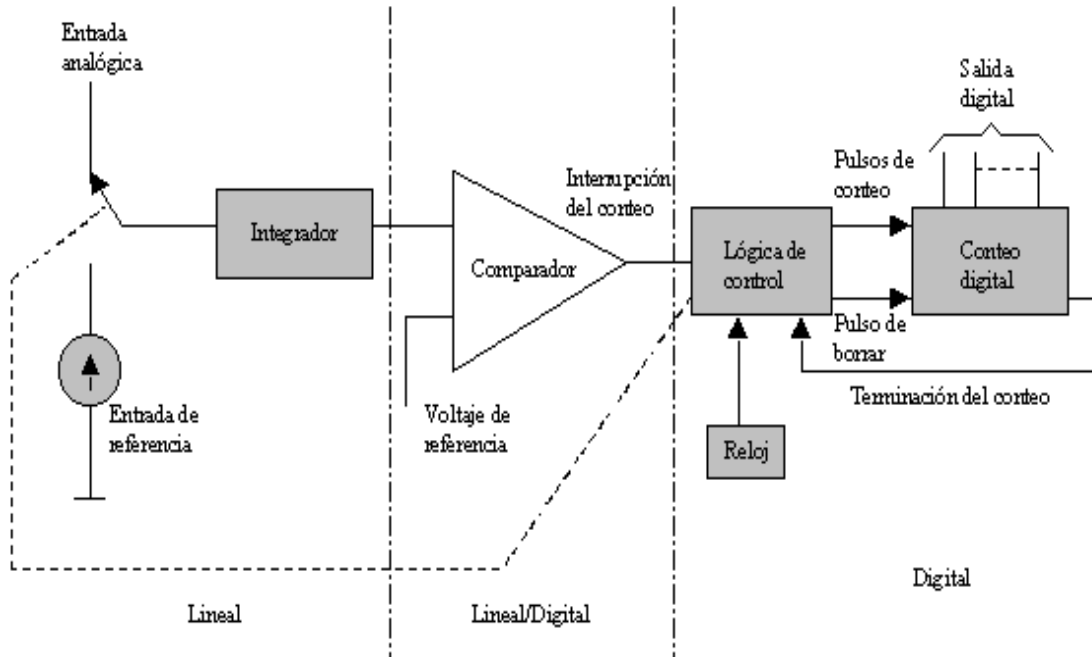


Figura 1.12.

Para un intervalo de tiempo fijo, el voltaje de entrada analógico, conecta al integrador, eleva el voltaje en el comparador hasta cierto nivel positivo. En la Figura 1.13 se puede observar que al final del intervalo de conteo fijo, el contador se coloca en cero y el interruptor electrónico conecta el integrador a una entrada de referencia o fija. La salida del integrador disminuye a una velocidad fija, el conteo avanza en este tiempo, mientras la salida del integrador disminuye a una velocidad fija hasta que desciende abajo del voltaje de referencia del comparador, en este instante la lógica de control recibe una señal para detener el conteo. El valor digital almacenado en el contador es entonces la salida digital del convertidor.

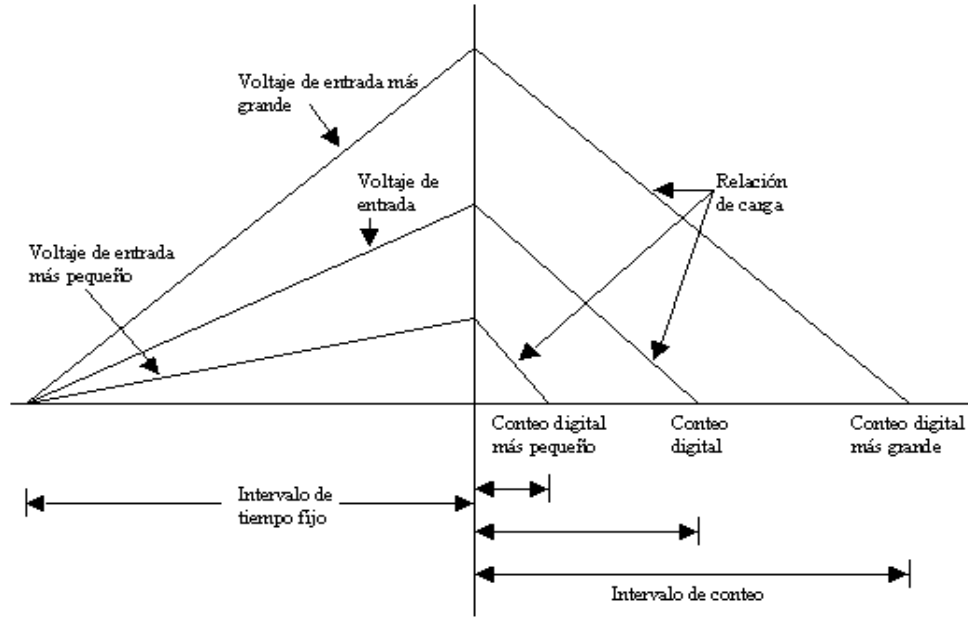


Figura 1.13.

Conversión por red en escalera

Otro método común de conversión analógica-digital utiliza la red en escalera junto con el contador y los circuitos del comparador. Un contador digital avanza desde un conteo cero, en tanto que una red en escalera accionada por el contador genera una salida de voltaje en forma de escalera como se muestra en la Figura 1.14, lo que aumenta un incremento de voltaje para cada escalón de conteo. Un circuito comparador que recibe tanto el voltaje en forma de escalera como el voltaje de entrada analógico, proporciona una señal para detener el conteo cuando el voltaje en forma de escalera aumenta por arriba del voltaje de entrada. El valor del contador en ese momento es la salida digital.

La cantidad del cambio de voltaje en forma de escalera por cada señal de escalón depende del voltaje de referencia aplicado a la red en escalera y del número de bits de conteo utilizado. Un contador de 12 etapas que opere una red en escalera de 12 etapas utilizando un voltaje de referencia de 10 V escalonaría cada conteo mediante un voltaje dado por la ecuación (1.12).

$$\frac{V_{ref}}{2^{12}} = \frac{10V}{4096} = 2.4mV \quad (1.12)$$

Esto produciría una resolución de conversión de 2.4 mV. La frecuencia de reloj del contador afectaría el tiempo requerido para efectuar una conversión. Una frecuencia de reloj de 1 MHz que opere un contador de 12 etapas necesitaría un tiempo de conversión máximo dado por la ecuación (1.13):

$$4096 \times 1 \mu s = 4096 \mu = 4.1 ms \quad (1.13)$$

Entonces el número mínimo de conversiones que podrían efectuarse cada segundo sería.

$$\text{Número de conversiones} = 1/4\text{ms} \cong 244 \text{ conversiones/segundo}$$

Una frecuencia de reloj más baja produciría muy pocas conversiones por segundo. Un convertidor que utilice menos etapas de conteo y menor resolución de conversión realizará más conversiones por segundo. La precisión de la conversión depende de la precisión del comparador.

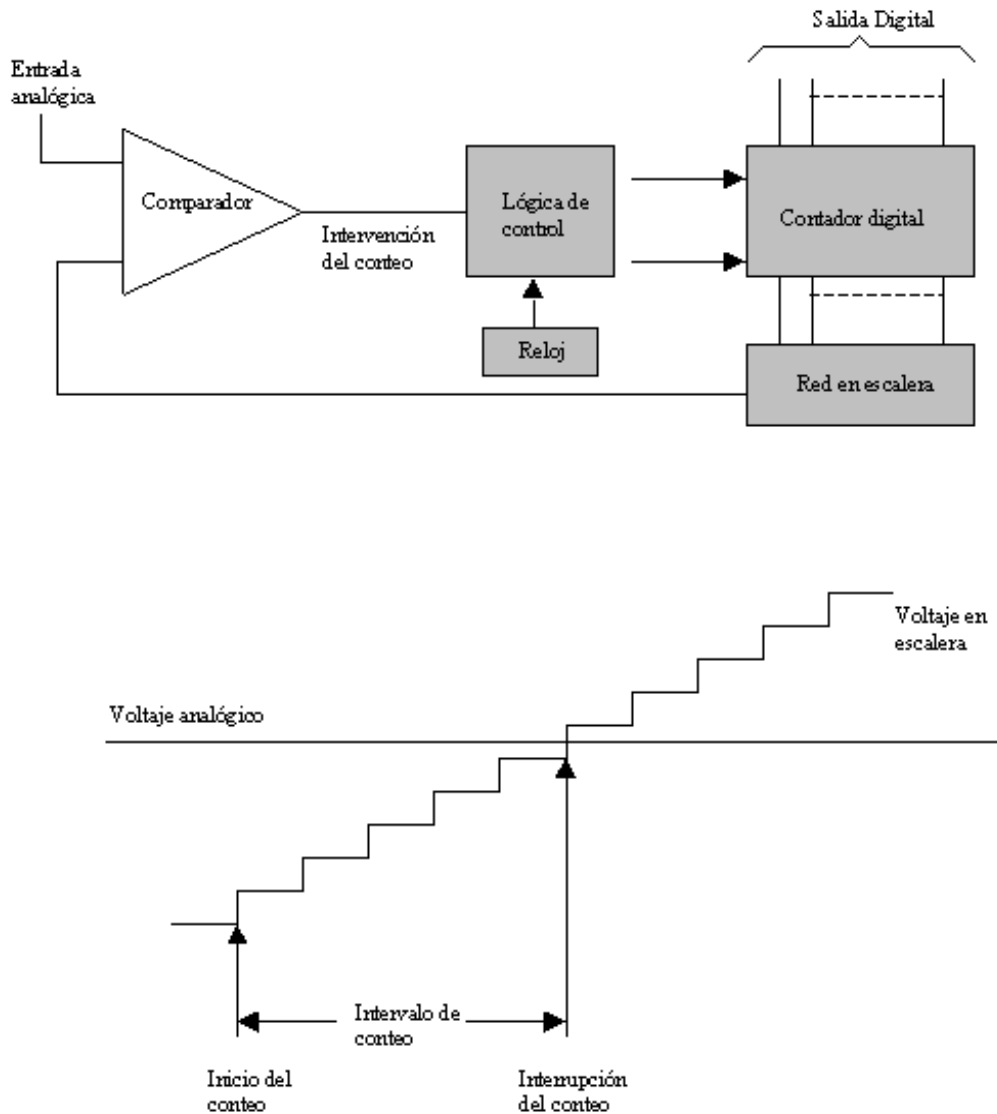


Figura 1.14.

Conversión por aproximaciones sucesivas

Se utilizan ampliamente debido a su combinación de alta resolución y velocidad, es decir, pueden efectuar conversiones entre 1 y 50 μs , en lugar de los milisegundos necesarios por los convertidores de rampa de escalera y doble rampa.

En la Figura 1.15 se muestra un diagrama de bloques del convertidor de aproximaciones sucesivas. El diagrama se parece mucho al de la rampa de escalera, pero la diferencia estriba en la lógica especial del convertidor. En lugar de permitir que el voltaje de referencia del comparador (que proviene de la salida de un convertidor D/A) aumente desde cero, pasando por todos los escalones hasta alcanzar a V_{ent} , la lógica de este convertidor prueba varios códigos de salida y los alimenta al convertidor D/A y a un registro de almacenamiento y compara el resultado con V_{ref} a través del comparador.

La operación es análoga a la acción de pesar una muestra en una balanza de laboratorio con pesos estándar en una secuencia binaria, como 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, ..., $\frac{1}{n}$ kg. El procedimiento correcto es comenzar con el mayor peso estándar y proseguir en orden hasta el menor. La muestra se coloca en un platillo y el peso mayor se coloca en el otro; si la balanza no se inclina, se deja el peso, y se coloca el siguiente menos pesado. Si la balanza se inclina, se quita el peso mayor y se agrega el siguiente menos pesado. Se usa el mismo procedimiento para el siguiente valor menos pesado y así se prosigue hasta el menor. Después de que se ha probado el n ésimo peso y se ha tomado una decisión, se dan por terminadas las mediciones de peso. El total de las pesas que se encuentren en el platillo es la aproximación más cercana al peso de la muestra.

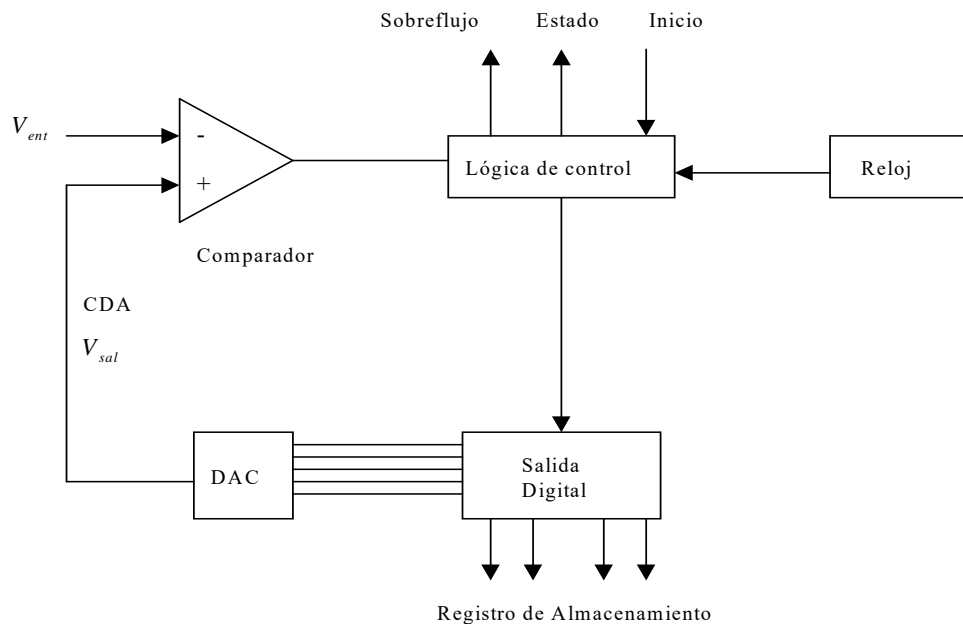


Figura 1.15.

En el convertidor de aproximaciones sucesivas, se implementa el procedimiento de medición de pesos mediante un convertidor D/A, un comparador, un registro de almacenamiento y una lógica de control. Las entradas del convertido D/A se ajustan a “0” al comenzar el proceso de conversión. La lógica de control lleva al dígito más significativo del convertidor a “1” y el comparador prueba la salida resultante del convertidor contra la entrada analógica. El comparador llega a una decisión acerca de sí almacenar el bit “1” en el registro correspondiente o almacenar un “0”. A continuación el segundo bit del convertidor se lleva a 1 y se hace una segunda decisión. Después de n bits, el registro de almacenamiento contiene todos aquellos bits que se almacenaron como “1” o como “0” y el contenido total será una aproximación digital al voltaje de la señal analógica de entrada.

El tiempo de conversión en los convertidores de aproximaciones sucesivas es constante y lo da la ecuación (1.13).

$$T_{conver} = \frac{n}{f} \quad (1.13)$$

Siendo n el número de bits en el convertidor y f la frecuencia del reloj.

Sin embargo, un requisito muy importante de estos convertidores es que el voltaje de entrada permanezca constante durante el tiempo de conversión. Si no lo es, pueden surgir errores durante los periodos de prueba y la salida puede ser muy inexacta.

1.8. MULTIPLEXORES

Un multiplexor digital (*MUX*) es un circuito combinacional que selecciona información de una de varias líneas de entrada y la dirige a una sola línea de salida, la selección de una línea particular de entrada está controlada por un conjunto de líneas de selección. Hay 2^n líneas de entrada y n líneas de selección, cuyas combinaciones *bit* determinan cuál entrada se selecciona. En la Figura 1.16 se presenta el diagrama a bloques de un multiplexor.

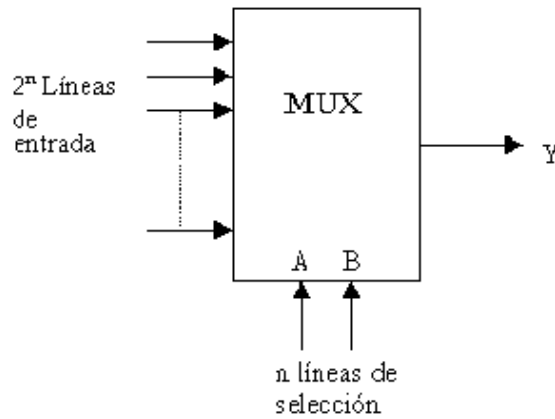


Figura 1.16.

En la Figura 1.17 se muestra un *multiplexor 4 X 1*, así como su tabla de selección.

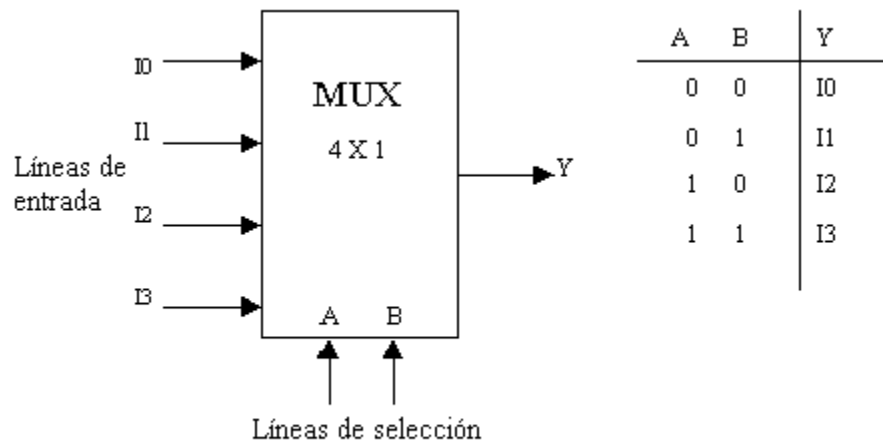


Figura 1.17.

1.9. MEMORIAS

Una memoria *ROM* es en forma esencial un dispositivo de memoria (o almacén) en el cual se almacena un conjunto fijo de información binaria. La información binaria primero debe especificarla el usuario y entonces se inserta en la unidad para formar el patrón requerido de interconexión. Las *ROM* se obtienen con eslabones internos especiales que pueden fusionarse o romperse. La interconexión deseada para una aplicación particular requiere que se fusionen ciertos eslabones para formar las trayectorias del circuito necesario. Una vez que se establece un patrón para una *ROM*, permanece fijo aún cuando se enciende la potencia y se apaga otra vez. En la Figura 1.18 se presenta el diagrama a bloques de una memoria *ROM*.

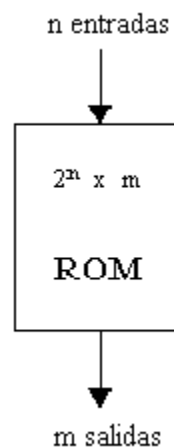


Figura 1.18.

Consta de n líneas de entrada y m líneas de salida. Cada combinación de bits de las variables de entrada se denomina dirección. Cada combinación de bits que sale de las líneas de salida se conoce como palabra. El número de bits por palabra es igual al número líneas de salida m . Una *ROM* se caracteriza por el número de palabras 2^n y el número de bits por palabra m .

Las trayectorias requeridas en una *ROM* pueden programarse en dos formas diferentes. La primera se llama *programación enmascarada* y la hace el fabricante durante el último proceso de producción de la unidad. El procedimiento para fabricar una *ROM* requiere que el cliente llene la tabla de verdad que él desea satisfaga la *ROM*. El fabricante hace la máscara correspondiente para las trayectorias para producir los 1 y 0 de acuerdo con la tabla de verdad del cliente. Este procedimiento es costoso debido a que el vendedor carga honorarios especiales al cliente por la máscara especial de pedido para una *ROM*. Por esta razón, la programación en máscara es económica sólo si van a fabricarse grandes cantidades de la misma configuración de *ROM*.

Para pequeñas cantidades, es más económico utilizar un segundo tipo de *ROM* llamado *memoria programable de solo lectura*, o *PROM*. Cuando se ordenan, las unidades *PROM* contienen todos los 0 (o todos los 1) en cada bit de las palabras almacenadas. Los eslabones en la *PROM* se rompen por la aplicación de pulsos de corriente a través de las terminales de entrada. Un eslabón roto define un estado binario y un eslabón sin romper representa el otro estado. Esto le permite al usuario programar la unidad en su propio laboratorio para lograr la relación deseada entre las direcciones de entrada y las palabras almacenadas. Existen en el mercado unidades especiales denominadas programadores *PROM* para facilitar este procedimiento.

El procedimiento de hardware para programar las *ROM* o *PROM* es irreversible y, una vez programados los patrones fijos, son permanentes y no pueden alterarse. Un tercer tipo de memoria disponible se conoce como *PROM borrable* o *EPROM*. Las *EPROM* pueden reestructurarse a su valor inicial (todos 0 o todos 1) aún cuando se hayan cambiado previamente. Cuando una *EPROM* se coloca bajo una luz ultravioleta especial por un periodo dado de tiempo, la radiación de onda corta descarga las compuertas internas que sirven como contactos. Después del borrado, la *EPROM* regresa a su estado inicial y puede reprogramarse. Ciertas *ROM* pueden borrarse con señales eléctricas en lugar de luz ultravioleta, y estas se denominan *ROM alterables eléctricamente* o *EAROM*.

La *ROM* es usada para almacenar patrones de *bit* fijos que representan la secuencia de variables de control necesarias para capacitar las diversas operaciones de un sistema. Una unidad de control que emplea una *ROM* para almacenar información de control binaria se conoce como *unidad de control microprogramada*.

1.10. COMUNICACIÓN SERIAL ASINCRONA RS-232C

Diferentes asociaciones, organismos y fabricantes están tratando continuamente de definir una serie de especificaciones para las comunicaciones, de tal manera que estando normalizados las diferentes *interfaces* y protocolos, sean compatibles unos con otros. Entre

éstos destacan, el *CCITT* (Comité Consultivo Internacional de Telecomunicaciones y Telefonía), el *ANSI* (Instituto Nacional Americano de Normalización) y el *EIA* (Asociación de Industrias Electrónicas).

La asociación *EIA* enfoca principalmente su actividad en el campo de la normalización eléctrica, y entre sus logros más destacados cabe mencionar la *interface RS-232C*, convertida en estándar y usada por la mayoría de fabricantes de equipos informáticos, teniendo de este modo abierta la puerta de acceso a entornos diferentes a los propios, facilitando así al usuario la elección de los sistemas más adecuados a sus necesidades y ampliando la gama de equipos y periféricos que éste puede elegir, sin problema alguno de compatibilidad.

Una *interface* es una frontera compartida, que está determinada mediante una serie de características eléctricas y funcionales perfectamente especificadas, o dicho de otra manera, por unas características físicas de interconexión comunes, características de la señal y significado de las mismas, regulando al mismo tiempo el intercambio de ellas, de tal forma que podamos establecer y mantener una conexión entre dos terminales de datos.

En la actualidad la gama de protocolos y estándares de comunicaciones existentes es muy amplia, aunque en la práctica se ha extendido el uso de dos, la *interface* serie *RS-232C* y la *interface* paralela.

La *interface* tipo serie se caracteriza por el envío de información *bit a bit* de una manera seriada o secuencial; en la *interface* paralela la información se transmite en grupo, enviando una serie de bits simultáneamente.

Cada uno de ellos presenta sus ventajas e inconvenientes, estando condicionado el uso de uno y otro por el tipo de equipo o por el costo de los mismos. Mientras que en una *interface* tipo serie el costo del mismo es muy pequeño, por emplear pocos circuitos, en uno tipo paralelo se necesita un circuito por cada bit del carácter, necesitándose de esta manera más lógica; por el contrario, su rapidez y facilidad es mayor, siendo ideal para la interconexión en distancias cortas.

La *interface RS-232C* es entre una terminal (*DTE*) y un equipo de comunicaciones (*DCE*), utilizando intercambio de datos binarios en serie. El *CCITT* dispone de una normalización equivalente, denominada *V24/28*. La *interface RS-232C* cubre tres áreas:

- 1) Características mecánicas (*ISO-2110*). Al tratar de establecer la conexión de un equipo con otro, lo primero que se plantea es la compatibilidad física de los conductores. La *interface RS-232C* define un conector de 25 terminales, típicamente se usa el conector tipo *DB-25*, aunque como éste no está definido en el estándar, otros fabricantes utilizan uno diferente. Lo que sí define perfectamente la norma es la asignación de las señales a los contactos del conector, así como la longitud máxima recomendada (15 metros), determinada por la capacidad del mismo. En la Tabla 1.4 se presenta la distribución de la *interface EIA-CCITT*. Modem (*DCE*) /Terminal (*DTE*).

Número de Pin	Nombre	Hacia DTE	Hacia DCE	Descripción	Circuito CCITT (EIA)
1	FG			Tierra de protección	101(AA)
2	TD	→		Transmisión de datos	103(BA)
3	RD	←		Recepción de datos	104 (BB)
4	RTS	→		Petición de datos	105 (CA)
5	CTS	←		Preparado para transmitir	106 (CB)
6	DSR	←		Modem preparado	107 (CC)
7	SG			Tierra de referencia	102 (AB)
8	DCD	←		Detector de portadora	109 (CF)
9		←		Voltaje positivo de prueba	
10		←		Voltaje negativo de prueba	
11	QM	←		Selector de canal de transmisión	BELL 208 A
12	(S)DCD	←		Detector de portadora	122 (SCF)
13	(S)CTS	←		Preparado para transmitir	121 (SCB)
14	(S)TD	→		Transmisión de datos	118 (SBA)
	NS	→		Nuevo sincronismo	BELL 208 A
15	TC	←		Reloj de transmisión	114 (DB)
16	(S)RD	→		Recepción de datos	119 (SBB)
	DCT	←		Reloj de transmisión dividido	BELL 208 A
17	RC	←		Reloj de recepción	115 (DD)
18	DCR	←		Reloj de recepción dividido	BELL 208 A
19	(S)RTS	→		Petición de emisión	120 (SCA)
20	DTR	→		Terminal de datos preparado	108.2 (CD)
21	SQ	←		Detector de calidad de señal	110 (CG)
22	RI	←		Indicador de llamada	125 (CB)
23		→		Selector de velocidad	111 (CH)
		←		Selector de velocidad	112 (CI)
24	(TC)	→		Reloj de transmisión externo	113 (CDA)
25		→		Ocupado	BELL 113 B

Tabla 1.4.

- 2) Características eléctricas (V-28). Parte fundamental, dentro de la recomendación RS-232C, es la definición de las características de las señales que por él transitan; el nivel eléctrico cubre el margen de tensiones y corrientes en cada terminal, estando limitado el valor entre ± 3 y ± 25 volts, y la corriente a 3 mA, de tal manera que aun en el caso de corto circuito entre terminales no se cause daño a alguno de los diversos componentes. En la Figura 1.19 se presenta la representación de un carácter ASCII, y en la Figura 1.20 se presenta una tabla que muestra la tensión en la *interface* y su función.

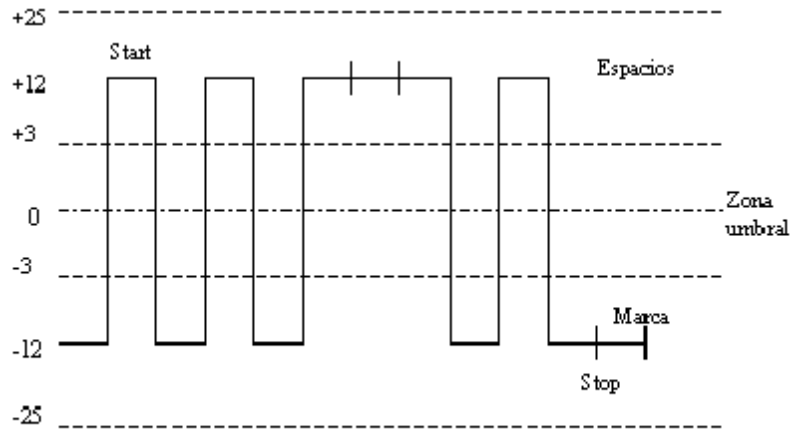


Figura 1.19.

		Tensión (-) -3 V a -25 V	Tensión (+) +3 V a +25 V
Circuitos de datos	Estado binario	1	0
	Situación de la señal	Marca	Espacio
Circuitos de control		Off Abierto	On Cerrado

Figura 1.20.

Dentro de estas características eléctricas cabe destacar la impedancia de la *interface*, con una resistencia de carga comprendida entre 3000 y 7000 Ω y la capacitancia del mismo de 2500 pF. La distancia máxima de los cables a utilizar debe ser de 15 metros para poder garantizar la correcta transmisión de la señal digital sin distorsión apreciable. De igual forma estas características, definidas en la recomendación V-28 del *CCITT*, se aplican a todos los circuitos binarios de enlace con velocidades inferiores a los 20,000 bits/segundo, siendo los valores más comunes los de 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 *bps* (bits por segundo).

- 3) Características funcionales. Son éstas las más importantes desde el punto de vista del usuario, pues son las que debe conocer para poder realizar así su correcta aplicación. Dentro de estas destacan las siguientes:

- ◆ Transmisión de datos a través de la *interface*
- ◆ Control de las diversas señales en la *interface*
- ◆ Proporcionar las señales de sincronización que regulan la transferencia de bits.
- ◆ Referencias de las señales eléctricas

Circuitos de intercambio de datos.

- ◆ TD (*Transmitted Data*)
- ◆ RD (*Received Data*)

Estos son los más importantes, ya que representan la información que deseamos transmitir. Todos los demás circuitos están destinados a garantizar la transmisión correcta.

Circuitos de control de intercambio.

- ◆ RTS (*Request To Send*)
- ◆ CTS (*Clear To Send*)
- ◆ DSR (*Data Set Ready*)
- ◆ DCD (*Data Carrier Defect*)
- ◆ DTR (*Data Terminal Ready*)
- ◆ RI (*Ring Indicator*)

Estos circuitos, entre otros más, permiten establecer y controlar el enlace y la transferencia de la información entre un *Equipo Terminal de Datos (DTE)* y un *Equipo de Comunicación de Datos (DCE)*, estableciendo la llamada y el control de la señal portadora en el medio de enlace.

Circuito de sincronización. En una transmisión en medio síncrono, es necesario el uso de unas señales que regulen la cadencia de la información, éstas son las señales de reloj.

- ◆ TC (*Transmitter Clock*)
- ◆ RC (*Receiver Clock*)
- ◆ ETC (*External Transmitter Clock*)

Estas señales se encargan de monitorear perfectamente sincronizadas al transmisor y el receptor, permitiendo el correcto muestreo de la señal y evitando errores, además de temporizar las señales de datos.

Circuitos de referencia.

- ◆ GND (*Protective Ground*)
- ◆ SG (*Signal Ground*)

Todas las señales tienen como referencia la terminal 7 del conector (DB-25), ésta señal es fundamental, pues la ausencia impedirá el correcto funcionamiento de las demás terminales.

La terminal uno sirve de protección (tanto eléctrica, como magnética) y debe ser conectada al *chasis* del equipo.

En este capítulo se revisaron los conceptos básicos que son utilizados para desarrollar este trabajo. En el siguiente capítulo se presentará una descripción general del sistema, en dicho apartado se expondrán las partes que conforman al SAD, analizando cada una de ellas.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

En este capítulo se describen las partes que conforman al Sistema de Adquisición de Datos (SAD), tanto software como hardware, así como las características principales de cada uno de los bloques que lo conforman.

2.1. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El sistema de adquisición de datos está formado por los siguientes elementos:

- ◆ Transductores y sensores.
- ◆ Módulo acondicionador de señales.
- ◆ Módulo de adquisición de datos (tarjeta de memoria programable y almacenamiento de información, convertidor analógico digital y comunicación serial RS232).
- ◆ Estación de análisis de datos.

En la Figura 2.1 se muestra el diagrama a bloques del sistema de adquisición de datos.

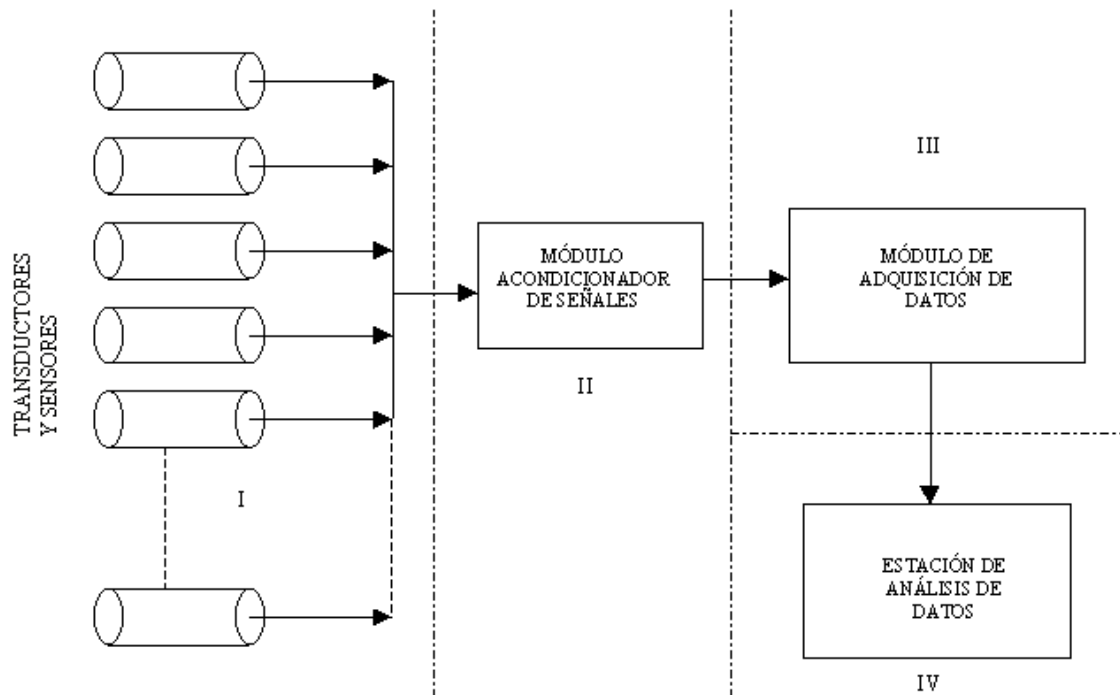


Figura 2.1.

2.2. TRANSDUCTORES Y SENSORES

Con el sistema de adquisición de datos se pueden adquirir ocho señales bipolares o dieciséis señales unipolares, dependiendo del periodo de muestreo y del tipo de señal se puede incrementar el número de señales a adquirir mediante un multiplexor conectado a un canal del convertidor analógico digital. Este sistema adquiere once variables, las cuales son: velocidad del vehículo, revoluciones del motor (rpms), posición del pedal del acelerador (grado de carga), temperatura del aceite del motor, humedad ambiente, temperatura ambiente y se cuenta con cinco canales disponibles para medir temperaturas, tres de los cuales permiten medir temperaturas como máximo de 750 °C, los otros dos como máximo 1250 °C. Estos canales se dejan disponibles en caso de que el usuario desee medir temperaturas en algún punto del motor.

Para determinar la *velocidad del vehículo* se requiere de un elemento que sea capaz de obtener la frecuencia a la que gira el neumático del vehículo, el intervalo de velocidades que deberá obtener dicho elemento es de 0 a 160 km/h, con una resolución de 1 km/h. Para determinar las *revoluciones del motor* se requiere un dispositivo que determine la existencia de un flujo de corriente eléctrica en un cable, el intervalo de rpms a obtener es de 0 a 6000, con una resolución de 100 rpms. Para determinar la *posición del pedal del acelerador* se requiere un dispositivo que permita obtener la variación angular que presenta el mecanismo que soporta a dicho pedal. Para determinar la *temperatura del aceite*

del motor se requiere de un sensor que obtenga temperaturas entre 0 y 120 °C, con una resolución de 1 °C. Para determinar la **temperatura ambiente** se requiere un sensor que obtenga temperaturas entre 0 y 50 °C, con una resolución de 1 °C. Para determinar la **humedad relativa** se requiere un sensor que obtenga información entre 10 y 90 % HR. Por último los canales que podrán ser utilizados para medir temperaturas requieren de un transductor capaz de obtener temperaturas entre 0 y 1250 °C, con una resolución de 1 °C. A continuación se presentan los sensores utilizados para adquirir las variables antes descritas.

Para determinar la **velocidad del vehículo** se utilizó un sensor de efecto *Hall*, marca *Panasonic* (DN6848-ND). El sensor *Hall* entrega un nivel de voltaje lógico en presencia de un campo magnético, por lo que podemos considerarlo como un interruptor electrónico.

Dicho sensor se coloca en una parte fija próxima al tambor que soporta el neumático trasero derecho, el tambor gira junto con el neumático, en este elemento se colocan los imanes que proporcionarán el campo magnético que excitara al sensor, al estar el vehículo en movimiento provocará que el imán gire y el sensor *Hall* lo detectará al pasar cerca de él. Con base en esto se obtiene la frecuencia a la cual gira la rueda y a partir de ésta, y conociendo el radio del neumático, se obtiene la velocidad angular y por consecuencia la velocidad lineal.

Para determinar la **posición del pedal del acelerador** se utilizó un potenciómetro, que es un dispositivo electrónico que varía su resistencia eléctrica al variar la caña acoplada al mismo. Esta a su vez se acopló al pedal del acelerador mediante un buje que presenta un movimiento angular, al pisar el pedal del acelerador varía la resistencia del potenciómetro, que al estar polarizado con un voltaje fijo, entregará como señal de salida un nivel de voltaje diferente para cada posición del pedal.

Para determinar las **revoluciones del motor** se utilizó un **gancho inductivo para medir rpm's**. El gancho inductivo es un circuito magnético que, al estar en presencia de un flujo de corriente eléctrica, nos entrega una fuerza electromotriz inducida (*fem*). Para obtener dicha fuerza se coloca el gancho inductivo en uno de los cables de las bujías del motor, cada vez que la bujía demande una corriente para proporcionar la energía requerida para la combustión, el gancho inductivo detectará el flujo de corriente y tendremos como respuesta un nivel de voltaje, dicho nivel de voltaje será alto en presencia de corriente eléctrica y un nivel de voltaje bajo en ausencia de corriente eléctrica, por lo que el gancho entrega como señal de salida una serie de pulsos, con niveles de voltaje 0 V y 15 V.

Para medir **la temperatura ambiente y la temperatura del aceite del motor** se utilizaron sensores de circuito integrado, estos sensores entregan un nivel de voltaje de corriente directa para una temperatura dada. Para realizar la medición de la temperatura ambiente se utilizó el circuito integrado LM35, el cual proporciona una señal de 10 mV/°C. Para medir la temperatura del aceite del motor se utilizó el circuito integrado LM135, el cual entrega una señal de 10 mV/K. La diferencia entre ambos sensores es la temperatura máxima que pueden obtener, para el caso del LM35 es de 100 °C y para el LM135 es de 150 °C, la temperatura esperada para el aceite del motor es mayor a 100 °C por lo que se utilizó el LM135. Este tipo de sensores presentan un comportamiento lineal, por lo que podemos inferir el nivel de voltaje que corresponde a cada valor de temperatura.

Para determinar la *humedad relativa* se utilizó un sensor de humedad capacitivo, al aumentar la humedad relativa la capacitancia del sensor aumenta, el comportamiento de este sensor es no lineal, por lo que se utilizó un método numérico (método de *Lagrange* para interpolación) para determinar la ecuación que describe el comportamiento de dicho sensor.

Los sensores utilizados para medir temperatura en un rango más amplio, son los llamados “*termopares*”. Los termopares permiten medir altos niveles de temperatura, por ejemplo el termopar tipo *J* permite medir temperaturas desde cero hasta $750\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el tipo *K* desde -50 hasta $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.3. MÓDULO ACONDICIONADOR DE SEÑALES

El módulo acondicionador de señales tiene la función de amplificar, linealizar, limitar, y eliminar el posible ruido eléctrico o armónicos de todas las señales provenientes del grupo de sensores que obtienen los parámetros antes descritos, todo esto con el fin de tener señales que puedan ser interpretadas por el módulo de adquisición de datos.

El módulo de acondicionamiento de señales se compone básicamente de circuitos analógicos (amplificadores operacionales, temporizadores monoestables, reguladores de voltajes, transistores y convertidores de voltaje a frecuencia), resistores y capacitores.

2.4. MÓDULO DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El módulo de adquisición de datos se encarga de la operación de toma de datos, lectura del convertidor analógico-digital de 12 bits (Tarjeta de expansión *PLCBus*), comunicación con la estación de análisis de datos (comunicación del módulo de adquisición de datos con una computadora personal para el procesamiento de la información, vía puerto serial) y manejo de memoria (*RAM* de 512 *Kbytes* con batería de respaldo). Todo esto se realiza a través de un microcontrolador denominado *Little-G*, que soporta un programa autoejecutable. La tarjeta *Little-G* y el convertidor analógico-digital pertenecen a la familia *Z-World*.

Tarjeta *Little -G*

La *Little-G* es un controlador compacto y de bajo costo utilizado en aplicaciones de control industrial y en adquisición de datos. Las dimensiones de la tarjeta *Little-G* son 115 X 106 mm y sus características técnicas son las siguientes:

- ◆ 12 entradas digitales.
- ◆ 14 salidas digitales.
- ◆ Comunicación serial *RS232* y *RS485*.
- ◆ Reloj de 9.216 *MHz*.
- ◆ Puerto para la expansión del sistema *PLCBus*.

En la Figura 2.2 se muestra la forma y la disposición de los elementos que conforman a la tarjeta *Little-G*.

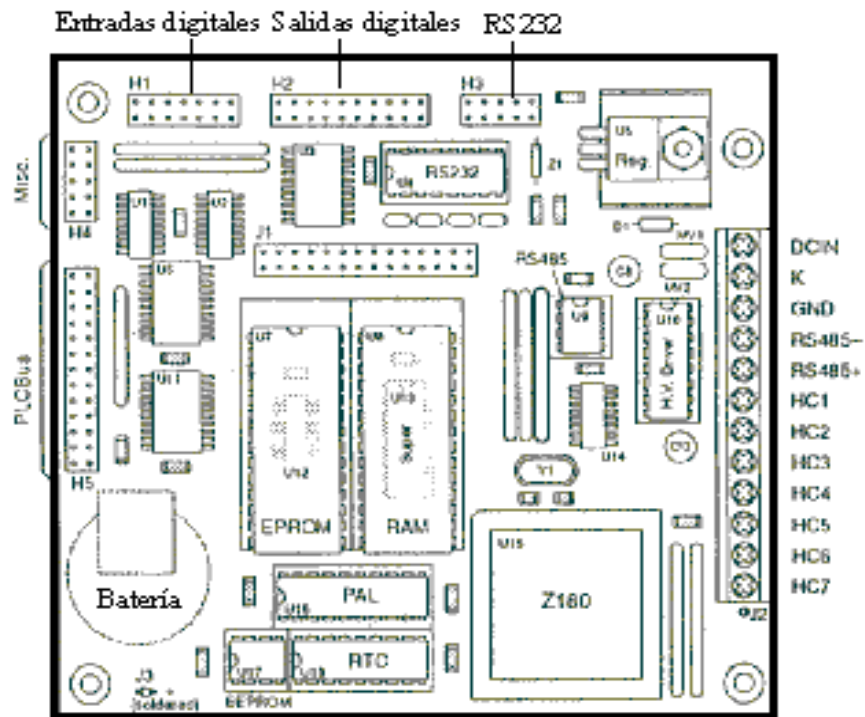


Figura 2.2.

A continuación se exponen las características más importantes de la tarjeta *Little-G*. La tarjeta incluye batería de respaldo para memoria RAM (de 512 K bytes), batería de respaldo para reloj de tiempo real (*EPSON 72421* con funciones de fecha y hora), *EPROM* (de 256 K bytes), contadores programables, *EEPROM* (512 bytes estándar), contador de seguridad (*Watchdog*) e interruptor de falla de energía eléctrica.

La potencia máxima de disipación a 50°C es de 5 W con un disipador estándar y 3 W con un disipador pequeño. La máxima temperatura de operación es de 70°C .

Con la comunicación serial *RS485* pueden ser construidas redes de controladores con comunicación hasta por tres kilómetros. Antes de comenzar a desarrollar programas, la *Little-G* debe ser conectada al puerto serial de una computadora personal. La comunicación serial para programar la tarjeta se desarrolla a 19200 *bauds* o como máximo 57600 *bauds*, cuando el programa se encuentra bajo desarrollo, el controlador permanece conectado a la *PC*. Una vez que el programa de desarrollo ha sido concluido, éste puede ser alojado en memoria *RAM* (con batería de respaldo) o en memoria *ROM*, en este caso el programa es almacenado en una memoria *EPROM*, la cual es escrita en un programador de memorias, esta memoria sustituye a la memoria *ROM* que viene de fabrica en el controlador *Little-G*.

Antes de alimentar la tarjeta *Little-G* se debe consultar la configuración del *jumper* (J1), ya que existen tres modos de operación, los cuales se enumeran a continuación:

1. Correr el programa contenido en la memoria *EPROM*, si el programa desarrollado ha sido escrito en una memoria *EPROM* y esta memoria ha sustituido a la memoria *EPROM* proveniente de fábrica.
2. Correr el programa almacenado en memoria *RAM* con batería de respaldo.
3. Iniciar un nuevo programa de desarrollo bajo el ambiente de programación (*Dynamic C*).

Conectando las terminales 1-2 y 3-4 del *jumper J1* se selecciona el modo de operación. Si hay un programa en memoria *EPROM* el programa comenzará a correr sin importar la configuración de las terminales. En la Tabla 2.1 se presenta la configuración de las terminales para los diferentes modos de operación.

Terminales 1-2	Terminales 3-4	Significado
Sin conexión	Sin conexión	Correr en <i>RAM</i> .
Conectado	Sin conexión	Programar a 9600 <i>bauds</i> .
Sin Conexión	Conectado	Programar a la velocidad almacenada en memoria <i>EEPROM</i> .
Conectado	Conectado	Programar a 19200 <i>bauds</i> .

Tabla 2.1.

En la Figura 2.3. se presenta la disposición del *jumper J1*.

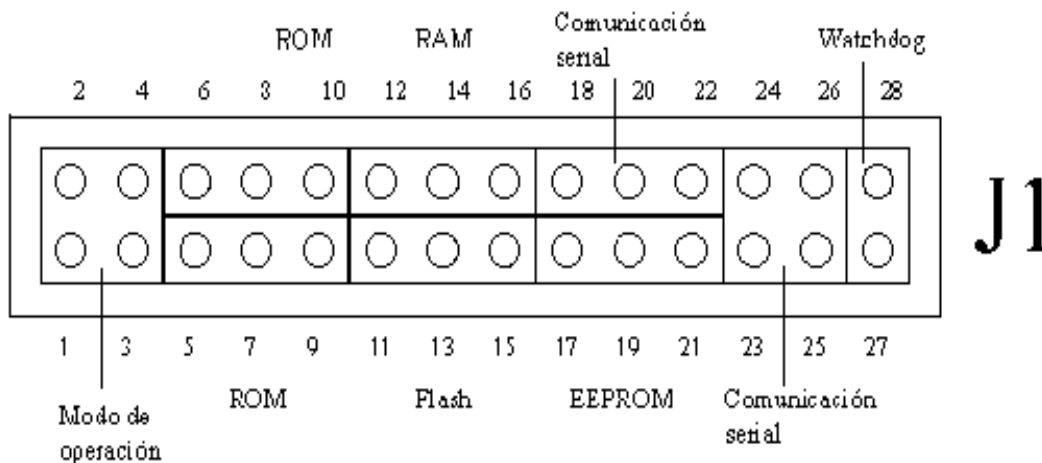


Figura 2.3

La tarjeta cuenta con dos bases para circuitos integrados de 32 terminales, en ellas se pueden instalar memorias *SRAM* y *EPROM* de 32K o 512K y *flash EPROM* de 64K o 256K, estos pueden tener 28 o 32 pines. La localización de la terminal 1 es relativa y depende del tamaño de la memoria.

Ajustando las terminales 5 – 16 del *jumper J1* se fija el tamaño de la memoria. En la Figura 2.4 se presentan las bases porta circuitos y la configuración de las terminales del *jumper J1* para el tipo de memoria y el tamaño de la misma.

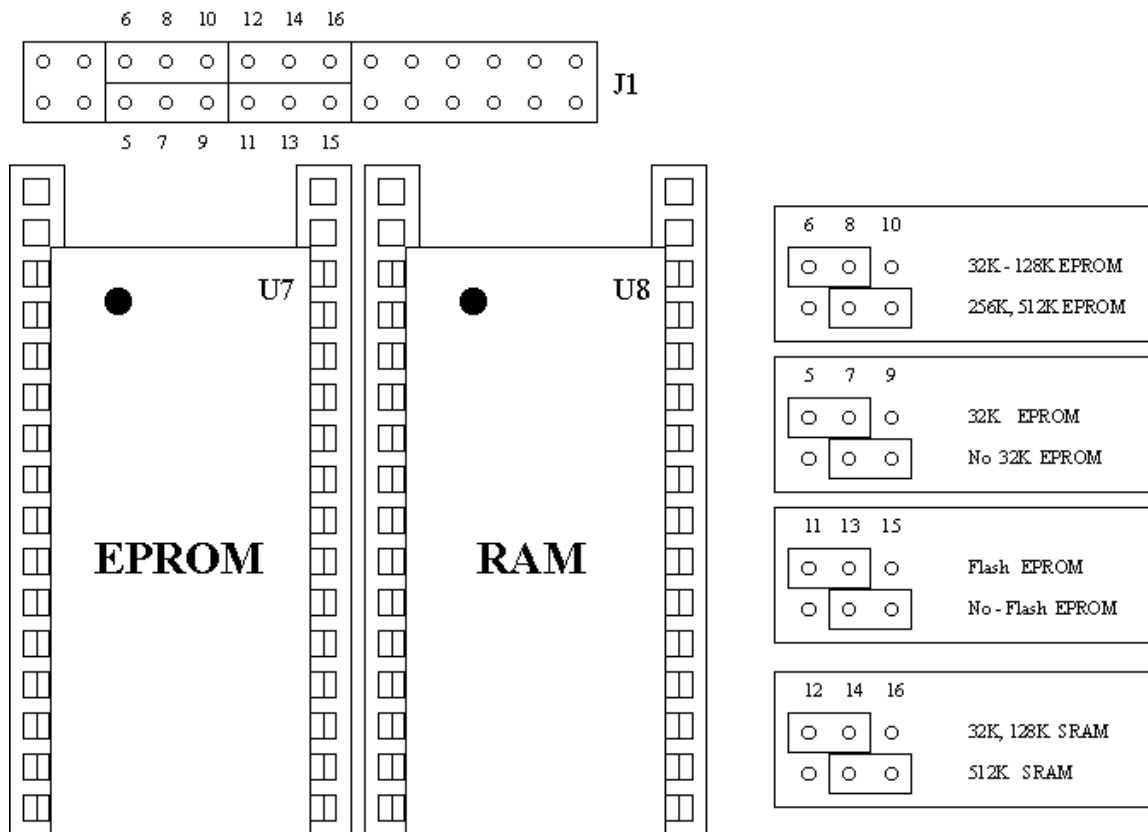


Figura 2.4.

La *Little-G* soporta entradas y salidas digitales, comunicación serial, y salidas digitales de alta corriente, esto a través de seis conectores, los cuales se describen a continuación, ver Figura 2.5.

- H1* 12 entradas digitales
- H2* 14 salidas digitales
- H3* Comunicación *RS232*
- H4* Conector de señales varias
- H5* Puerto de expansión *PLC Bus*
- J2* Alimentación, *RS485*, y siete salidas digitales de alta corriente (*HCI-HC7*)

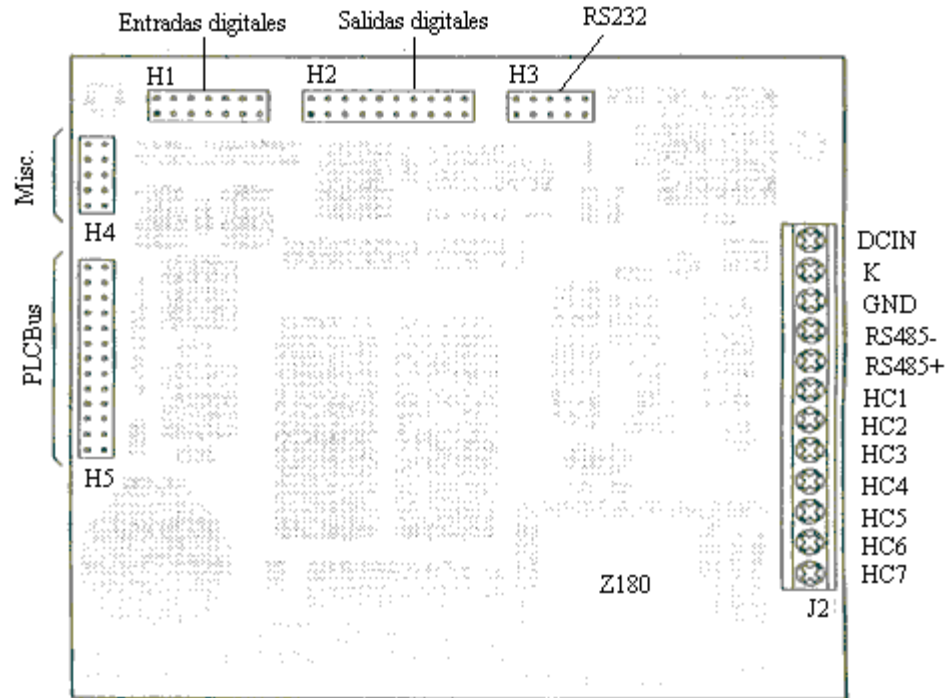


Figura 2.5.

El conector *H1* proporciona 12 entradas digitales, *IN00-IN11*. En la Figura 2.6 se presenta la disposición de las entradas digitales en el conector *H1*.

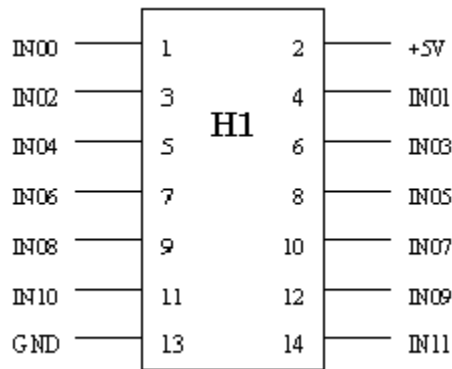


Figura 2.6.

Las 12 entradas digitales, *IN00-IN11*, aceptan niveles *CMOS* (aproximadamente 2.5 V). Cada línea de entrada tiene una resistencia de *pull-up* de 4.7 $K\Omega$.

El conector *H2* proporciona dos grupos de salidas digitales, *OUT1-OUT6* y *OUTB1-OUTB8*, además de una salida *EN485* para transmisión, esta terminal puede usarse como otra salida digital si no se usa para transmisión (salida *OUT7*). Las salidas *OUT1-OUT7*, alimenta al circuito que maneja las salidas de alta corriente, el cual genera las salidas *HC1-HC7*. Las salidas de alta corriente se localizan en el conector *J2*. La línea *SCL* puede ser usada como octava salida si no se tiene memoria *EEPROM* en la tarjeta, no importa si se están manejando salidas de alta corriente. En la Figura 2.7 se muestra la disposición de las salidas digitales en el conector *H2*.

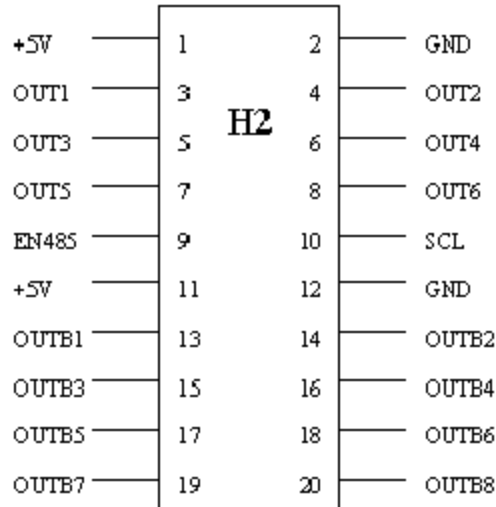


Figura 2.7

Hay dos grupos de líneas de salida:

OUTB1-OUTB8 8-bits, salida paralela.
OUT1-OUT6, EN485 y SCL. 8 líneas de selección individual.

El conector *H3* contiene las terminales del puerto de comunicación serial *RS232*, de cinco o tres alambres, dependiendo de la configuración de las terminales 18, 20, 22 y 23-26 del conector *J1*. En la Figura 2.8 se presenta la disposición del conector *H3*.

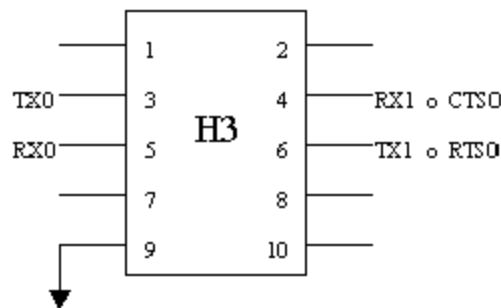


Figura 2.8.

Los dos puertos seriales soportan la comunicación asíncrona a velocidades que van desde 300 hasta 57600 *bauds* (un *baud* es un bit por segundo). Los controladores pueden ser configurados de la siguiente manera: dos puertos *RS232* de tres alambres o un puerto *RS232* de cinco alambres (con *RTS* y *CTS*) y un puerto *Half-duplex RS485*.

El conector H3 soporta comunicación *full-duplex RS232*. Las líneas *RS485* proporcionan comunicación asíncrona *half-duplex* a través de un par trenzado hasta por tres kilómetros. En la Figura 2.9 se presenta la configuración de los dos canales de tres alambres *RS232* (TX0, RX0 y GND forman un canal de tres alambres, el segundo lo forman TX1, RX1 y GND)

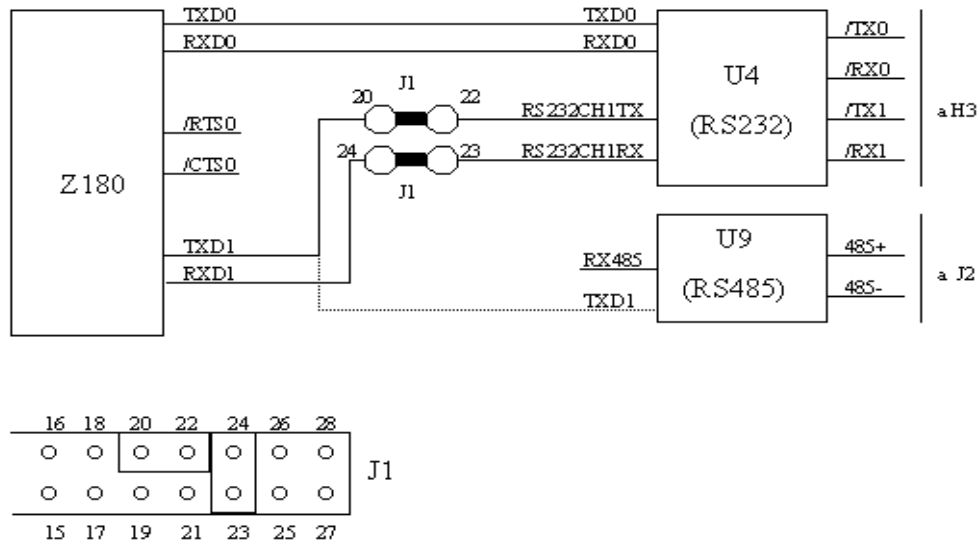


Figura 2.9.

En la Figura 2.10 se ilustra la configuración de un canal con cinco alambres *full-duplex RS232* y un canal *half-duplex RS485*.

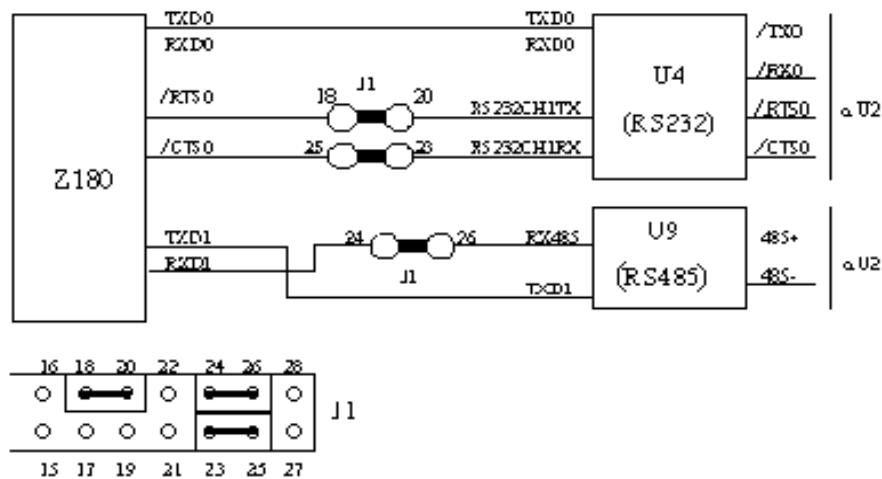


Figura 2.10.

El conector *H4* proporciona tres líneas de usuario, dos líneas de requerimiento *DMA*, y tres señales varias (*E*, *RESET*, *INT2*). En la Figura 2.11 se presenta la disposición de las líneas de este conector.

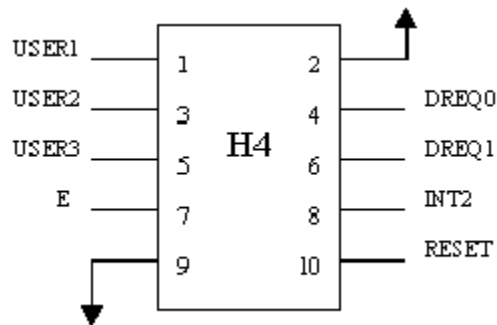


Figura 2.11.

Las líneas *USER1-USER3* permiten leer y escribir en cualquiera de los 48 registros del sistema, solamente una de estas líneas puede ser válida a la vez. Las líneas *DREQ0* y *DREQ1* (*contadores rápidos*), son líneas de requerimiento para los canales cero y uno del microcontrolador Z180. La terminal *INT2* es una línea de interrupción disponible. La línea *RESET* permite inicializar (restablecer) el sistema completo, se puede conectar un interruptor electrónico externo entre la terminal 10 y la referencia (tierra) del sistema, para tener un botón de inicialización.

El conector *H5* aloja al puerto de expansión para el manejo de tarjetas con protocolo *PLCBus* (la descripción del *PLCBus* se hará posteriormente).

En el bloque de terminales de tornillo (*J2*) se conecta la alimentación para la tarjeta (*DCIN* y *GND*). Este bloque de terminales contiene además las salidas para la comunicación *RS485* y las siete salidas de alta corriente (*HC1-HC7*). En la Figura 2.12 se presenta la disposición de este conector.

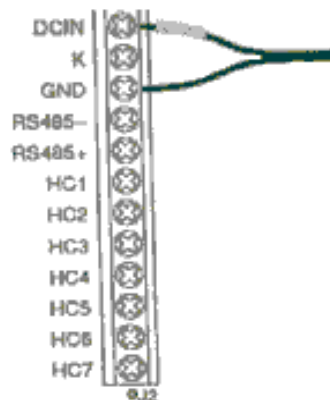


Figura 2.12.

En la Figura 2.13 se presenta el diagrama a bloques de la tarjeta *Little-G*.

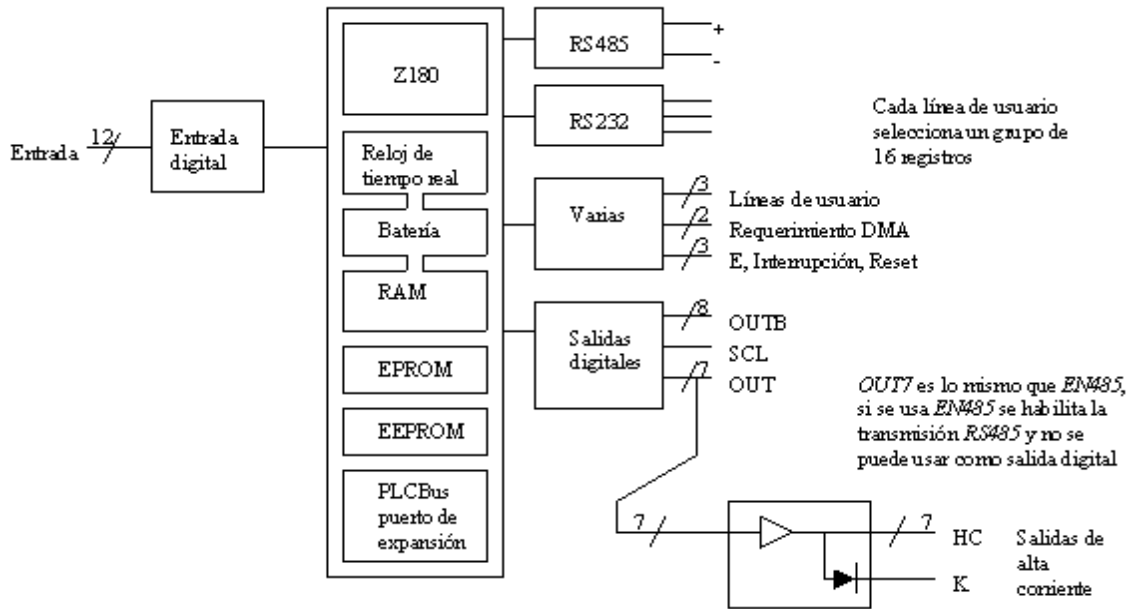


Figura 2.13.

Tarjeta de conversión analógica-digital

La tarjeta de expansión de conversión analógica digital (CAD) de 12 bits, con protocolo *PLC Bus*, y ganancia programable, se utiliza en conjunto con el controlador miniatura *Little-G*, conectándola directamente al puerto de expansión *PLC Bus*. En la Figura 2.14 se presenta la disposición de la tarjeta de expansión CAD.

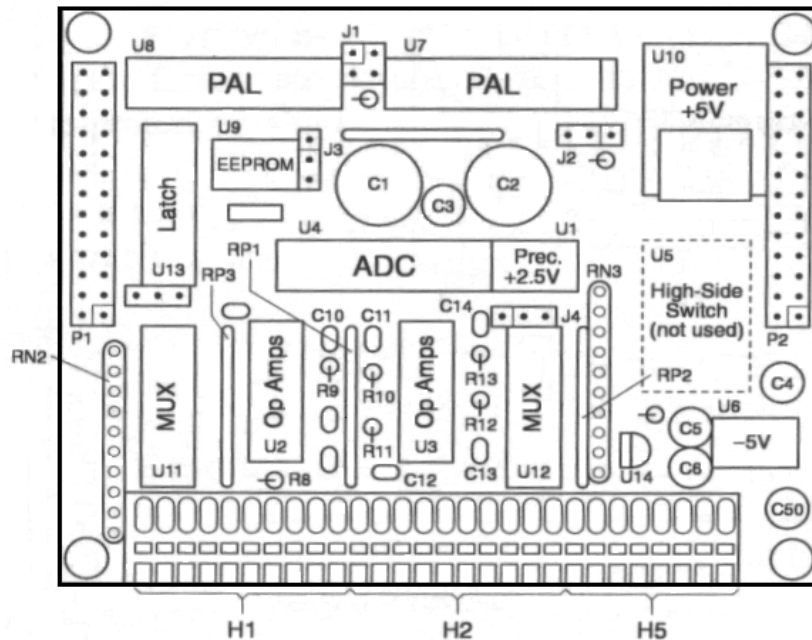


Figura 2.14.

La tarjeta de expansión (*EXP-A/D-12*) tiene 8 canales de entrada analógicas; ésta puede leer 8 señales diferenciales (bipolares), ó 16 señales unipolares; los primeros cuatro canales tienen ganancia unitaria, y pueden ser seleccionadas ganancias de 2,6,22,42,102 y 202 así como ganancia unitaria en los últimos cuatro canales mediante software.

La *EXP-A/D-12* viene calibrada de fábrica, la compensación para todos los canales se encuentra almacenada en una memoria *EEPROM*, *U9*. Esta memoria puede ser leída y escrita mediante un programa de aplicación. Otros circuitos son: el *U10* que proporciona +5V a 1 A, el circuito integrado *U6* y *U14* proporcionan un voltaje de polarización negativa, regulado a -5V a 50 mA, el circuito *U1* proporciona una referencia de voltaje de 2.5 V a 10 mA.

Las señales analógicas entran a la *EXP-A/D-12*, a través de los conectores H1 y H2, el conector H5 proporciona alimentación para los sensores que lo requieran. En la Figura 2.15 se presenta la disposición de estos conectores.

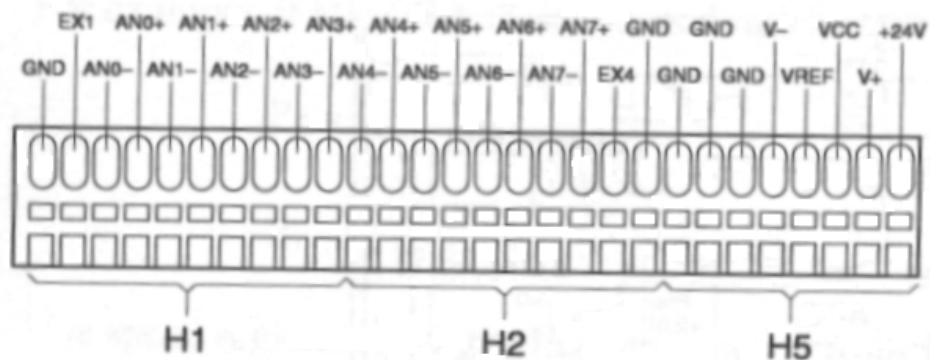


Figura 2.15.

La *EXP-A/D-12* tiene ocho entradas (*ANX+* y *ANX-*), las cuales son conectadas al circuito integrado *U4* (*ADC*) a través de dos multiplexores analógicos (*MUX*) y siete amplificadores diferenciales (*Op Amps*). Ganancias de 2, 6, 22, 42, 102 y 202X, además de la ganancia unitaria, pueden ser seleccionadas mediante software. En la figura 2.16 se muestra el diagrama a bloques del circuito analógico de la *EXP-A/D-12*.

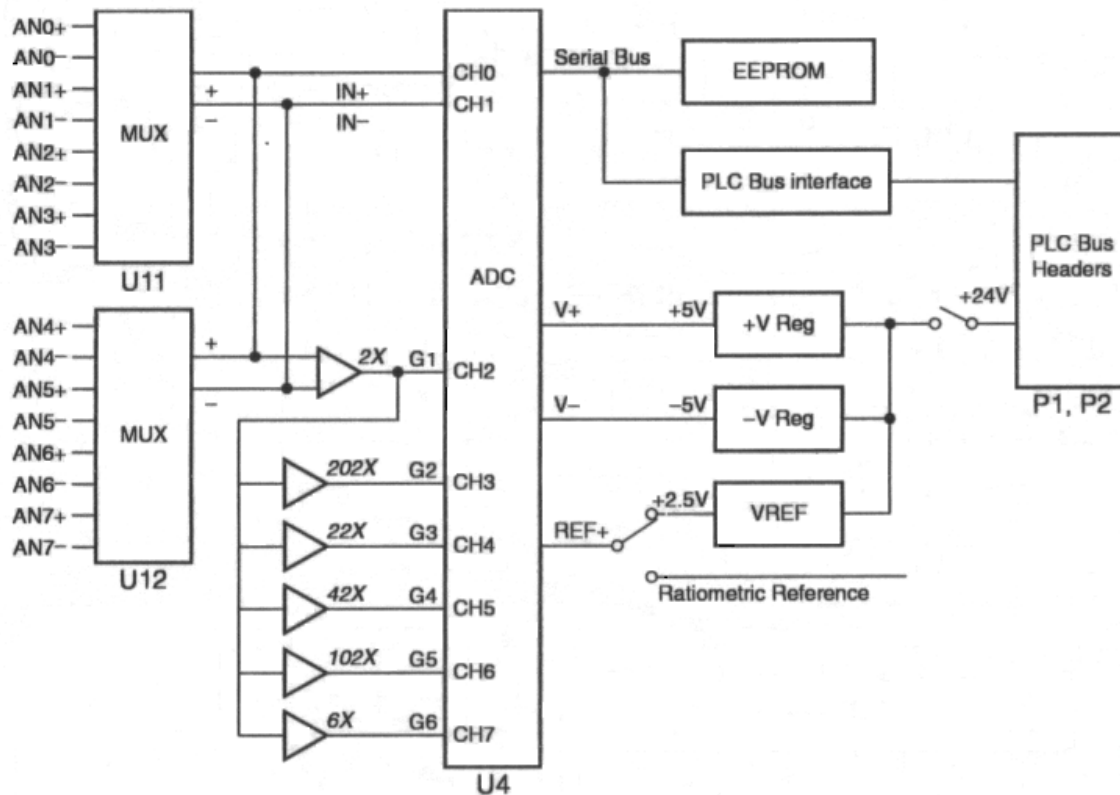


Figura 2.16.

El multiplexor lo integran dos circuitos integrados *DG509A* (*U11* y *U12*). Solamente uno de ellos puede ser seleccionado a la vez. Las líneas de salida del multiplexor (*IN+* e *IN-*) se conectan directamente al ADC (convertidor analógico/digital) entradas *CH0* y *CH1* para una ganancia unitaria. Si alguna ganancia es seleccionada por *software*, la señal pasa por los amplificadores diferenciales.

El convertidor analógico digital de 12 bits (*LTC1294*) puede ser programado para convertir señales unipolares o bipolares, el intervalo de valores para los dos modos de conversión se presenta en la Tabla 2.2.

Modo	Rango de entrada (V)	Rango de salida (bits)
Bipolar	- 2.5 V a + 2.5 V	- 2048 a + 2047
Unipolar	0 a + 2.5 V	0 a 4095

Tabla 2.2.

A continuación se enumeran los pasos a seguir para utilizar el convertidor analógico digital (*EXP-A/D-12*).

1. Enviar el comando para reinicializar el convertidor analógico digital.
2. Colocar la dirección de la *EXP-A/D-12* en el *PLCBus*.
3. Leer uno de los canales de entrada seleccionado por el multiplexor.
4. Calcular el valor real de la variable leída (temperatura, desplazamiento, etc.).
5. Continuar con la siguiente línea del programa.

Cuando se está leyendo la *EXP-A/D-12*, se especifica la ganancia y polaridad (unipolar o bipolar) deseada, utilizando uno de los 18 modos de selección particular. Una vez que el canal seleccionado del *ADC* ha sido leído, se tiene el resultado de la conversión después de 165 μ s. En la Tabla 2.3 se presentan los 18 modos de selección.

Modo	Ganancia	Lectura del A/D
0	1X	ANX+ sin amplificar, modo bipolar.
1	1X	ANX- sin amplificar, modo bipolar.
2	2X	Diferencia entre ANX+ y ANX-, bipolar.
3	202X	Diferencia entre ANX+ y ANX-, bipolar.
4	22X	Diferencia entre ANX+ y ANX-, bipolar.
5	42X	Diferencia entre ANX+ y ANX-, bipolar.
6	102X	Diferencia entre ANX+ y ANX-, bipolar.
7	6X	Diferencia entre ANX+ y ANX-, bipolar.
8	1X	ANX+ sin amplificar, modo unipolar.
9	1X	ANX- sin amplificar, modo unipolar.
10	2X	Diferencia entre ANX+ y ANX-, unipolar.
11	202X	Diferencia entre ANX+ y ANX-, unipolar.
12	22X	Diferencia entre ANX+ y ANX-, unipolar.
13	42X	Diferencia entre ANX+ y ANX-, unipolar.
14	102X	Diferencia entre ANX+ y ANX-, unipolar.
15	6X	Diferencia entre ANX+ y ANX-, unipolar.
16	1X	Diferencia entre IN+ e IN-, bipolar.
17	1X	Diferencia entre IN+ e IN-, unipolar.

Tabla 2.3.

Cuando se manejan señales diferenciales se conecta el sensor entre las terminales *ANX+* y *ANX-*. Cuando se manejan señales sencillas (A/D modos 2-7 y 10-17), se conecta el voltaje origen en la terminal *ANX+* y la referencia *ANX-* a tierra (*GND*). Cuando se leen señales sencillas (A/D modos 0, 1, 8, o 9), la referencia a tierra no es necesaria, basta con conectar el voltaje origen a la terminal deseada (*ANX+* y *ANX-*).

2.5. ESTACIÓN DE ANÁLISIS DE DATOS

La estación de análisis de datos es una computadora personal que contiene un programa de comunicación vía puerto serial con el módulo de adquisición desarrollado en *Visual Basic*, el programa permite bajar la información almacenada en la memoria del módulo de adquisición, dicho programa guarda los datos en un archivo tipo texto y nos da la opción de ver los datos en una hoja de cálculo para la interpretación de los mismos.

Una vez que se han descrito las características principales del sistema, en el siguiente capítulo se presentará el diseño del hardware en el cual se describen los sensores utilizados para la adquisición de las once variables mencionadas en este apartado, así como el acondicionamiento realizado para cada sensor.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL HARDWARE

En este capítulo se exponen las principales características de los sensores utilizados para la adquisición de las once variables descritas en el capítulo anterior, así como el acondicionamiento de las señales de cada uno de ellos.

3.1. MÓDULO DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Como se mencionó en el capítulo anterior el módulo de adquisición de datos está compuesto por las tarjetas *Little-G* y el convertidor analógico digital (*PLCBus*), de la familia de microcontroladores *Z-World*.

Los sensores que permiten obtener las variables velocidad del vehículo y revoluciones del motor, nos entregan como señal de salida una serie de pulsos (frecuencia), que tienen relación directa con las variables a medir. La tarjeta *Little-G* cuenta con un conector (*H4*), el cual tiene dos líneas de requerimiento *DMA* (acceso directo a memoria, contadores rápidos), los dos canales *DMA* son usados como contadores de alta velocidad, como máximo pueden leer señales de 500 *kHz*, con niveles *TTL* de voltaje. Por medio de software se puede obtener la frecuencia de la señal que se introduzca por los canales *DMA*. Aprovechando esta propiedad, se pueden acondicionar las señales de los sensores de velocidad del vehículo y revoluciones del motor (*rpms*) para que entreguen señales con niveles *TTL* de voltaje para que puedan ser leídas por los canales *DMA*, y de esta forma obtener la frecuencia de dichas señales, para que mediante software se determine su valor real en *km/h* y *rev/min*, respectivamente.

El resto de los sensores entregan como señal de salida niveles de voltaje de corriente directa, por lo que cada etapa de acondicionamiento debe adecuar las señales de los sensores a voltajes de -2.5 V a 2.5 V , que son los niveles que pueden ser leídos por el convertidor analógico digital (tarjeta *PLCBus*), en el modo bipolar.

3.2. VELOCIDAD DEL VEHÍCULO

Existe en el mercado una gran variedad de dispositivos para determinar la velocidad del vehículo, los que basan su funcionamiento en fenómenos ópticos y los que se rigen bajo fenómenos magnéticos, entre los primeros podemos mencionar a los optoacopladores, entre los magnéticos, podemos mencionar al sensor de efecto *Hall* y un dispositivo denominado “*Reed Switch*”. La mayoría de los fabricantes de vehículos automotores determinan la velocidad del vehículo mediante un sensor de efecto *Hall* colocado en la caja de velocidades del mismo, otros aprovechan el movimiento que presentan las llantas (Volks Wagen Sedan). En nuestro caso podremos aprovechar este movimiento para determinar la velocidad del vehículo, colocando el sensor en una parte fija próxima al tambor que soporta a la llanta del vehículo. Primeramente determinaremos la frecuencia a la cual gira la llanta y a partir de este dato determinar la velocidad lineal. Cabe comentar que la parte en donde se debe colocar el sensor presenta problemas de suciedad (polvo, lodo, etc.), por lo que la utilización de un sensor óptico se descarta, debido a que la superficie próxima al sensor no debe presentar problemas de suciedad, ya que la señal que envían estos dispositivos se perdería al no tener una superficie reflejante. Al dispositivo que opera bajo un principio magnético no le afecta este problema ya que las líneas de campo pueden atravesar la suciedad acumulada en este lugar.

El dispositivo utilizado para determinar la velocidad del vehículo, es el sensor de efecto *Hall* marca *Panasonic (DN6848-ND)*. El sensor *Hall Panasonic* es la combinación de un elemento *Hall*, amplificador, circuito *Schmidt*, fuente de alimentación estabilizada (compensador integrado contra temperatura), todo esto colocado en un mismo encapsulado, con tecnología de circuito integrado (CI). El amplificador convierte la señal de salida del elemento *Hall*, en una señal digital, a través del circuito *Schmidt* y controles *TTL* o *MOS IC*. A continuación se presentan las características del sensor de efecto *Hall*.

- ◆ Características estables de temperatura, esto debido al circuito compensador de temperatura integrado.
- ◆ Salida con niveles *TTL* o *MOS IC*.
- ◆ Vida de uso semipermanente, si no se tiene contacto con los componentes.
- ◆ Tipo de salida, colector abierto (*OC*), resistencia recomendada $27\text{ k}\Omega$.
- ◆ Temperatura de operación, $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- ◆ Máxima corriente de alimentación, 6 mA .
- ◆ Máxima corriente de salida, 20 mA .
- ◆ Rango de voltaje de alimentación, 4.5 V a 16 V .
- ◆ Densidad de flujo de operación, de bajo a alto (L-H) 5 G ($5 \times 10^{-4}\text{ T}$), de alto a bajo (H-L) 220 G ($220 \times 10^{-4}\text{ T}$).

- ◆ Tipo de operación, unidireccional (se refiere a que el sensor es sensible sólo a un norte, o a un sur magnético).

Las aplicaciones donde encontramos al sensor de efecto Hall son: medición de velocidad, posición, rotación, y como interruptores electrónicos. En la Figura 3.1 se presenta el diagrama de conexión recomendado por el fabricante.

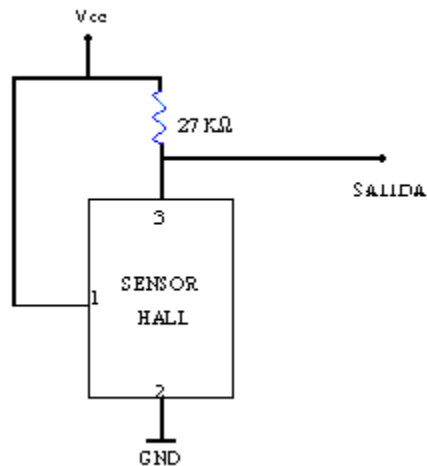


Figura 3.1.

El sensor Hall se alimenta con 5 V, a la salida tenemos niveles TTL de voltaje, en presencia de campo magnético encontramos 0 V y en ausencia de campo magnético 5V.

Diseño del circuito de acondicionamiento para la Velocidad del Vehículo

El sensor Hall se conectó en una parte fija del tambor que soporta la rueda trasera del vehículo (camioneta *Ichi-Van*, modelo 92). En el tambor se colocaron 4 imanes distribuidos equitativamente en la periferia del tambor (cada 90°), se montó el vehículo en un *dinamómetro* de chasis (propiedad del LCE), se hizo girar la rueda a diferentes velocidades y se observó la respuesta del sensor. En la Figura 3.2 se muestra una de las señales observadas.

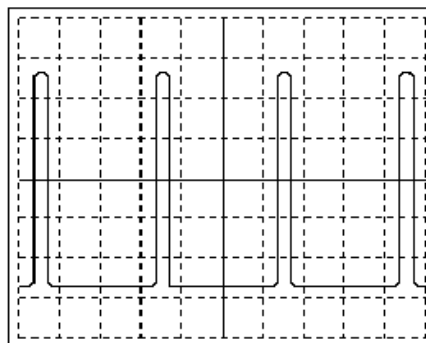


Figura 3.2

La señal que se puede observar en la figura anterior tiene un ciclo de trabajo menor al 10 %, esto podría traer problemas al leer la señal, se podrían perder pulsos, para evitar perder pulsos se deben abrir los mismos, es decir aumentar el ciclo de trabajo para que quede lo más próximo al 50 %. Los niveles de la señal son de 5V para un máximo y 0V para un mínimo.

Para evitar la interferencia o ruido eléctrico en la señal proveniente del sensor, se hace pasar ésta por un circuito comparador en malla abierta. Para que la señal pueda ser leída por los contadores rápidos (*DMA*) de la tarjeta *Little-G* debe tener niveles de voltaje de corriente directa entre 0V y 5V, por lo tanto el amplificador operacional debe polarizarse con una sola fuente (+5V) y tierra, ya que el comparador al estar en malla abierta debe saturar en 5V y en 0 V, dependiendo del punto de comparación. El amplificador operacional seleccionado es el *LM358N*, el circuito integrado (*CI*) contiene dos amplificadores operacionales en el encapsulado, es de bajo costo y fue diseñado para operar con una sola fuente, el ancho de banda dado por el fabricante es de 1 *MHz* este no representa un problema ya que las señales que se van a manejar son menores a 120 *Hz*. El punto de comparación debe ser variable, ya que no sabemos la amplitud que pudiese tener la señal no deseada, esto lo logramos polarizando un potenciómetro multivoltas con cinco volts, con el ajuste del cursor se puede lograr el punto de comparación deseado. Se va a utilizar un operacional del *CI (LM358N)* como comparador y el otro como seguidor para la señal de voltaje de comparación. Por último, sólo resta darle más tiempo al pulso para que no presente problemas al ser leído, esto se logra con un circuito temporizador monoestable (*74LS123*) que, al detectar un flanco de subida y mediante un arreglo RC se da un tiempo antes de que la señal caiga. El circuito integrado *74LS123* contiene dos temporizadores monoestables en el encapsulado. En la Figura 3.3 se presenta la tabla de función del temporizador monoestable *74LS123*.

ENTRADAS			SALIDAS	
CLEAR	A	B	Q	\bar{Q}
L	X	X	L	H
X	H	X	L	H
X	X	L	L	H
H	L	↑		
H	↓	H		
↑	L	H		

Figura 3.3.

Conectando la terminal 3 (*clear*) a *Vcc*, la terminal 1 (A) a *GND*, y la señal proveniente del comparador a la terminal 2 (B), al detectar un flanco de subida en la terminal B, a la salida tendremos un pulso en alto, cuya duración está determinada por el arreglo *RC*, externo al circuito integrado. Para determinar el valor del capacitor y la resistencia del arreglo *RC*, debemos considerar un valor máximo de velocidad, para de esta forma determinar la frecuencia máxima esperada y con esto obtener la constante de tiempo máximo que puede darse con el arreglo *RC*.

Sabemos que $V = \omega r$, donde V es la velocidad lineal, r el radio de la llanta, y ω la velocidad angular, además sabemos que $\omega = 2 \pi f$, donde f es la frecuencia y lo describe la siguiente ecuación; $f = f_0/n$, donde f_0 es la frecuencia de la señal entregada por el sensor y n es el número de imanes, por lo que podemos escribir la ecuación (3.1).

$$V = \frac{2 \times \pi \times f_0 \times r}{n} \quad (3.1)$$

Al medir el radio de la llanta del vehículo instrumentado, se obtuvo $r = 0.32$ m, el número de imanes que se colocaron en el vehículo fueron cuatro, por lo que sustituyendo estos valores en la ecuación (3.1) encontramos lo siguiente:

$$V = 0.50265 f_0 \text{ [m/s]} \quad (3.2)$$

Pasando la ecuación (3.2) a kilómetros por hora tenemos:

$$V = 1.809 f_0 \text{ [km/h]} \quad (3.3)$$

La ecuación (3.3) relaciona la velocidad lineal a partir de la frecuencia de la señal proveniente del sensor. Suponiendo la velocidad máxima en 200 km/h , podemos determinar la frecuencia máxima esperada, despejando f_0 de la ecuación 3.3 y sustituyendo el valor supuesto. Al realizar ésta operación encontramos que $f_0 = 110.55 \text{ Hz}$, sabemos que $T = 1/f_0$, donde T es el periodo, al realizar la operación encontramos $T = 9.045 \times 10^{-3} \text{ s}$, que es el tiempo máximo que podemos dar al arreglo RC del circuito monoestable, ya que de darle un tiempo mayor al calculado si sobrepasamos los 200 km/h la señal a la salida del circuito monoestable se traslaparía con la señal de entrada.

La duración del pulso de salida (t_w) es función del valor del capacitor y la resistencia externa, y está definido por la ecuación (3.4), dada por el fabricante.

$$t_w = K \times R_T \times C_{ext} \left(1 + \frac{0.7}{R_T} \right) \quad (3.4)$$

Donde R_T es el valor de la resistencia en $k\Omega$, C_{ext} el valor del capacitor externo en pF , K es una constante, que para el $74LS123$ es 0.28 y t_w es la duración del pulso en ns .

Debido a que tenemos una mayor variedad de valores de resistencias fijamos el valor del capacitor externo en $0.1 \mu F$ y tomando el tiempo máximo que puede durar el pulso, despejando R_T de la ecuación (3.4), se determina el valor de la resistencia externa. Al realizar la operación se encontró que el valor máximo que puede tomar R_T es 323035.71Ω . El valor de resistencia seleccionado fue de $150 \pm 15 k\Omega$. Por lo que con el capacitor $C = 0.1 \pm 0.001 \mu F$, encontramos una duración de pulso de: $t_w = 4.2 \pm 0.466 \text{ ms}$. La señal a la salida del circuito monoestable va a tener una duración de 4.2 ms en un estado alto, con una incertidumbre de $\pm 0.466 \text{ ms}$, que es tiempo suficiente para que pueda ser leída por la

tarjeta *Little-G*. En la Figura 3.4 se muestra el diagrama a bloques de la etapa de acondicionamiento del sensor *Hall*, y en la Figura 3.5 el diagrama eléctrico.

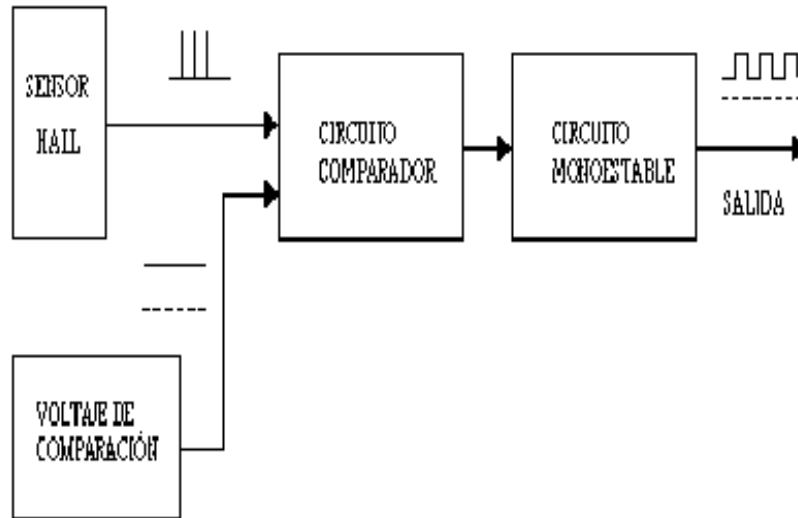


Figura 3.4.

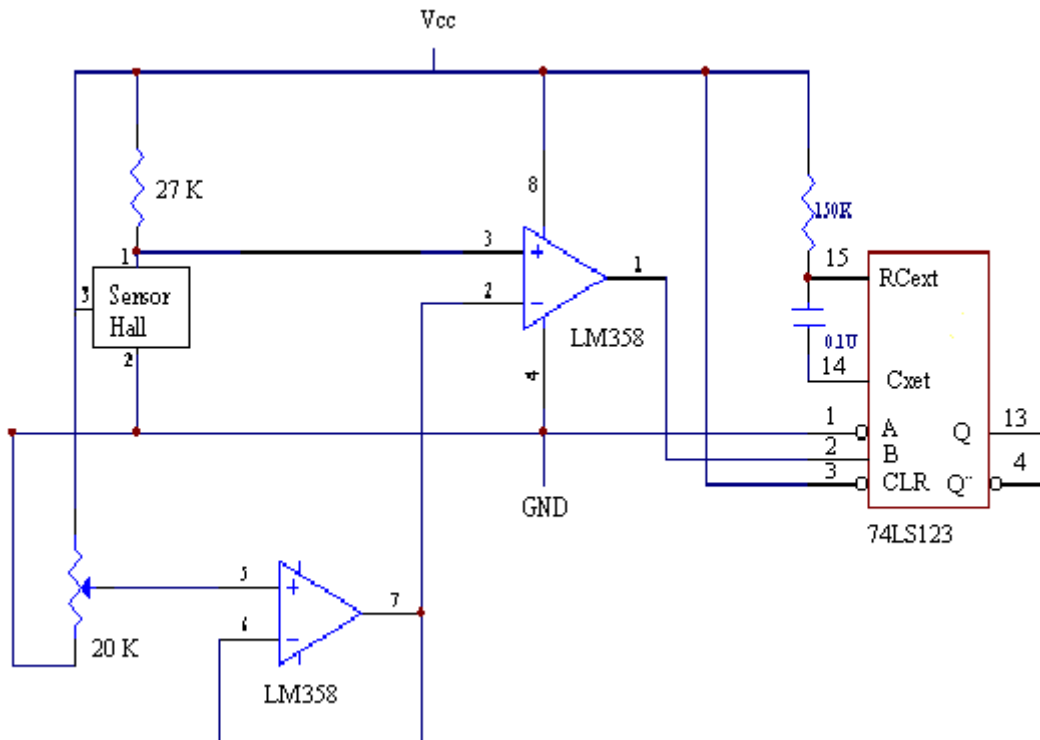


Figura 3.5.

3.3. REVOLUCIONES DEL MOTOR (rpms)

Para determinar las revoluciones del motor se utilizó un gancho inductivo (marca *FLUKE*) para medir *rpms*. Este gancho está conformado por un circuito magnético, que al circular a través de él una corriente eléctrica se genera un campo magnético, que a su vez induce una corriente al embobinado contenido en él, en las terminales de éste tendremos una fuerza electromotriz inducida (*FEM*). El gancho se coloca en uno de los cables que alimenta a las bujías del motor y cada vez que éstas requieran energía para llevar a cabo la combustión circulará una corriente a través del cable, al pasar la corriente por el gancho, en la terminal de éste tendremos una señal de voltaje. La señal de salida es una serie de pulsos, que variarán su frecuencia dependiendo de las revoluciones del motor. En la Figura 3.6 se observa la señal entregada por el gancho al estar conectado a uno de los cables de bujías de la camioneta instrumentada.

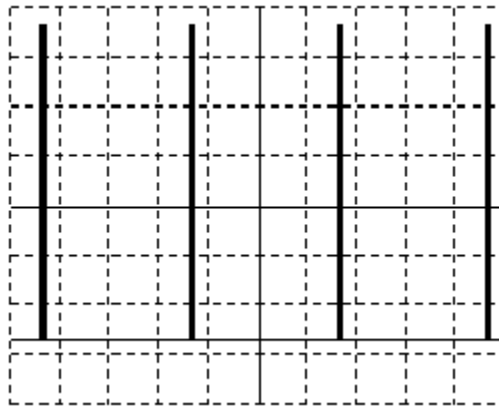


Figura 3.6.

Diseño del circuito de acondicionamiento para las rpms

La amplitud de los pulsos que entrega el gancho inductivo son del orden de 15 V, por lo que requieren acondicionamiento. Primeramente se reduce la amplitud de la señal a niveles *TTL* de voltaje, para no dañar la entrada de la tarjeta *Little-G* (contadores rápidos). Para reducir la amplitud de la señal entregada por el sensor utilizaremos un transistor en configuración inversora, el transistor seleccionados es un *NPN* (*BC547B*), el emisor se conecta a tierra y la señal entregada por el gancho es llevada a través de una resistencia a la base del transistor. De esta forma al observar la señal por el colector del transistor nos daremos cuenta que la amplitud de un nivel alto es 5V, mientras que para un bajo tendremos cero volts. Se dice que es una configuración inversora, ya que cuando se tenga un nivel alto de voltaje, en la base, habrá una corriente base a emisor, por lo que circulará una corriente por el colector, esta corriente provocará que la resistencia atrape prácticamente todo el voltaje de polarización, por lo que el voltaje de colector V_c será prácticamente cero volts, se tendrá solamente el voltaje colector emisor de saturación $V_{CES} = 0.2 V$ (para el *BC547B*). Por el contrario cuando se tiene un nivel bajo en la base del transistor, es decir cero volts, no hay una corriente *base-emisor*, por lo que tampoco se tiene

una corriente de colector, y con esto la diferencia de potencial en la resistencia es cero, el voltaje de colector en este caso es 5V. De esta forma se tiene una señal con una amplitud de 5 V e invertida 180°.

Las hojas de especificaciones del transistor BC547 indican que la corriente de colector máxima es de 50 mA y el voltaje máximo colector-emisor es de 20 V. Para que el proceso de inversión se lleve a cabo se requiere que el punto de operación cambie desde el estado de corte hasta el estado de saturación, a lo largo de la recta de carga. Para esto supondremos que $I_C = I_{CES} = 0 \text{ mA}$ cuando $I_B = 0 \text{ } \mu\text{A}$, además $V_{CE} = V_{CES} = 0 \text{ V}$ típicamente 0.1 a 0.3 V. El nivel de saturación para la corriente de colector esta dada por la ecuación (3.5).

$$I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_C} \quad (3.5)$$

Despejando R_C de la ecuación (3.5) y fijando el voltaje de polarización en 5 V y la corriente de saturación en 5 mA determinamos el valor de la resistencia de colector que es de 1000 Ω . Sabemos que $I_C = \beta I_B$ despejando I_B y sustituyendo el valor previamente fijado de I_C considerando que $\beta = 150$ encontramos que $I_B = 3.33 \times 10^{-5} \text{ A}$. A partir de este valor de corriente, y sabiendo que el voltaje máximo en la base del transistor es de 15 V, se determinó el valor de la resistencia de base que es de 450 k Ω .

Posteriormente se hace pasar la señal proveniente del circuito inversor por un circuito comparador en malla abierta, para eliminar la interferencia o ruido eléctrico que se pudiesen agregar a la señal entregada por el sensor. A la señal que entrega el circuito comparador se le da el mismo tratamiento que a la señal entregada por el sensor de efecto *Hall*, se hace pasar dicha señal por un circuito monoestable, para darle más duración al estado alto, para que de esta forma pueda ser leída por la tarjeta *Little-G*. Las revoluciones máximas promedio en un vehículo comercial es de 6000 *rpms*, sin embargo en condiciones normales de operación no se mantiene a este régimen de giro (datos obtenidos del manual de motores Ford). Fijando las revoluciones a obtener en 6000 *rpms* como máximo, y sabiendo que por cada “*chispa*” (o pulso de corriente) en una de las bujías del motor se tienen dos *rpms*, tenemos que como máximo habrá 3000 pulsos de corriente por minuto. Pasando este valor a pulsos por segundo encontramos que en cada bujía se tendrán 50 pulsos por segundo, el inverso de este valor es el tiempo máximo esperado $T = 0.02 \text{ s}$, que es el tiempo máximo que podemos darle al arreglo RC del circuito monoestable. Si se da un tiempo mayor a 0.02 s los pulsos a la salida del circuito monoestable se traslaparán. De la ecuación (3.4), fijando el valor del capacitor externo en $0.1 \pm 0.001 \text{ } \mu\text{F}$, y tomando el tiempo máximo que pueden durar los pulsos se determinará el valor de R_T (valor de la resistencia externa del arreglo RC), encontramos la ecuación (3.6) y despejando R_T de la misma encontramos lo siguiente:

$$t_w = 0.28 \times R_T \times C_{ext} \left(1 + \frac{0.7}{R_T} \right) \quad (3.6)$$

$$R_T = \frac{t_w - 0.196C_{ext}}{0.28C_{ext}}$$

$$R_T = \frac{0.02 - (0.196)(0.1 \times 10^{-6})}{(0.28)(0.1 \times 10^{-6})}$$

$$R_T = 714285.01 \text{ } [\Omega]$$

Seleccionando un valor de resistencia comercial de $560 \pm 56 \text{ k}\Omega$ y un capacitor de $0.1 \pm 0.001 \text{ }\mu\text{F}$ encontramos un tiempo de duración de pulso de 0.01568 s con una tolerancia de 0.00174 s ($0.01568 \pm 0.00174 \text{ s}$). En la Figura 3.7 se presenta el diagrama a bloques del acondicionamiento de la señal proveniente del sensor de *rpms* del motor y en la Figura 3.8 el diagrama eléctrico del circuito de acondicionamiento.

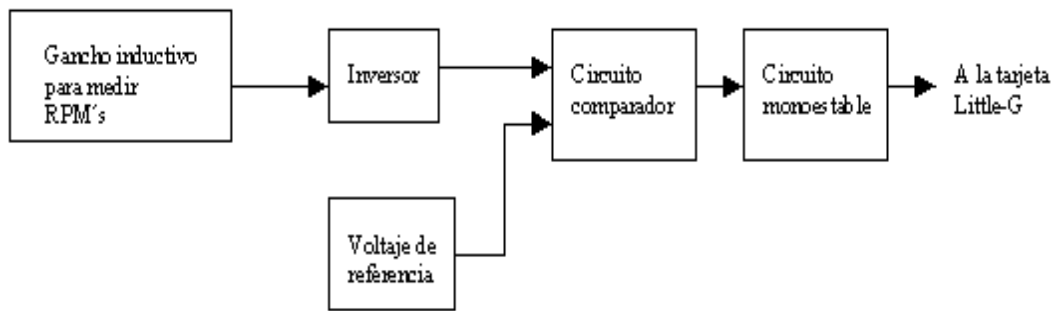


Figura 3.7.

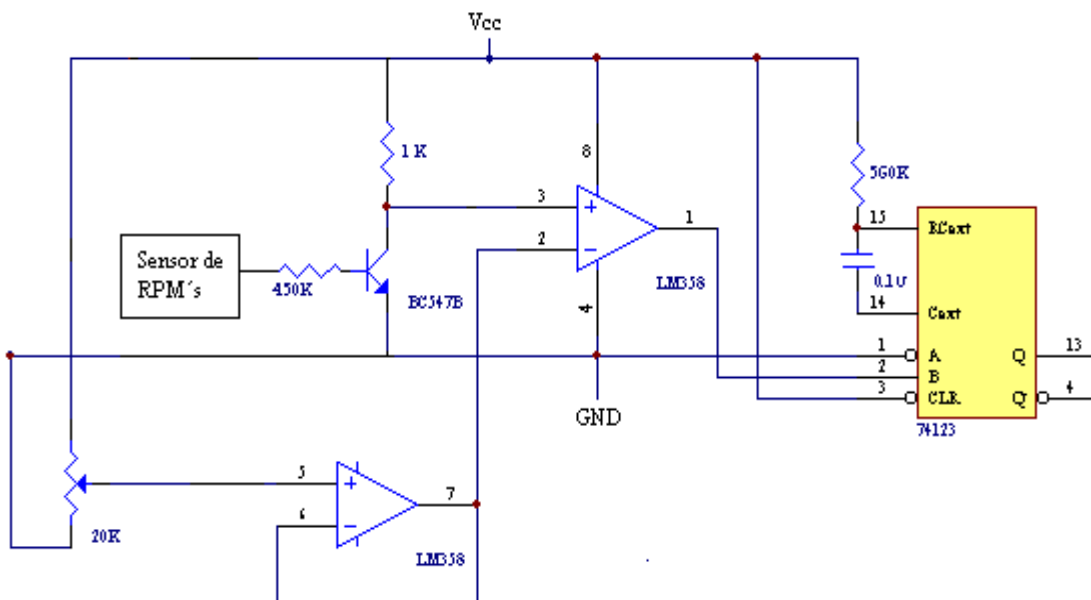


Figura 3.8.

3.4. POSICIÓN DEL PEDAL DEL ACELERADOR

La parte mecánica que soporta al pedal del acelerador tiene un mecanismo que presenta un movimiento angular. Considerando lo anterior se tomó la determinación de utilizar un potenciómetro, que es un dispositivo electrónico, al cual se le puede modificar su resistencia eléctrica al variar la posición angular de la caña acoplada a él. Al acoplar la caña al mecanismo del pedal, cada vez que se presione éste, para acelerar el vehículo la resistencia del potenciómetro variará. El dispositivo utilizado es un potenciómetro lineal de $20\text{ k}\Omega$, el cual cuenta con tres terminales, como se muestra en la Figura 3.9.

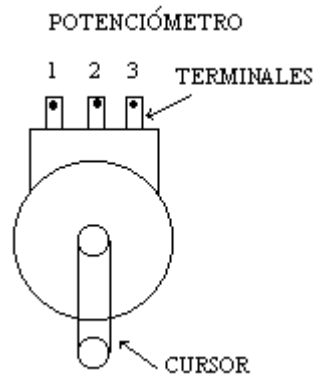


Figura 3.9.

Entre las terminales 1 y 3 se tiene el total de la resistencia (en nuestro caso $20\text{ k}\Omega$), la terminal 2 se conoce como cursor y dependiendo de la posición que éste guarde, así como del punto con el cual se mida (2 o 3), será el valor que tome de resistencia. Por ejemplo, si entre la terminal 1 y 2 se tiene una resistencia de $3\text{ k}\Omega$, es de esperar que entre las terminales 2 y 3 se tenga una resistencia de $17\text{ k}\Omega$, ya que el valor máximo que se puede tener es de $20\text{ k}\Omega$. En la Figura 3.10 se presenta de manera gráfica el ejemplo expuesto.

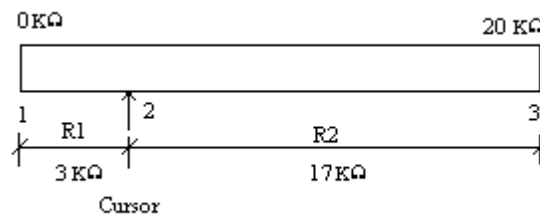


Figura 3.10.

Al polarizar el potenciómetro con un voltaje fijo entre las terminales 1 y 3, dependiendo de la posición del cursor, se tendrá menor o igual voltaje que el de

polarización. La Figura 3.10 se puede sustituir por el diagrama eléctrico que se muestra en la Figura 3.11.

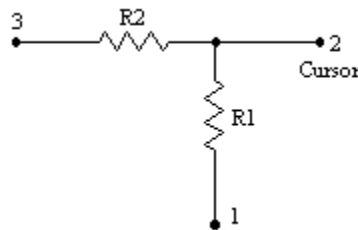


Figura 3.11.

Como se puede observar en la Figura 3.11, con el potenciómetro se puede formar un divisor de tensión, cuyo comportamiento lo describe la ecuación (3.7).

$$V_{21} = \frac{R1}{R1 + R2} \times V_{31} \quad (3.7)$$

Esta ecuación relaciona el voltaje de polarización (terminales 3 y 1) con el voltaje a la salida del divisor de tensión (terminales 2 y 1), que es función de la posición del cursor (terminal 2).

Diseño del circuito de acondicionamiento del potenciómetro

Para realizar la medición de la variable correspondiente se acopló el potenciómetro al mecanismo que soporta al pedal del acelerador de la camioneta instrumentada (*Ichi-Van*, modelo 92). Por requerimiento del jefe de proyecto y debido a que el movimiento del pedal del acelerador es diferente para cada tipo de vehículo se fijaron 10 posiciones para el pedal.

Considerando que la máxima variación positiva que se puede tener en la entrada de la tarjeta es de 2.5 V, y fijando el valor de cada posición en 100 mV, el voltaje de polarización para el potenciómetro deberá ser de 1.0 V. En la Figura 3.12 se presenta el diagrama a bloques del acondicionamiento que se realizó, para obtener la señal que nos indica la posición del pedal del acelerador.

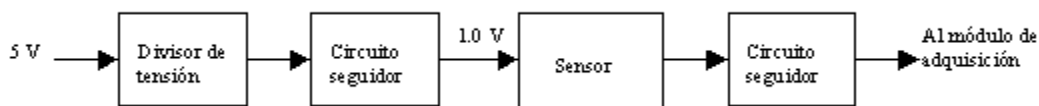


Figura 3.12.

El voltaje de polarización del *SAD* es proporcionado utilizando una batería recargable de 12 V a 7 AH. Utilizando el circuito regulador de voltaje 7805 se regula el voltaje a 5 V, este voltaje alimenta a los circuitos que permiten acondicionar las señales de los sensores de velocidad del vehículo y el de las revoluciones del motor. Para efecto de medir la posición del pedal del acelerador el voltaje tiene que ser reducido a un valor de 1.0 V, se buscó una referencia de voltaje que nos entregará el voltaje requerido, sin embargo no se encontró en el mercado nacional una referencia de dicho valor, el valor comercial que se expende en México es de 2.5 V. Por tal motivo se decidió reducir el voltaje de la fuente de 5 V mediante un divisor de tensión a partir de dos resistencias. En la Figura 3.13 se presenta el arreglo de resistencias que permite reducir el voltaje de 5 V a 1.0 V.

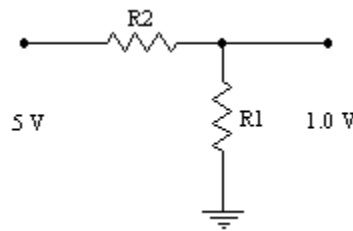


Figura 3.13.

A continuación se presentan las operaciones realizadas para obtener el valor de las resistencias $R1$ y $R2$, que permitirán reducir el voltaje de 5 V a 1.0 V.

$$1.0 = \frac{R1}{R1 + R2} \times 5 \quad (3.8)$$

Dejando $R2$ en función de $R1$ de la ecuación (3.8) tenemos:

$$1.0 (R1 + R2) = 5 R1$$

$$R2 = 4 R1 \quad (3.9)$$

De la ecuación (3.9), si fijamos el valor de $R1$ en $1200 \pm 120 \Omega$, que es valor comercial, al realizar la operación encontramos que $R2 = 4800 \Omega$ aproximando $R2$ a valor comercial tenemos que; $R2 = 4700 \pm 470 \Omega$. Con este arreglo de resistencias se puede reducir el voltaje de 5 V a 1.0169 V con una incertidumbre de 0.1145 V (1.0169 ± 0.1145 V). El valor con el que se debe polarizar el potenciómetro (sensor), no es crítico, por lo que la aproximación que logramos con los valores comerciales de resistencias es buena, en pocas ocasiones va a permanecer el acelerador en el punto de máxima aceleración, además de que se puede inferir que al pasar de 1.0 V, el pedal se encuentra en la posición 10 y no importa que el voltaje llegue a 1.0 V o 1.0169 V, de cualquier forma se sabe que se está en la posición 10.

El voltaje de salida que entrega el divisor de tensión se hace pasar por un circuito seguidor de voltaje, esto con el fin de acoplar impedancias, aprovechando dos de las características que presenta el amplificador operacional (*Amp-Op*), que son: Impedancia de entrada que tiende a infinito, e impedancia de salida que tiende a ser cero (idealmente). En realidad la impedancia de entrada es mayor a $100\text{ k}\Omega$ hasta los $M\Omega$ y la impedancia de salida aproximadamente $100\ \Omega$ al tener una impedancia de entrada alta la demanda de corriente del amplificador operacional es pequeña, con esto tratamos de que el voltaje que entrega el divisor de tensión permanezca constante, es decir que no se caiga el voltaje al conectar la carga. La impedancia de salida baja permite al amplificador operacional entregar toda la corriente que demande la carga, en este caso el potenciómetro.

Una vez que se polarizó el potenciómetro, se toma la señal que entrega el cursor del mismo, la cual se hace pasar por un circuito seguidor de voltaje. La señal que entrega el circuito seguidor es la que va al módulo de adquisición de datos para su almacenamiento en la memoria. En la Figura 3.14 se presenta el diagrama eléctrico del acondicionamiento de la señal del sensor que permite determinar la posición del pedal del acelerador.

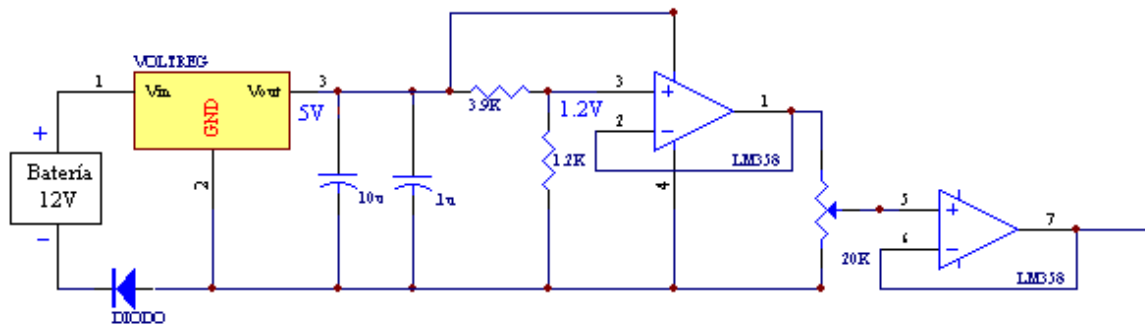


Figura 3.14

El diagrama de la Figura 3.14 muestra además la configuración para regular el voltaje que entrega la batería a 5 V , los capacitores que se encuentran conectados en paralelo después del regulador (7805), son los que se recomienda en las hojas de especificaciones del regulador. El diodo que está conectado en la terminal negativa de la batería sirve como protección, si por alguna razón se llega a conectar la batería de manera incorrecta, el diodo estará polarizado en inversa por lo que no habrá flujo de corriente, por lo que no se dañará el regulador. Esta fuente de voltaje de 5V es la misma que utilizarán los componentes de los restantes acondicionamientos que se realizarán, es por eso que en los demás diseños se obviará.

3.5. TEMPERATURA DEL ACEITE DEL MOTOR

En pruebas realizadas en el LCE al motor de un Ford Topaz se observó que la temperatura máxima que alcanzó el aceite del motor, en condiciones extremas de operación (60 HP de potencia), era de 115 °C, por lo que se infirió que difícilmente la temperatura sobrepasaría los 150 °C. Es muy difícil que un motor soporte trabajar a estas condiciones, durante un período de tiempo amplio.

Por sus dimensiones, encapsulado y por el rango de temperatura en el cual trabaja, se seleccionó el sensor de temperatura *LM135AH*, este sensor es fácil de calibrar y de bajo costo, además de que presenta un comportamiento lineal (10 mV/K), no se utilizó el sensor LM35 a pesar de que también presenta un comportamiento lineal debido a que el máximo valor de temperatura que se puede obtener es de 100 °C. El sensor de temperatura *LM135AH* opera bajo el principio que rige el comportamiento de un diodo zener, con un voltaje zener directamente proporcional a la temperatura absoluta de 10 mV/K, con una impedancia dinámica de 1 Ω, el circuito opera en un rango de corriente de 400 μA a 5 mA. Cuando se calibra a 25 °C el sensor tiene típicamente 1 °C de error sobre todo el rango de temperatura.

Las aplicaciones del *LM135AH* se dan, en donde se requiere sensar temperatura entre -55 °C y +150 °C, la baja impedancia y su salida lineal, hace que circuitos de control y lectura sean experimentalmente fáciles de diseñar.

Las principales características de este sensor se presentan a continuación:

- ◆ Calibración directa en *kelvin*.
- ◆ 1 °C de precisión.
- ◆ Opera desde 400 μA hasta 5 mA.
- ◆ Impedancia dinámica de 1 Ω.
- ◆ Fácil de calibrar.
- ◆ Amplio rango de temperatura de operación.
- ◆ 200 °C de sobrerango.
- ◆ Bajo costo.

Diseño del circuito de acondicionamiento para el sensor LM135

El diagrama de conexión recomendado por el fabricante para medir temperaturas desde 0 °C hasta 150 °C, se presenta en la Figura 3.15.

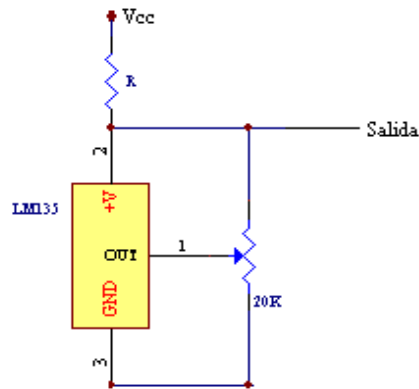


Figura 3.15.

La resistencia R se determina fijando el voltaje de polarización, debido a que sabemos el intervalo de corriente en el cual trabaja el sensor. Sabemos que:

$$V = RI \quad (3.10)$$

Donde V es el voltaje de polarización [V] R es el valor de la resistencia [Ω] e I es el valor de la corriente [A] despejando R de la ecuación (3.10) tenemos:

$$R = \frac{V}{I} \quad (3.11)$$

Considerando un voltaje de 5 V y tomando el máximo y mínimo valor de corriente que nos indica el fabricante, vamos a determinar el intervalo de valores que puede tomar la resistencia R .

Para una corriente de 5 mA , aplicando la ecuación (3.11) encontramos un valor de $R=1\text{ k}\Omega$, para un valor de corriente de $400\text{ }\mu\text{A}$, encontramos un valor de resistencia de $12.5\text{ k}\Omega$. Por lo tanto el valor que puede tomar R está entre $1\text{ k}\Omega$ y $12.5\text{ k}\Omega$. Entre mayor sea el valor de la resistencia menor será el valor de corriente que demande el sensor *LM135AH*.

El sensor *LM135AH* entrega como señal un voltaje de 10 mV/K , por lo que a una temperatura ambiente $20\text{ }^\circ\text{C}$ es decir 293.73 K se tendrá como señal de salida un voltaje de 2.9373 V . El ajuste a este valor se logra con el potenciómetro que se puede ver en la figura 3.15.

Entre las características que se presentaron en el capítulo 3 sobre el convertidor analógico-digital, tenemos que la entrada del convertidor soporta como máximo 2.5 V , por lo que no podemos mandar directamente la señal que entrega el sensor de temperatura *LM135AH*, debido a que el voltaje que entregará siempre será mayor a 2.5 V . Para reducir este voltaje hacemos pasar la señal proveniente del sensor por un circuito seguidor de voltaje; con la salida que entrega el circuito seguidor se polariza un potenciómetro

multivoltas (*trimpot*), que tiene un comportamiento lineal. Se coloca el cursor del mismo de tal manera que se tenga un voltaje proporcional al que entrega el sensor, es decir, para una temperatura de 30°C , el sensor entregaría un voltaje de 3.03 V , y el voltaje en el cursor sería de 303 mV . Considerando que el potenciómetro presenta un comportamiento lineal, al aumentar el voltaje de polarización, aumentará de manera proporcional el voltaje que entregue el cursor. En la Figura 3.16 se presenta el diagrama eléctrico del acondicionamiento de la señal para determinar la temperatura del aceite.

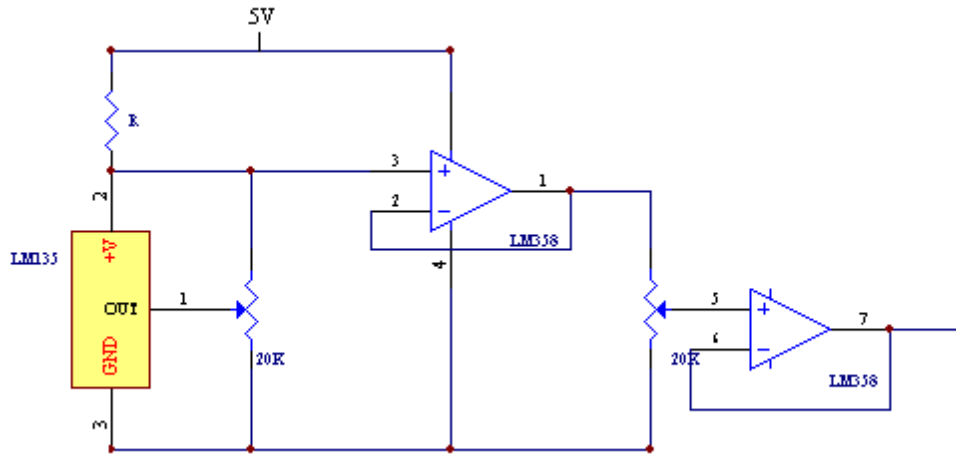


Figura 3.16.

3.6. TEMPERATURA AMBIENTE

El sensor seleccionado para determinar la temperatura ambiente es el *LM35*. La serie de sensores de circuito integrado *LM35* proporcionan como salida, un voltaje directamente proporcional a la temperatura en grados celsius ($10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$), este sensor tiene una ventaja con respecto a los sensores que se calibran en *K*, el usuario no requiere de un sistema externo para calibrarlo. Su bajo costo, baja impedancia de salida, su calibración inherente, y además de que presenta un comportamiento lineal, permite hacer interfaces de lectura y circuitos de control de manera fácil. Se puede utilizar con una sola fuente de alimentación, o con fuentes positiva y negativa, el consumo de corriente es de $60\text{ }\mu\text{A}$. Las principales características de este sensor se presentan a continuación:

- ◆ Calibrado directamente en grados *celsius* ($^{\circ}\text{C}$).
- ◆ Lineal, con un factor de escala de $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$.
- ◆ Exactitud de 0.5°C (a 25°C).
- ◆ Adecuado para aplicaciones remotas.
- ◆ Bajo costo.
- ◆ Opera desde 4 hasta 30 V .
- ◆ Menos de $60\text{ }\mu\text{A}$ de corriente de drenado.
- ◆ Bajo calentamiento, 0.08°C aún con flujo de aire.
- ◆ No linealidad solo en $\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$.
- ◆ Baja impedancia de salida, $0.1\text{ }\Omega$.

Las características técnicas del sensor de humedad *Philips* se presentan a continuación:

- ◆ Capacitancia a 25 °C con 43 % humedad relativa (*HR*), a 100 *kHz*, 122 *pF* ±15 %.
- ◆ Capacitancia por porcentaje de humedad: $(0.4 \pm 0.05) \text{ pF} / \%HR$.
- ◆ Porcentaje de humedad por grado de temperatura: $0.1\% HR / ^\circ C$.
- ◆ Frecuencia de operación , de 1 *kHz* a 1 *MHz*.
- ◆ Rango de operación, de 10% a 90% de humedad relativa.
- ◆ Temperatura de operación, de 0 °C a 80 °C.
- ◆ Máximo voltaje de polarización 15 V.

Diseño del circuito de acondicionamiento para el sensor de humedad

Aprovechando las características que presenta el sensor (variación de la capacitancia), se decidió, como primer paso del acondicionamiento, utilizar un circuito convertidor de frecuencia a voltaje (*LM331N*), el cual mediante un arreglo $R_t C_t$ y una frecuencia de entrada, permite obtener un voltaje de corriente directa a la salida del mismo. El convertidor de voltaje a frecuencia es ideal para su uso en circuitos de bajo costo, se puede utilizar para conversión analógica a digital, conversión de precisión de frecuencia a voltaje, modulación de frecuencia lineal, o demodulación, entre otras muchas aplicaciones. La salida, cuando es usado como convertidor de voltaje a frecuencia, entrega un tren de pulsos, con frecuencia directamente proporcional al voltaje aplicado, por el contrario cuando es usado como convertidor de frecuencia a voltaje, a la salida se tiene un voltaje de corriente directa, que es directamente proporcional a la frecuencia aplicada. Para este último caso, la expresión que caracteriza su comportamiento está definida por la ecuación (3.12), proporcionada por el fabricante.

$$V_{out} = f_{in} \times 2.09V \times \left(\frac{R_L}{R_s} \right) \times (R_t \times C_t) \quad (3.12)$$

Donde V_{out} es el voltaje de salida, f_{in} es la frecuencia de entrada, R_L , R_s , R_t son resistencias de la configuración para ser usado como convertidor de frecuencia a voltaje, y C_t es el capacitor de la misma configuración.

El *LM331N* utiliza un nuevo circuito de referencia compensado contra temperatura denominado *band-gap*, proporciona una excelente exactitud sobre el rango de temperatura de operación, la fuente de alimentación mínima es de 4 V. El circuito contador de precisión tiene la rapidez de respuesta necesaria para manejar señales de 100 *kHz*, para la conversión de voltaje a frecuencia. La salida es capaz de manejar tres cargas *TTL*, o altas salidas de voltaje, arriba de 40 V. A continuación se presentan las principales características del convertidor de frecuencia a voltaje *LM331N*.

- ◆ Linealidad de 0.01%.
- ◆ Funcionamiento mejorado, en aplicaciones de conversión de voltaje a frecuencia.

proporcionado por las hojas de especificaciones del 7810), por lo que se descartó totalmente esta opción. Para regular a 9 V, el voltaje mínimo requerido es de 11 V, por lo que estaríamos en el límite y se tendrían problemas si la batería que alimenta al sistema reduce su voltaje por abajo de este valor. Se optó por regular a 8 V, debido a que se requiere como voltaje de entrada 10.5 V como mínimo, abajo de este valor el módulo de adquisición de datos ya no trabaja, por lo que ya no se estarían adquiriendo datos provenientes de los sensores. A 4 kHz el voltaje de salida del convertidor de frecuencia a voltaje (F/A) pasa los 4.2 V, por lo que no corremos el riesgo de que al aumentar la humedad, el voltaje a la salida del convertidor llegue al voltaje de polarización.

El oscilador a 4 kHz se realizó con un circuito temporizador NE555. En la Figura 3.20 se presenta el diagrama eléctrico del oscilador diseñado.

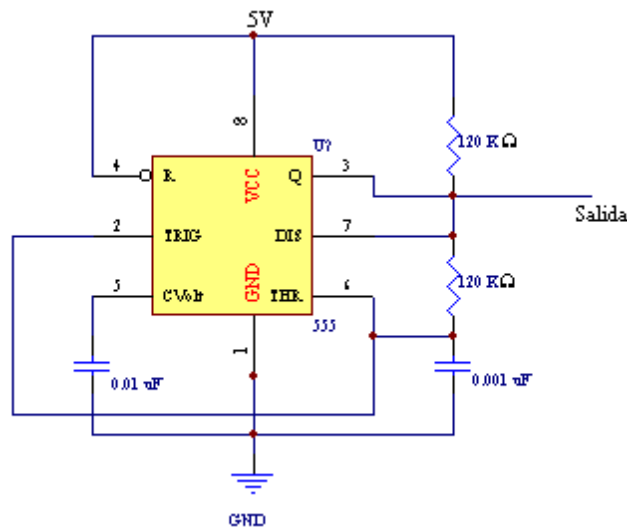


Figura 3.20.

A continuación se presentan los cálculos realizados para determinar el valor de las resistencias y del capacitor, para obtener una frecuencia de oscilación de 4 kHz. La ecuación (3.13) implica a la frecuencia en función de los componentes externos del temporizador 555 en su modo astable.

$$f \approx \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) \times C} \quad (3.13)$$

Fijando los valores de C en 0.001 μF y f en 4 kHz, de la ecuación (3.13) se deja R_A en función de R_B , y obtenemos lo siguiente.

$$4000 = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) \times 0.001 \times 10^{-6}}$$

$$4 \times 10^{-6} (R_A + 2R_B) = 1.44,$$

$$R_A + 2R_B = 36 \times 10^4$$

$$R_A = 36 \times 10^4 - 2R_B \quad (3.14)$$

Seleccionamos la resistencia $R_B = 120 \text{ k}\Omega$, al sustituir este valor en la ecuación (3.14), encontramos que $R_A = 120 \text{ k}\Omega$.

La salida del circuito temporizador NE555, se lleva a la entrada del convertidor de frecuencia a voltaje. Con el sensor conectado, se obtiene un voltaje de salida de 4.35 V a humedad ambiente (37 %), se expira un poco de aire cerca del sensor para que éste se humedezca y observamos que la variación que presenta el voltaje es muy pequeña, aproximadamente 30 mV. Para aumentar el intervalo de variación, a la señal de salida del convertidor de frecuencia a voltaje, se le resta la mayor cantidad de voltaje posible, aproximadamente 3.15 V, de tal forma que al ser la humedad baja no sature en el límite inferior del voltaje, en otras palabras, se trata de llevar el intervalo de variación lo más próximo a nuestro punto de referencia (*GND*). A continuación se le da ganancia a la señal entregada por el circuito diferenciador (restador), para que de esta forma el intervalo de variación de la señal sea mayor. Como no sabemos que valor de voltaje que se tiene a 10 % *HR*, debido a que es prácticamente imposible simular estas condiciones de humedad, se utilizó un potenciómetro multivoltas para obtener el voltaje de referencia, que permitirá restar el voltaje no deseado, y de esta forma tener un voltaje de referencia que pueda ser ajustado al valor requerido en las pruebas de calibración que se explicarán más adelante.

En la Figura 3.21 se presenta el diagrama del circuito que permite tener una mayor variación en la señal que entrega el convertidor de frecuencia a voltaje, esta señal pasa por un circuito seguidor para acoplar impedancias y posteriormente a la resistencia que forma el divisor de tensión, que se conecta a la terminal no inversora del amplificador operacional que trabajará en configuración diferenciadora (restador). El amplificador operacional utilizado es el LM358. El voltaje de referencia se conecta a la terminal inversora a través de la resistencia R1. Por último la señal que entrega el circuito diferenciador se hace pasar por un amplificador operacional en configuración inversora, para darle ganancia; la resistencia de realimentación es variable, esto con el fin de poder variar la ganancia de la señal de salida de este circuito a valores requeridos en las pruebas de calibración.

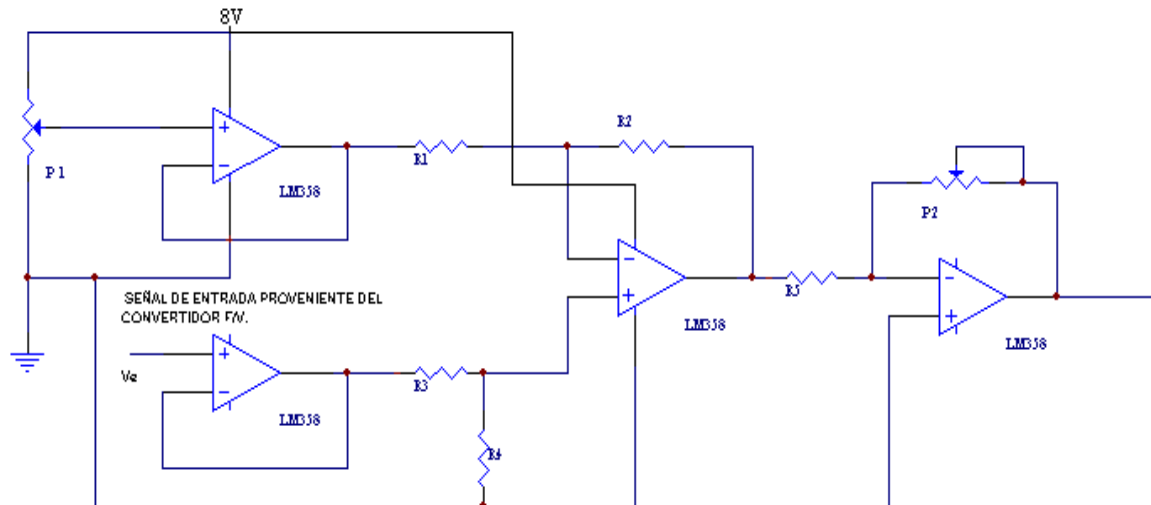


Figura 3.21.

El valor de las resistencias $R1$, $R2$, $R3$ y $R4$ del circuito de la Figura 3.21, es el mismo, esto se debe a la característica que presenta la ecuación que describe al circuito diferenciador. El voltaje de salida en este circuito debe quedar en función de los voltajes de entrada de las terminales inversora y no inversora. El voltaje en la terminal positiva es el siguiente:

$$V_p = \frac{R4}{R4 + R3} \times V_e \quad (3.15)$$

De las características ideales del amplificador operacional sabemos que el voltaje en la terminal no inversora, es el mismo que el de la terminal inversora ($V_p = V_n$), realizando la sumatoria de corrientes en la terminal inversora tenemos:

$$\frac{V_s - V_n}{R2} + \frac{V_{p1} - V_n}{R1} = 0 \quad (3.16)$$

Donde V_s es el voltaje de salida del circuito sumador; V_n , es el voltaje en la terminal inversora; y V_{p1} , es el voltaje de referencia. Desarrollando la ecuación (3.16) y sustituyendo la ecuación (3.15), encontramos lo siguiente:

$$\frac{V_s}{R2} + \frac{V_{p1}}{R1} = \frac{R4}{R4 + R3} \times V_e \left(\frac{R2 + R1}{R2 \times R1} \right) \quad (3.17)$$

Si $R2 = R4$ y además $R1 = R3$, de la ecuación (3.17) tenemos:

$$\frac{V_s}{R2} + \frac{V_{p1}}{R1} = \frac{V_e}{R1} \quad (3.18)$$

Ordenando la ecuación (3.18) tenemos:

$$V_S = (V_e - V_{P1}) \frac{R2}{R1} \quad (3.19)$$

Si $R2 = R1$ tenemos:

$$V_S = V_e - V_{P1} \quad (3.20)$$

La ecuación (3.20) proporciona el valor de la diferencia entre el voltaje proveniente del convertidor de frecuencia a voltaje y el voltaje de referencia entregado por el potenciómetro.

La ecuación (3.21) proporciona el valor del voltaje que sale del amplificador en configuración inversora.

$$V_{S1} = \left(-\frac{P2}{R5} \right) \times V_S \quad (3.21)$$

Donde V_S es el voltaje que entrega el circuito diferenciador y V_{S1} es el voltaje que entrega el amplificador en configuración inversora. De la ecuación (3.21) si fijamos el valor del potenciómetro en $20 \text{ k}\Omega$ y el valor de $R5$ en $2.2 \text{ k}\Omega$, tendremos una ganancia de 9 como máximo y de 0 como mínimo.

La variación que presenta la señal, al salir del circuito de la Figura 3.21, es de aproximadamente 850 mV . Para darle una mayor variación a la señal que entrega el amplificador, se efectúa una amplificación adicional logrando con ello una variación de hasta 1.7 V . En la Figura 3.22 se presenta el diagrama completo del acondicionamiento del sensor de humedad.

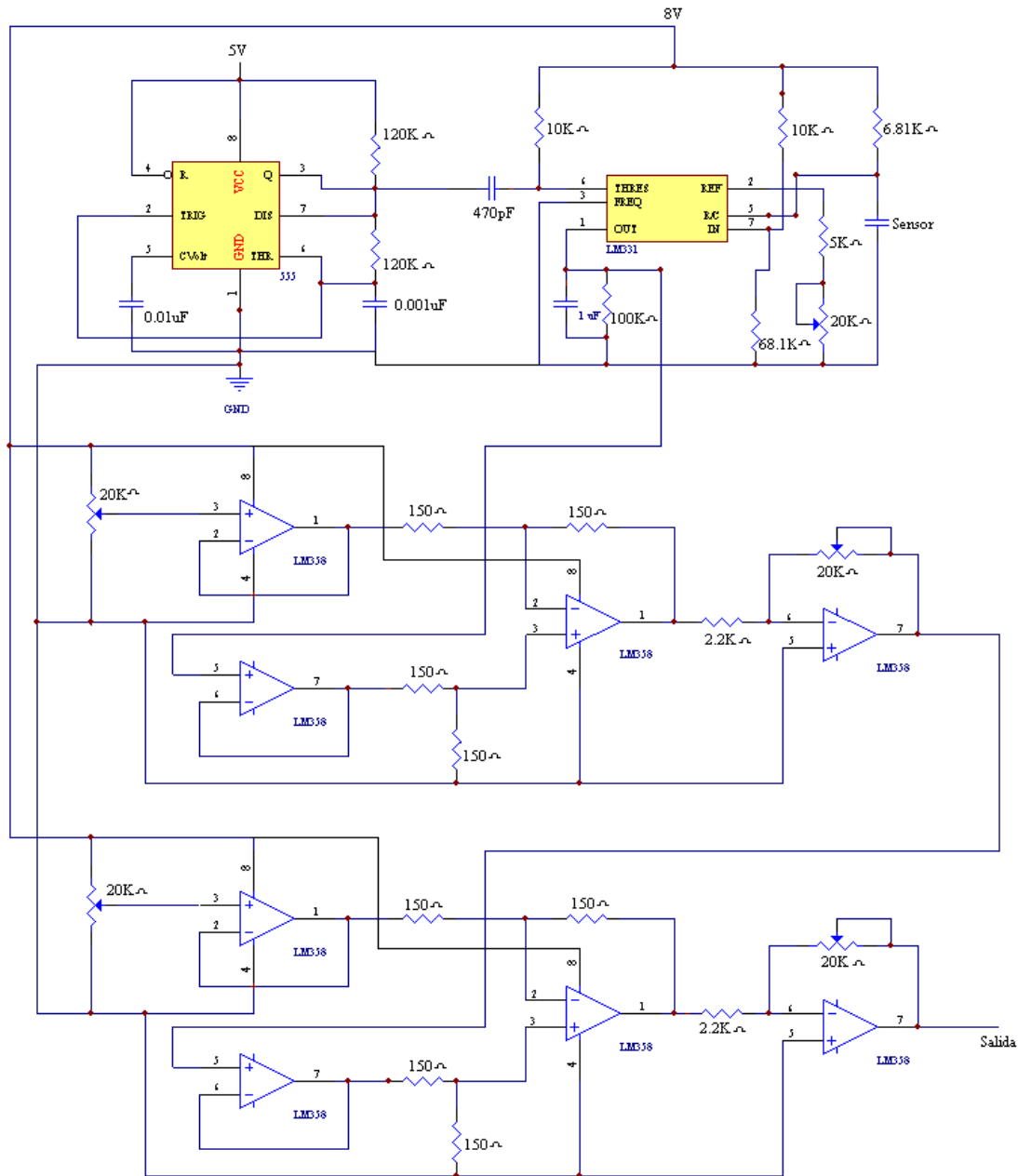


Figura 3.22.

Hasta este punto, con la etapa de acondicionamiento del sensor de humedad, sólo sabemos que el circuito entregará un voltaje de corriente directa para un porcentaje de humedad, sin embargo, no sabemos que comportamiento presenta. Para caracterizar el comportamiento del sensor, vamos a utilizar un calibrador de sensores de humedad. El calibrador es el *HMK11* marca *Vaisala*, que se compone de un gabinete, el cual contiene dos frascos de vidrio transparente, estos frascos son utilizados para contener una solución,

el primero contiene Cloruro de Sodio ($NaCl$) y el segundo Cloruro de Litio ($LiCl$). En la Figura 3.23 se muestra ambos frascos.

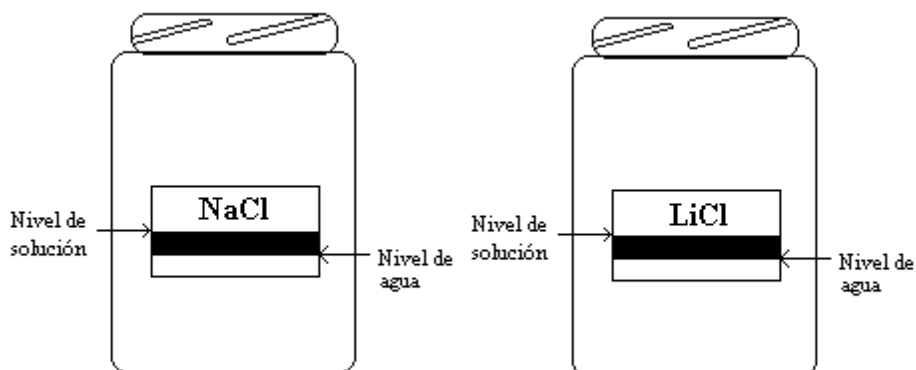


Figura 3.23.

Ambas soluciones nos proporcionarán dos puntos de referencia. El $NaCl$ proporciona, dependiendo de la temperatura ambiente, un punto de humedad entre 75.1% y 75.8% de HR , el $LiCl$ proporciona otro punto, entre 11.5% y 12.4% de HR .

El calibrador contiene un termómetro de mercurio y próximo a él una tabla que nos indica que valor de humedad corresponde a la temperatura ambiente que prevalezca en ese momento. En la Tabla 3.1 se presentan los valores marcados en la tapa del gabinete.

TEMP °C	10	15	20	25	30	35	40	45
LiCl %HR			12.4	12.0	11.8	11.7	11.6	11.5
NaCl %HR	75.2	75.3	75.5	75.8	75.6	75.5	75.4	75.1

Tabla 3.1.

Para poder realizar alguna calibración las soluciones se deben preparar, para ello hay que seguir los siguientes pasos: primero se deben lavar los frascos con agua destilada (baja en sales) y se deben dejar secar al ambiente (al menos 24 horas). Una vez seco el frasco se debe llenar con agua destilada, hasta el punto inferior de la marca negra que tiene la etiqueta nivel de agua (Figura 3.23), posteriormente se debe agregar la sal $NaCl$ o $LiCl$ (dependiendo del frasco), la sal debe ser agregada de manera lenta, de tal forma que la solución se sature, se debe agitar la solución al ir agregando la sal, Cuando se llegue al punto superior de la marca negra (nivel de la solución), la solución queda lista, posterior a esto se dejan reposar ambas soluciones por 24 horas con las tapas de los frascos colocadas de manera correcta. Después de este tiempo se podrá utilizar el calibrador. En la Figura 3.24 se presenta una fotografía del calibrador *HMK11*.



Figura 3.24.

Las tapas de los frascos tiene varias perforaciones de diferentes dimensiones, en las que dependiendo de su tamaño se introduce el sensor o transductor. Las perforaciones que no se usan son cubiertas con unos tapones de caucho.

Para calibrar el circuito para medir la humedad se determinaron los voltajes para cada punto de humedad, se realizaron varias pruebas para asegurar que la señal no sufriera una saturación en el punto inferior o en el punto superior. Los valores obtenidos en una de las pruebas realizadas a una temperatura de $20^{\circ}C$ se presentan en la Tabla 3.2.

VOLTAJE [V]	HUMEDAD RELATIVA [%]
2.3	75.5
1.73	70.0
1.1	12.4

Tabla 3.2.

El segundo punto de la Tabla 3.2, $1.73 V - 70 \% HR$, se tomó con un higrómetro digital y corresponde a la humedad ambiente en el momento de la prueba. En la Figura 3.25 se presenta la curva obtenida con los puntos de la Tabla 3.2, esta curva nos describe el comportamiento del sensor.

Sensor de Humedad

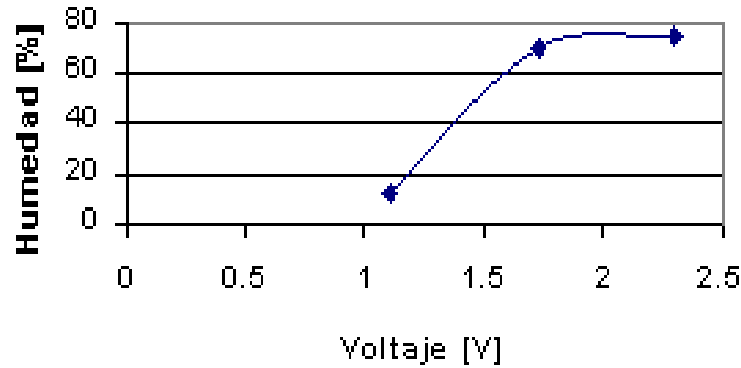


Figura 3.25

Como podemos observar en la gráfica de la Figura 3.25, el sensor de humedad no presenta un comportamiento lineal. Para obtener la ecuación de la curva que describe el comportamiento del sensor, se utilizará el método de *Lagrange* para interpolación, con este método se obtendrá una ecuación polinomial, la cual al sustituir el valor de voltaje entregado por el circuito de acondicionamiento del sensor nos entregará el valor de la humedad ambiente. El módulo de adquisición obtendrá el voltaje que entregue el circuito de acondicionamiento, este valor de voltaje será evaluado en el programa que controla a dicho módulo, con la ecuación previamente programada en él, de esta forma el dato que será almacenado en memoria será el valor de humedad correspondiente al voltaje leído por el convertidor y evaluado por la ecuación obtenida.

Con el método de *Lagrange* se busca encontrar la representación polinómica de una función definida tabularmente y con espaciado no constante, como se muestra en la Tabla 3.3.

X	Y
X_1	Y_1
X_2	Y_2
X_3	Y_3
.	.
X_n	Y_n

Tabla 3.3

En el método de Lagrange, si se tienen “ n ” puntos, se tendrá un polinomio de grado $n-1$. La ecuación (3.22) presenta el polinomio para éste caso.

$$y = a_0x^{n-1} + a_1x^{n-2} + a_2x^{n-3} + \dots + a_{n-2}x + a_{n-1} \quad (3.22)$$

El polinomio de la ecuación (3.22) se puede representar de la siguiente forma:

$$y = A_1(x - x_2)(x - x_3)\dots(x - x_n) + A_2(x - x_1)(x - x_3)\dots(x - x_n) + \\ A_3(x - x_1)(x - x_2)\dots(x - x_n) + \dots + A_n(x - x_1)(x - x_2)\dots(x - x_{n-1}) \quad (3.23)$$

La ecuación (3.23) también es un polinomio de grado $n-1$, cuyos coeficientes A_1, A_2, \dots, A_n se van a determinar de tal manera que nos garantice que la gráfica pase por todos los puntos definidos en la tabulación. Si en la ecuación 3.23 $x = x_1$.

$$y_1 = A_1(x_1 - x_2)(x_1 - x_3)\dots(x_1 - x_n) \quad (3.24)$$

$$A_1 = \frac{y_1}{(x_1 - x_2)(x_1 - x_3)\dots(x_1 - x_n)} \quad (3.24-a)$$

Si ahora en la ecuación (3.23) hacemos $x = x_2$, se tendría que:

$$y_2 = A_2(x_2 - x_1)(x_2 - x_3)\dots(x_2 - x_n) \quad (3.25)$$

$$A_2 = \frac{y_2}{(x_2 - x_1)(x_2 - x_3)\dots(x_2 - x_n)} \quad (3.25-a)$$

De la misma forma si hacemos $x = x_3$, tendríamos que:

$$y_3 = A_3(x_3 - x_1)(x_3 - x_2)\dots(x_3 - x_n) \quad (3.26)$$

$$A_3 = \frac{y_3}{(x_3 - x_1)(x_3 - x_2)\dots(x_3 - x_n)} \quad (3.26-a)$$

De la misma manera se determinarían los siguientes coeficientes de tal manera que:

$$A_n = \frac{y_n}{(x_n - x_1)(x_n - x_2)\dots(x_n - x_{n-1})} \quad (3.27)$$

Sustituyendo las ecuaciones (3.24-a), (3.25-a), (3.26-a) y (3.27), que representan los coeficientes A en la ecuación (3.23) tendríamos que:

$$\begin{aligned}
y = & \frac{(x-x_2)(x-x_3)\dots(x-x_n)}{(x_1-x_2)(x_1-x_3)\dots(x_1-x_n)} \times y_1 + \frac{(x-x_1)(x-x_3)\dots(x-x_n)}{(x_2-x_1)(x_2-x_3)\dots(x_2-x_n)} \times y_2 + \\
& + \frac{(x-x_1)(x-x_2)\dots(x-x_n)}{(x_3-x_1)(x_3-x_2)\dots(x_3-x_n)} \times y_3 + \frac{(x-x_1)(x-x_2)\dots(x-x_{n-1})}{(x_n-x_1)(x_n-x_2)\dots(x_n-x_{n-1})} \times y_n
\end{aligned} \quad (3.28)$$

La ecuación (3.28) recibe el nombre de fórmula de interpolación de *Lagrange*, en donde las parejas x_i, y_i , para $i = 1$ hasta “ n ”, son los puntos representados en la tabulación. El valor de “ y ” es el valor de la función para un valor cualquiera de “ x ” entre dos consecutivos de la tabla o fuera de ella. La ecuación (3.28) se puede representar de la siguiente forma:

$$y = \sum_{i=1}^n \left[\prod_{j=1, j \neq i}^n \frac{x-x_j}{x_i-x_j} \right] \times y_i \quad (3.29)$$

Con base en los datos de la Tabla 3.2 vamos a determinar el polinomio que permite obtener la humedad ambiente, a partir del voltaje entregado por el circuito de acondicionamiento del sensor de humedad. Al sustituir los valores tenemos:

$$RH = \frac{(V-1.73)(V-1.1)}{(2.3-1.73)(2.3-1.1)}(75.5) + \frac{(V-2.3)(V-1.1)}{(1.73-2.3)(1.73-1.1)}(70) + \frac{(V-2.3)(V-1.73)}{(1.1-2.3)(1.1-1.73)}(12.4) \quad (3.30)$$

Donde RH es la humedad relativa y V el voltaje entregado por el circuito de acondicionamiento del sensor.

Desarrollando la ecuación (3.30) tenemos lo siguiente:

$$RH = (V^2 - 2.83V + 1.903)(110.38) + (V^2 - 3.4V + 2.53)(-194.93) + (V^2 - 4.03V + 3.979)(16.4)$$

Como observamos con base en los tres puntos de la tabla 3.2 obtenemos un polinomio de segundo grado.

$$RH = -68.15V^2 + 284.295V - 217.8643 \quad (3.31)$$

La ecuación (3.30) es la que describe el comportamiento del sensor de humedad. Esta ecuación es la que se va a programar, para que al adquirir el voltaje, el módulo de adquisición lo evalúe y el resultado lo almacene en memoria.

3.8. CANALES DISPONIBLES PARA MEDIR TEMPERATURA

Considerando los requerimientos del *LCE*, para desarrollar los ciclos de manejo, el SAD deberá disponer de cinco canales para medir temperaturas en diferentes puntos del motor, las cuales podrían variar entre los $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ y los $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Existen en el mercado diferentes sensores que nos permiten medir estos rangos de temperatura, por disponibilidad y precio se determinó utilizar los llamados “termopares”. *Thomas Seebeck* descubrió que, cuando dos alambres compuestos de metales disimiles son conectados en dos puntos y un extremo es calentado, se genera una corriente continua, la cual fluye en el circuito termoeléctrico. En la Figura 3.26 se presenta este fenómeno.

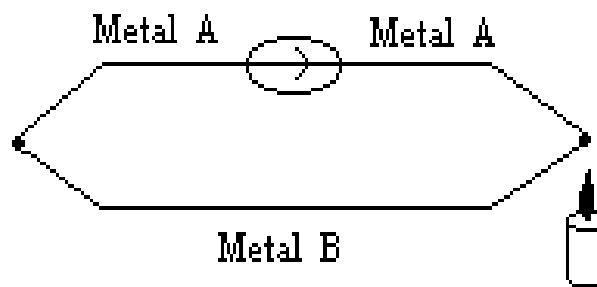


Figura 3.26.

Si el circuito de la Figura 3.26 es abierto en el centro, el voltaje entre los dos metales (conocido como voltaje *Seebeck*) es función de la temperatura de unión, esto se puede observar en la Figura 3.27.

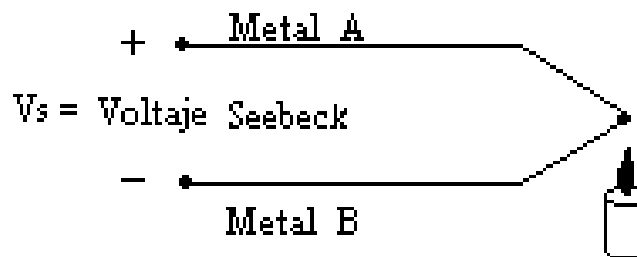


Figura 3.27.

Todos los metales disimiles presentan este efecto. Las combinaciones más comunes de los metales se presentan en la Tabla 3.4.

TIPO DE TERMOPAR	COMBINACIONES DE LOS METALES		RANGO DE TEMPERATURA [°C]
B	Platino 6% Rodio	platino 30% Rodio	0 a 1820
E	Niquel 10% cromo	Constantan	-270 a 1000
J	Hierro	Constantan	-210 a 760
K	Niquel 10% Cromo	Niquel	-270 a 1372
N	Nicrosil	Nisil	-270 a 400
R	Platino 13% Rodio	Platino	-50 a 1768
S	Platino 10% Rodio	Platino	-50 a 1768
T	Cobre	Constantan	-270 a 400

Tabla 3.4.

En el mercado nacional es fácil encontrar una mayor variedad de termopares tipo *J* a un precio accesible, los termopares tipo *K* se fabrican bajo pedido. De los cinco canales con que va a contar el *SAD*, en tres se va a utilizar termopares tipo *J* y los dos canales restantes van a utilizar termopares tipo *K*. Los termopares tienen un comportamiento no lineal. En la Figura 3.28 se presentan las curvas de los termopares tipo *J* y *K*.

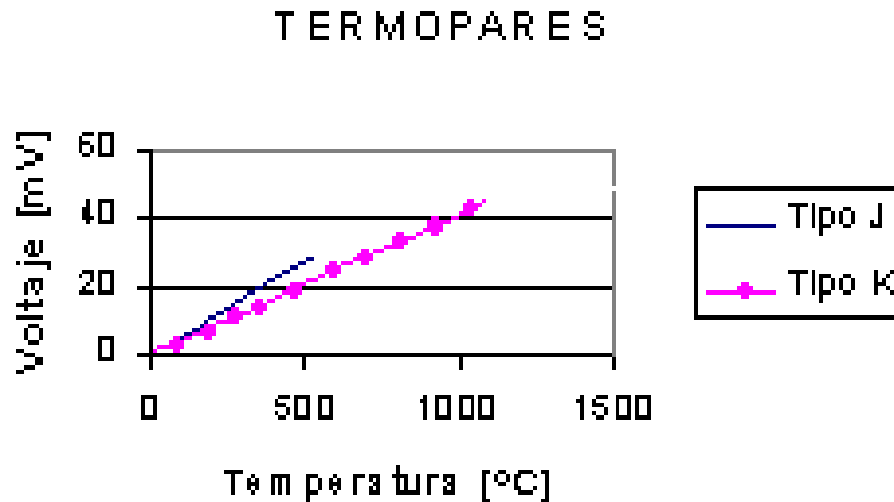


Figura 3.28.

El voltaje que se obtiene para un cierto valor de temperatura es muy pequeño, del orden de los milivolts; por ejemplo, para el tipo J a una temperatura de 750 °C se tiene un voltaje de 42.283 mV, mientras que para el tipo K a una temperatura de 1250 °C se tiene un voltaje de 50.633 mV. Al disminuir la temperatura el voltaje también disminuye, existen tablas que nos proporcionan el valor de voltaje para cada valor de temperatura, dichas tablas son características para cada tipo de termopar.

El comportamiento de cada termopar se puede definir mediante un polinomio característico para cada tipo, la ecuación (3.32) presenta la expresión general del polinomio:

$$T = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n \quad (3.32)$$

La ecuación (3.32) también puede ser escrita de la siguiente manera:

$$T = a_0 + x(a_1 + x(a_2 + x(a_3 + x(a_4 + a_5x)))) \quad (3.33)$$

Donde $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ son los coeficientes del polinomio. En la Tabla 3.5 se presentan los coeficientes para los termopares tipo J y K.

	TIPO J HIERRO (+) <i>Versus</i> CONSTANTAN (-) 0 °C A 750 °C ± 0.1 °C 5 ^o ORDEN		TIPO K NIQUEL – 10% CROMO (+) <i>Versus</i> NIQUEL (-) 0 °C A 1370 °C ± 0.7 °C 8 ^o ORDEN
a ₀	-0.048868252	A ₀	0.226584602
a ₁	19873.14503	A ₁	24152.10900
a ₂	-218614.5353	A ₂	67233.4248
a ₃	11569199.78	A ₃	2210340.682
a ₄	-264947531.4	A ₄	-860963914.9
a ₅	2018441314	A ₅	4.83506 x 10 ¹⁰
		A ₆	-1.18452 x 10 ¹²
		A ₇	1.3869 x 10 ¹³
		A ₈	6.33708 x 10 ¹³

Tabla 3.5.

Al sustituir los coeficientes en el polinomio determinamos la ecuación (3.34), que es la que describe el comportamiento del termopar tipo J.

$$T = -0.048868252 + 19873.14503x - 218614.5353x^2 + 1156199.78x^3 - 264917531.4x^4 + 201844134x^5 \quad (3.34)$$

De la misma forma, sustituyendo los coeficientes del termopar tipo K , se obtiene la ecuación (3.35).

$$T = 0.226584602 + 24152.109x + 67233.4248x^2 + 2210340.682x^3 - 860963914.9x^4 + 4.83506 \times 10^{10}x^5 - 1.18452 \times 10^{12}x^6 + 1.3869 \times 10^{13}x^7 + 6.33708 \times 10^{13}x^8 \quad (3.35)$$

En las ecuaciones (3.34) y (3.35), T es la temperatura en grados celsius y x es el voltaje entregado por el termopar.

Como se puede ver, el termopar entrega un voltaje muy pequeño, esto podría ocasionar problemas al transportar la señal hasta la ubicación del *SAD*. El principal problema que se presenta al medir el voltaje en las terminales del termopar, es que al conectar los dos metales distintos al dispositivo de medición se genera otro voltaje, debido a que en los conectores (hechos generalmente de cobre) del instrumento de medición se generan otros termopares, por lo que se debe compensar este voltaje perdido.

Como primer paso para el acondicionamiento de la señal que entrega el termopar, se hace pasar ésta a un amplificador de instrumentación, el cual permite darle ganancia a la señal y de esta forma pueda ser leída por el módulo de adquisición de datos. En la Figura 3.29 se presenta el diagrama eléctrico del amplificador de instrumentación.

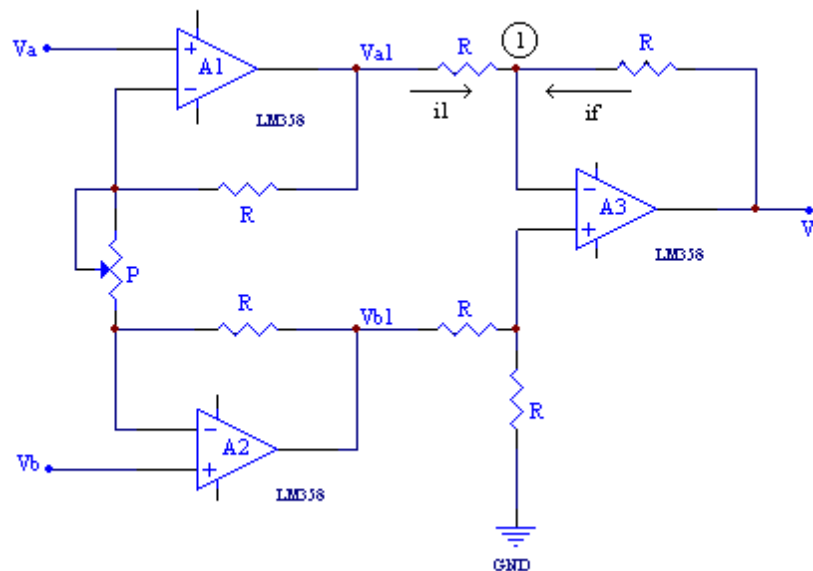


Figura 3.29.

A continuación se presenta el análisis para determinar los componentes que van a conformar el amplificador de instrumentación. Por superposición, haciendo $V_a = 0$; $V_b \neq 0$; V_{s1} .

$$V_b = \frac{P}{P+R} V_{b1} ; \quad V_{b1} = \frac{P+R}{P} V_b = \left(1 + \frac{R}{P}\right) V_b \quad (3.36)$$

$$V_{a1} = -\frac{R}{P} V_b \quad (3.37)$$

Haciendo $V_a \neq 0$; $V_b = 0$; V_{s2} .

$$V_{a1} = \left(1 + \frac{R}{P}\right) V_a \quad (3.38) \quad V_{b1} = -\frac{R}{P} V_a \quad (3.39)$$

$$V_{b1} = \left(1 + \frac{R}{P}\right) V_b - \frac{R}{P} V_a \quad (3.40) \quad V_{a1} = \left(1 + \frac{R}{P}\right) V_a - \frac{R}{P} V_b \quad (3.41)$$

Realizando sumatoria de corrientes en el nodo 1 tenemos:

$$i_i + i_f = 0; \quad i_i = -i_f$$

$$\frac{V_{a1} - V_n}{R} = \frac{-V_s + V_n}{R}; \quad V_{a1} - V_n = -V_s + V_n;$$

$$V_s = 2V_n - V_{a1} \quad (3.42) \quad V_n = V_p \quad (3.43)$$

$$V_p = \frac{R}{R+R} V_{b1} = \frac{V_{b1}}{2} = V_n \quad (3.44)$$

Sustituyendo (3.43) en (3.44), tenemos:

$$V_s = \frac{2V_{b1}}{2} - V_{a1} = V_{b1} - V_{a1} \quad (3.45)$$

Sustituyendo (3.40) y (3.41) en (3.45).

$$V_s = \frac{-R}{P} V_a + \left(1 + \frac{R}{P}\right) V_b + \frac{R}{P} V_b - \left(1 + \frac{R}{P}\right) V_a;$$

$$V_s = \left(\frac{2R}{P} + 1\right) (V_b - V_a) \quad (3.46)$$

La ecuación (3.46) relaciona la salida con respecto a las entradas del amplificador de instrumentación. El factor que relaciona a la resistencia R con el valor del potenciómetro P , es la ganancia (factor que multiplica a la diferencia de las señales de entrada), fijando una ganancia de 20, vamos a determinar el valor de R y P :

$$\frac{2R}{P} = 20 ; \quad R = 10 P$$

Si $P = 1000 \Omega$ $R = 10 k\Omega$ que son valores comerciales. En lugar de colocar el potenciómetro que se encuentra conectado entre las terminales inversoras de los amplificadores operacionales que se muestran en la Figura 3.29 se colocó una resistencia con valor de 1000Ω el resto de las resistencias se colocaron con el valor determinado para R .

Como se mencionó el *SAD* cuenta con una fuente positiva de $12 V$ para su alimentación, para el funcionamiento correcto del amplificador de instrumentación se requieren de dos fuentes, una positiva y una negativa, esto debido a que el voltaje que entrega el termopar sufre excursiones a valores negativos de voltaje. El voltaje negativo va a ser proporcionado por la tarjeta *PLCBus* que contiene al convertidor analógico-digital, ésta tarjeta además de entregar el voltaje regulado a $-5 V$, entrega también voltaje regulado a $5 V$ y un voltaje de referencia a $2.5 V$. El regulador que entrega el voltaje positivo, puede proporcionar como máximo $1 A$ de corriente, el regulador que proporciona el voltaje negativo entrega como máximo $50 mA$. En pruebas realizadas, el amplificador de instrumentación consume $8 mA$ de corriente, si se coloca un amplificador de instrumentación por termopar, se corre el riesgo de que el regulador de la fuente negativa no entregue la cantidad de corriente requerida. Para evitar este problema y sabiendo que los termopares tienen el mismo comportamiento, además de que las lecturas que se van a realizar de temperatura no van a ser al mismo tiempo, se tomo la determinación de utilizar un multiplexor, la salida del multiplexor se va a conectar el amplificador de instrumentación, y los termopares van a ser colocados en las líneas de entrada, que serán seleccionadas mediante software por el programa que controla al módulo de adquisición, de esta manera se utiliza un solo circuito de acondicionamiento para los cinco termopares. En la Figura 3.30 se presenta el diagrama eléctrico del acondicionamiento de los cinco termopares.

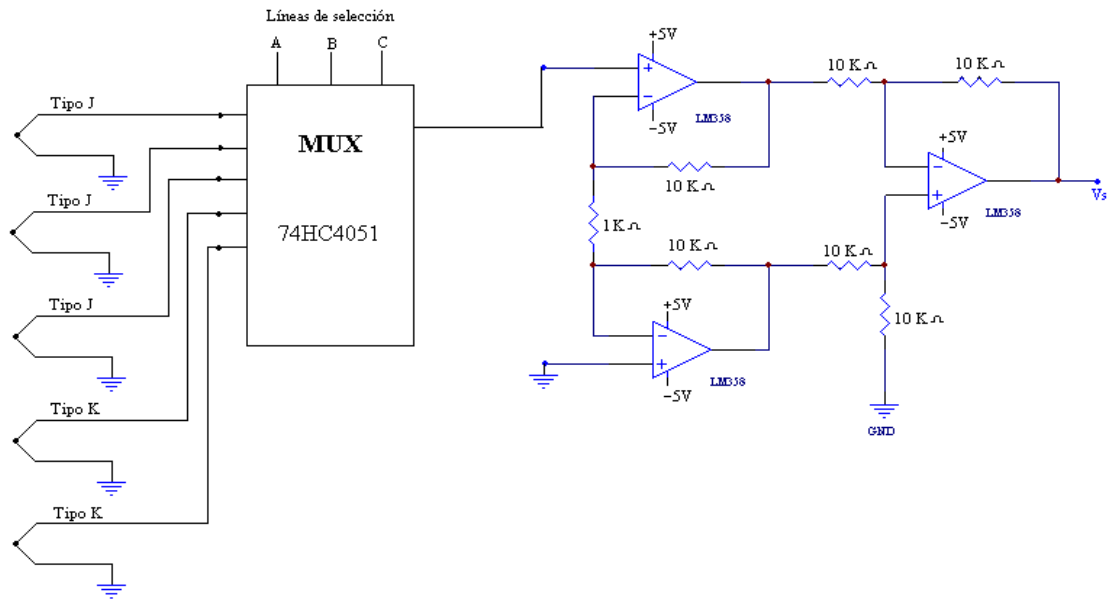


Figura 3.30.

El multiplexor *74HC4051* de ocho canales utiliza tecnología *CMOS*, las principales características de éste circuito se presenta a continuación.

- ◆ Rápida conmutación y alta velocidad de propagación.
- ◆ Diodo de protección en todas las entradas y salidas.
- ◆ Rango de la fuente de alimentación ($V_{CC} - V_{EE}$) = 2.0 a 12 V.
- ◆ Rango para la fuente de control ($V_{CC} - GND$) = 2.0 a 6.0 V.
- ◆ Bajo ruido.

En la Tabla 3.6 se presenta la forma de selección del multiplexor *74 HC4051*.

Entradas de control				Canal seleccionado
Enable	Selección			
	C	B	A	
L	L	L	L	X0
L	L	L	H	X1
L	L	H	L	X2
L	L	H	H	X3
L	H	L	L	X4
L	H	L	H	X5
L	H	H	L	X6
L	H	H	H	X7
H	X	X	X	Ninguno

Tabla 3.6.

En el punto de contacto entre el termopar y el conector (por lo general hecho de cobre) se forma otro termopar, por lo que no se puede tomar el voltaje directamente, ya que del circuito termoeléctrico equivalente, el voltaje final es menor al voltaje real de la temperatura a medir. En la Figura 3.31 se presenta el circuito termoeléctrico equivalente al conectar el termopar tipo *J* al conector.

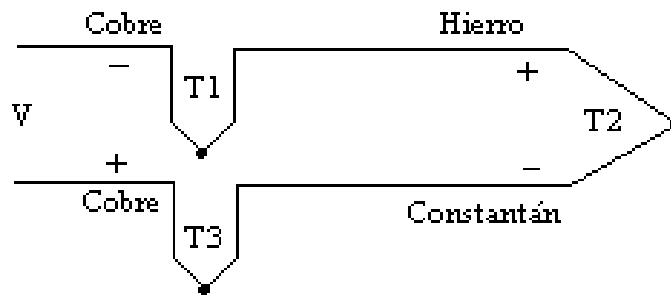


Figura 3.31.

La ecuación (3.47) proporciona el voltaje total del circuito termoeléctrico de la Figura 3.31.

$$V = VT2 - VT3 - VT1 \quad (3.47)$$

De la ecuación (3.47) podemos observar que el termopar que se forma con el conector (*T3* y *T1*), resta voltaje al termopar que nos interesa (*T2*), *T3* y *T1* se encuentran a temperatura ambiente, debido a que los conectores y el cable de los termopares no tienen una longitud considerable y además de que se encuentran a una misma temperatura, se tiene una pérdida de temperatura mínima, por lo que bastaría conocer la temperatura ambiente, para de ésta forma determinar el voltaje equivalente y mediante compensación por software obtener la temperatura real a la que se encuentra el termopar *T2*. Existen tablas mediante las cuales podemos obtener el voltaje para una temperatura determinada, para cada tipo de termopar, si colocamos un sensor de temperatura de circuito integrado (*LM35*) cerca del punto de contacto, se puede determinar la temperatura a la que se encuentran los termopares que se forman entre las uniones, bastaría con conocer la ecuación que permita obtener el voltaje equivalente a la temperatura leída. Como sabemos los termopares tienen un comportamiento no lineal, sin embargo, a temperatura ambiente (0 y 40 °C) podemos considerar que el comportamiento es lineal, en la Tabla 3.7 se presentan los datos de los termopares tipo *J* y *K*, en la cual podemos obtener el voltaje en milivolts para una temperatura dada en °C, con los datos de la Tabla 3.7 y con el método de mínimos cuadrados vamos a determinar una ecuación la cual nos permitirá realizar la compensación mediante software.

TIPO J											
^o C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.000	0.050	0.101	0.151	0.202	0.253	0.303	0.354	0.405	0.456	0.507
10	0.507	0.558	0.609	0.660	0.711	0.762	0.813	0.865	0.916	0.967	1.019
20	1.019	1.070	1.122	1.174	1.225	1.277	1.329	1.381	1.432	1.484	1.536
30	1.536	1.585	1.640	1.693	1.745	1.797	1.849	1.901	1.954	2.006	2.058
40	2.058	2.111	2.163	2.216	2.268	2.321	2.374	2.426	2.479	2.532	2.585
50	2.585	2.638	2.691	2.743	2.796	2.849	2.902	2.956	3.009	3.062	3.115
TIPO K											
^o C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357	0.397
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758	0.789
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.162	1.203
30	1.203	1.244	1.285	1.315	1.366	1.407	1.448	1.489	1.529	1.570	1.611
40	1.611	1.652	1.693	1.734	1.776	1.817	1.858	1.899	1.940	1.981	2.022
50	2.022	2.064	2.105	2.146	2.188	2.229	2.270	2.312	2.353	2.394	2.436

Tabla 3.7.

La ecuación (3.48) permite determinar el voltaje a partir de la temperatura dada por el sensor de circuito integrado, dicha ecuación será programada para realizar la compensación por software.

$$\text{Voltaje} = 5.19405076 \times 10^{-5} \times \text{Temperatura} - 1.46250661 \times 10^{-5} \quad [\text{V}] \quad (3.48)$$

De la misma forma se determino la ecuación 3.49 para el termopar tipo K.

$$\text{Voltaje} = 4.0625436 \times 10^{-5} \times \text{Temperatura} - 1.0566367 \times 10^{-5} \quad [\text{V}] \quad (3.49)$$

3.9. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA LOS CIRCUITOS DE ACONDICIONAMIENTO

A continuación se presenta el análisis de sensibilidad para verificar el comportamiento de los circuitos de acondicionamiento con respecto a la temperatura.

Velocidad del vehículo

El sensor utilizado para determinar la velocidad del vehículo contiene un circuito de compensación contra temperatura, dentro de la etapa de acondicionamiento de dicho sensor el circuito monoestable es el que podría presentar problemas con respecto a la temperatura debido a que contiene resistencias y capacitores. De la ecuación (3.50) dada por el fabricante del circuito monoestable 74LS123, tenemos que el tiempo de disparo es:

$$tw = K \times R \times C \left(1 + \frac{0.7}{R} \right) \quad (3.50)$$

$$tw = KRC + 0.7KC \quad (3.51)$$

La sensibilidad de la función con respecto a la resistencia y la capacitancia está dada por la ecuación (3.52).

$$S_{R,C}^{tw} = \frac{\partial tw}{\partial R} \frac{R}{tw} + \frac{\partial tw}{\partial C} \frac{C}{tw} \quad (3.52)$$

De la ecuación (3.51) determinando la derivada parcial con respecto a R y C, tenemos:

$$\frac{\partial tw}{\partial R} = KC \quad (3.53)$$

$$\frac{\partial tw}{\partial C} = KR + 0.7K \quad (3.54)$$

Sustituyendo en (3.53) y (3.54) en (3.52) encontramos lo siguiente:

$$S_{R,C}^{tw} = (KC) \left(\frac{R}{KRC + 0.7KC} \right) + (KR + 0.7K) \left(\frac{C}{KRC + 0.7KC} \right) \quad (3.55)$$

Simplificando la ecuación (3.55) tenemos:

$$S_{R,C}^{tw} = \frac{R}{R + 0.7} + 1 \quad (3.56)$$

El resultado obtenido después de calcular la sensibilidad nos indica que la duración del pulso depende de la resistencia y la capacitancia. Para verificar la afectación producida por dichos elementos, calcularemos la duración del pulso a -5°C y 50°C , que son casos extremos.

La expresión que describe el comportamiento de la resistencia con respecto a la temperatura se presenta en la ecuación (3.57).

$$R = R0(1 + \alpha\Delta T) \quad (3.57)$$

La variación de la capacitancia con respecto a la temperatura es de 0.004% por $^\circ\text{C}$, tomando en cuenta lo anterior encontramos un valor de resistencia y capacitancia de 152250Ω y $0.10012 \mu\text{F}$ a -5°C y 148125Ω y $0.0999 \mu\text{F}$ a 50°C . Sustituyendo dichos valores en la ecuación (3.50) encontramos que la duración del pulso es de 4.26 ms y 4.14 ms a -5°C y 50°C respectivamente, el valor teórico calculado es de 4.2 ms. De lo anterior podemos concluir que la variación obtenida en el intervalo de temperatura de -5°C a 50°C

es mínima por lo que no afecta a la señal entregada por la etapa de acondicionamiento ya que no habría traslape en los pulsos leídos por el módulo de adquisición.

Revoluciones del motor

El acondicionamiento de esta variable es similar al de velocidad del vehículo, involucra a un circuito monoestable, un transistor que opera en las regiones de saturación y corte, en el mismo no se requiere tener un punto específico dentro de la región de operación. Utilizando la ecuación (3.50) y calculando la resistencia y capacitancia a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ tenemos que $R=568400\ \Omega$ a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $R=553000\ \Omega$ a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, para la capacitancia tenemos que a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ $C=0.0999\ \mu\text{F}$, para $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ $C=0.1001\ \mu\text{F}$, con estos datos encontramos que la duración de los pulsos son 0.0158 s y 0.01549 s para $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectivamente el valor calculado con los valores teóricos es de 0.0156 s . De igual forma que en el caso de la velocidad del vehículo la variación de la duración de los pulsos no afecta en las lecturas realizadas por el convertidor analógico-digital ya que los pulsos no se traslaparán.

Posición del pedal del acelerador

El acondicionamiento del potenciómetro contempla solo un circuito seguidor, el cual solo está contra temperatura. Por lo anterior el análisis se centra en el divisor de tensión que forma el potenciómetro. La ecuación que relaciona el voltaje de salida con respecto del voltaje de entrada se presenta en la ecuación (3.58).

$$V_s = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_e \quad (3.58)$$

La ecuación (3.59) es la sensibilidad de la función de la ecuación (3.58) con respecto a R_1 y R_2 .

$$S_{R_1, R_2}^{V_s} = \frac{\partial V_s}{\partial R_1} \frac{R_1}{V_s} + \frac{\partial V_s}{\partial R_2} \frac{R_2}{V_s} \quad (3.59)$$

Al realizar las derivadas parciales de V_s con respecto a R_1 y V_s con respecto a R_2 encontramos lo siguiente:

$$\frac{\partial V_s}{\partial R_1} = \frac{R_2 V_e}{R_2^2 + 2R_1 R_2 + R_1^2} \quad (3.60)$$

$$\frac{\partial V_s}{\partial R_2} = -\frac{R_1 V_e}{R_2^2 + 2R_1 R_2 + R_1^2} \quad (3.61)$$

Sustituyendo (3.58), (3.60) y (3.61) en (3.59), tenemos:

$$S_{R_1, R_2}^{V_s} = \frac{R_2^2 + R_1 R_2}{(R_1 + R_2)^2} - \frac{R_2^2 + R_1 R_2}{(R_1 + R_2)^2} = 0 \quad (3.62)$$

El resultado dado por la ecuación (3.62) nos indica que para un divisor de tensión con resistencias, no se tiene afectación en el resultado debido a la variación en las resistencias por la temperatura.

Sensores de Temperatura LM35 y LM135

Los sensores de temperatura de circuito integrado LM35 y LM135 vienen compensados contra temperatura y las condiciones de operación en las cuales operará están dentro de las condiciones dadas por el fabricante, por otra parte se utiliza un divisor de tensión en el acondicionamiento del sensor LM135 y como pudimos observar en el análisis hecho para el sensor de posición del pedal del acelerador no afecta en el resultado la variación de las resistencias debido a la Temperatura. La señal entregada por el sensor LM35 pasa solo por un circuito seguidor, el cual se construye con un amplificador operacional que también está compensado contra temperatura y que no requiere de ningún circuito extra.

Humedad ambiente

De los circuitos de acondicionamiento utilizados este es el que mayor afectación tiene con respecto a la temperatura por la cantidad de componentes que se requirieron. El análisis de sensibilidad para este circuito de acondicionamiento comenzará con el oscilador, la frecuencia de oscilación está dada por la ecuación (3.63).

$$f = \frac{1.44}{(R_a + 2R_b)C} \quad (3.63)$$

Obteniendo la sensibilidad de la frecuencia con respecto de las resistencias R_a , R_b y el capacitor C , tenemos:

$$S_C^f = \frac{\partial f}{\partial C} \frac{C}{f} = -\frac{1.44C}{C(R_a + 2R_b)} \left(\frac{R_a + 2R_b}{1.44} \right) = -1 \quad (3.64)$$

$$S_{Ra}^f = \frac{\partial f}{\partial Ra} \frac{Ra}{f} = -\frac{Ra}{Ra + 2Rb} < 1 \quad (3.65)$$

$$S_{Rb}^f = \frac{\partial f}{\partial Rb} \frac{Rb}{f} = -\frac{2Rb}{Ra + 2Rb} < 1 \quad (3.66)$$

Para el convertidor de frecuencia a voltaje tenemos que el voltaje de salida está dado por la ecuación (3.67).

$$V_o = f(2.09)(V) \left(\frac{Rl}{Rs} \right) (Rt)(Ct) \quad (3.67)$$

La sensibilidad de V_o con respecto a f es:

$$S_f^{V_o} = \frac{f_{in}}{f_{in}(2.09)(V) \left(\frac{Rl}{Rs} \right) (Rt)(Ct)} \left((2.09)(V) \left(\frac{Rl}{Rs} \right) (Rt)(Ct) \right) = 1 \quad (3.68)$$

De igual forma se determinó la sensibilidad del voltaje de salida con respecto a R_t y C_t encontrando que todas las variables afectan el voltaje de salida, debido a la variación que sufren con respecto a la temperatura. Para determinar los extremos de variación determinaremos el voltaje de salida en un punto a -5°C y a 50°C .

Para -5°C tenemos que:

$$Ra = 120000(1 - 0.0005(-30)) = 121800\Omega = Rb$$

$$C = 1 \text{ pF}, \quad 0.004(30) = 0.12 \%, \quad C = 1.0012 \text{ pF}$$

$$f = \frac{1.44}{(365400)(1.0012e^{-9})} = 3936 \text{ Hz}$$

$$R_t = 68000(1 - 0.0005(-30)) = 6902 \Omega$$

$$R_l = 100000(1 - 0.0005(-30)) = 101500 \Omega$$

$$R_s = 15000(1 - 0.0005(-30)) = 15225 \Omega$$

$$V_o = (3936)(2.09)(8) \left(\frac{101500}{15225} \right) (6902)(1.4e^{-9}) = 4.24 \text{ V}$$

Para 50 °C tenemos que:

$$R_a = 120000(1 - 0.0005(25)) = 118500\Omega = R_b$$

$$C = 1 \text{ pF}, \quad 0.004(25) = 0.1 \%, \quad C = 0.999 \text{ pF}$$

$$f = \frac{1.44}{(355500)(999e^{-12})} = 4054 \text{ Hz}$$

$$R_t = 68000(1 - 0.0005(25)) = 6715 \Omega$$

$$R_l = 100000(1 - 0.0005(25)) = 98750 \Omega$$

$$R_s = 15000(1 - 0.0005(25)) = 14812.5 \Omega$$

$$V_o = (4054)(2.09)(8) \left(\frac{98750}{14812.5} \right) (6715)(1.4e^{-9}) = 4.25 \text{ V}$$

El valor teórico calculado es de 4.35 V a 25 °C. de acuerdo a los valores de los componentes obtenidos a -5 °C y a 50 °C, se determinaron los valores de los tres puntos que sirvieron para determinar la ecuación que describe el comportamiento del sensor de humedad obteniendo lo siguiente:

TEÓRICO [%]	CALCULADO [%]
70%	63.80%
75.50%	77.88%
12%	0%

En la Figura 3.32 se presentan las gráficas de las curvas obtenidas considerando las variaciones con respecto a la temperatura. En la misma se aprecia que dicha variación es considerable, sin embargo el sistema de adquisición de datos adquiere temperatura ambiente por lo que se puede compensar dicha variación mediante software.

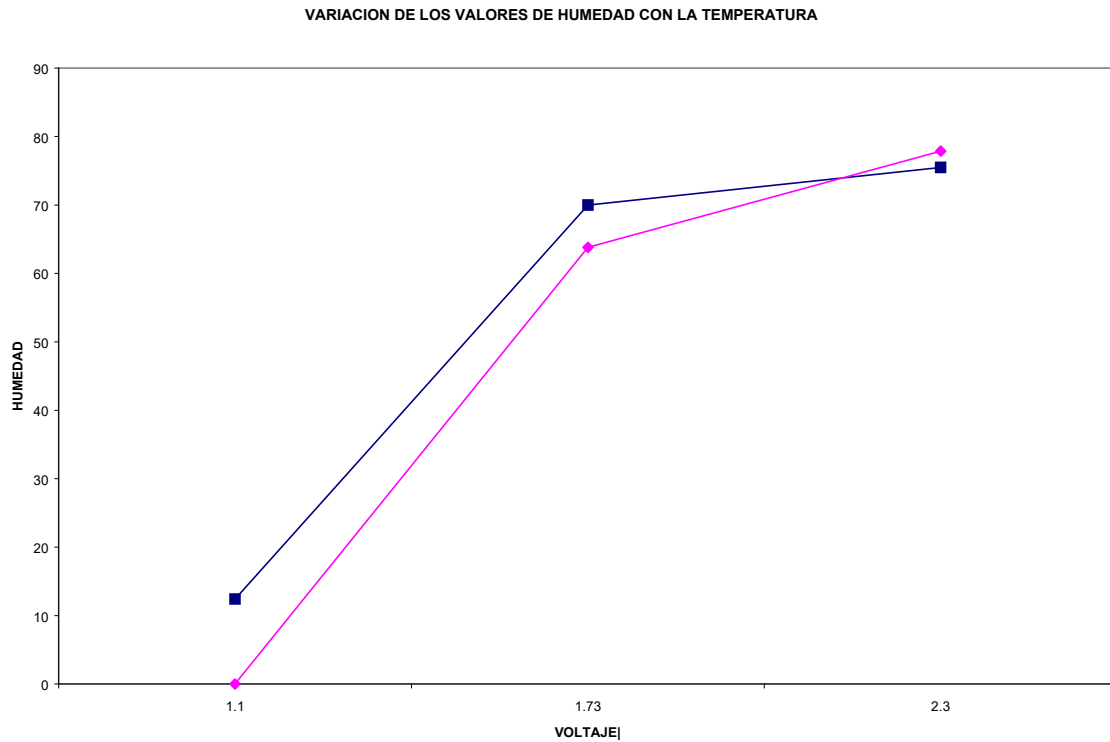


Figura 3.32.

Termopares

El acondicionamiento de los termopares solo contempla un multiplexor y un amplificador de instrumentación, la ecuación que proporciona el voltaje de salida de dicho amplificador es solo función de voltajes y no involucra resistencias y capacitores, es por eso que el voltaje de salida no se ve afectado por la variación de temperatura en las resistencias involucradas en el circuito de acondicionamiento.

Una vez que hemos presentado los aspectos relacionados con el diseño del hardware, en el siguiente capítulo se presentarán los programas desarrollados para la adquisición de los datos y el manejo de los mismos.

CAPÍTULO 4

DISEÑO DEL SOFTWARE

En este capítulo se presentan los programas que fueron desarrollados para la adquisición de los datos y el registro y presentación de los mismos. El programa para la adquisición de los datos controla al módulo de adquisición de datos y fue desarrollado en *lenguaje C*, en el ambiente de programación *Dynamic C*. El programa que registra y presenta los datos se desarrolló en *Visual Basic*, y además de realizar la comunicación serial entre la estación de análisis de datos y el módulo de adquisición.

4.1. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN DYNAMIC C

Dynamic C es un sistema de desarrollo integrado, el cual corre en una computadora personal (PC o compatible) bajo ambiente *Windows* o *MSDOS*, diseñado para ser usado con la familia de microcontroladores *Z-World*. Todos los controladores *Z-World* se basan en el microprocesador *Z180*, cuentan con entradas y salidas analógicas, entradas y salidas digitales, reloj y contadores. Se puede programar la operación del controlador *Z-World* usando una variante del conocido lenguaje de programación *C*.

Dynamic C cuenta con un editor de textos, compatible con otros editores de texto, por ejemplo el editor del sistema operativo *MSDOS*. Se puede ejecutar y depurar un programa de manera interactiva, al final, se puede crear un archivo para programar una memoria *EPROM*, la cual correrá el programa una vez que sea colocada en la tarjeta que contiene al microcontrolador (*Little-G*).

Dynamic C proporciona una ventana de entradas/salidas, una ventana de enlace, y una ventana de depuración “*Watch*”. La ventana de enlace despliega el código compilado, la ventana “*Watch*” permite ver el tipo y la evaluación de una expresión. *Dynamic C* permite depurar, colocar y borrar puntos de ruptura, al correr el programa paso a paso y permite ver la ejecución a nivel ensamblador.

Dynamic C viene con funciones de librería, todas con código de origen, estas librerías soportan programación en tiempo real, proporciona cadenas estándar y funciones matemáticas. En la Figura 4.1 se presenta la pantalla del ambiente de programación *Dynamic C*.

```

Dynamic C - [C:\ADC\ADY16.C]
File Edit Search Compile Run/Debug Watch Options Window
/*****
* File      : SADAB.C
* Lenguaje: Dynamic C, by Z-World
* Autor    : Gerardo De La Cruz Balleza
* Fecha    : 22/FEBRERO/1999
* Revisión: 20/SEPTIEMBRE/1999
*
* Descripción:
*   SADAB Sistema de Adquisicion de Datos a Bordo de un vehiculo
*
* Entradas:
*   DRQ0
*   DRQ1
*
* Salidas:
*   Contador1
*   Contador2
*
* Notice: Este programa fue creado por
*   Universidad Nacional Autónoma de México
*   Facultad de Ingenieria
*   Laboratorio de Control de Emisiones
*   Gerardo De La Cruz Balleza
*
*   Usa el controlador Little Genius
*   fabricadas por:
*   Z-World E, Inc
*****/
Line: 1      Column: 1      Modified      Insert      Edit

```

Figura 4.1.

C es un lenguaje de programación flexible para el desarrollo de controladores, ofrece acceso estructurado a nivel de máquina, es un lenguaje de programación de alto nivel, además de que es muy popular por su eficiencia y compatibilidad. *Dynamic C* soporta programación en lenguaje ensamblador, para esto no se requiere salir de C o del sistema de desarrollo. Las diferencias entre el lenguaje tradicional C y *Dynamic C* es que, este último integra las funciones de editar, compilar, comunicar, ejecutar y depurar, dentro de un programa. *Dynamic C* compila directamente a memoria del Z180, las funciones de librería y el compilado es transmitido a través de un cable de comunicación. En una computadora rápida (486 en adelante), *Dynamic C* puede compilar más de 250 líneas de código por segundo, generando cerca de 2500 bytes de código de máquina por segundo. En el apéndice D se presentan las principales funciones de librería utilizadas en el desarrollo del programa para la adquisición de los datos.

4.2.PROGRAMA PARA LA ADQUISICIÓN DE LOS DATOS Y EL MANEJO DE LA MEMORIA

El programa para la adquisición de los datos debe ser capaz de obtener los valores de voltaje entregados por los diferentes sensores, adquiriendo once variables segundo a segundo y al mismo tiempo almacenar cada una en memoria; además, el programa debe estar preparado para una posible comunicación con la estación de análisis de datos. En la Figura 4.2 se presenta el diagrama de flujo general del programa para la adquisición de los datos.

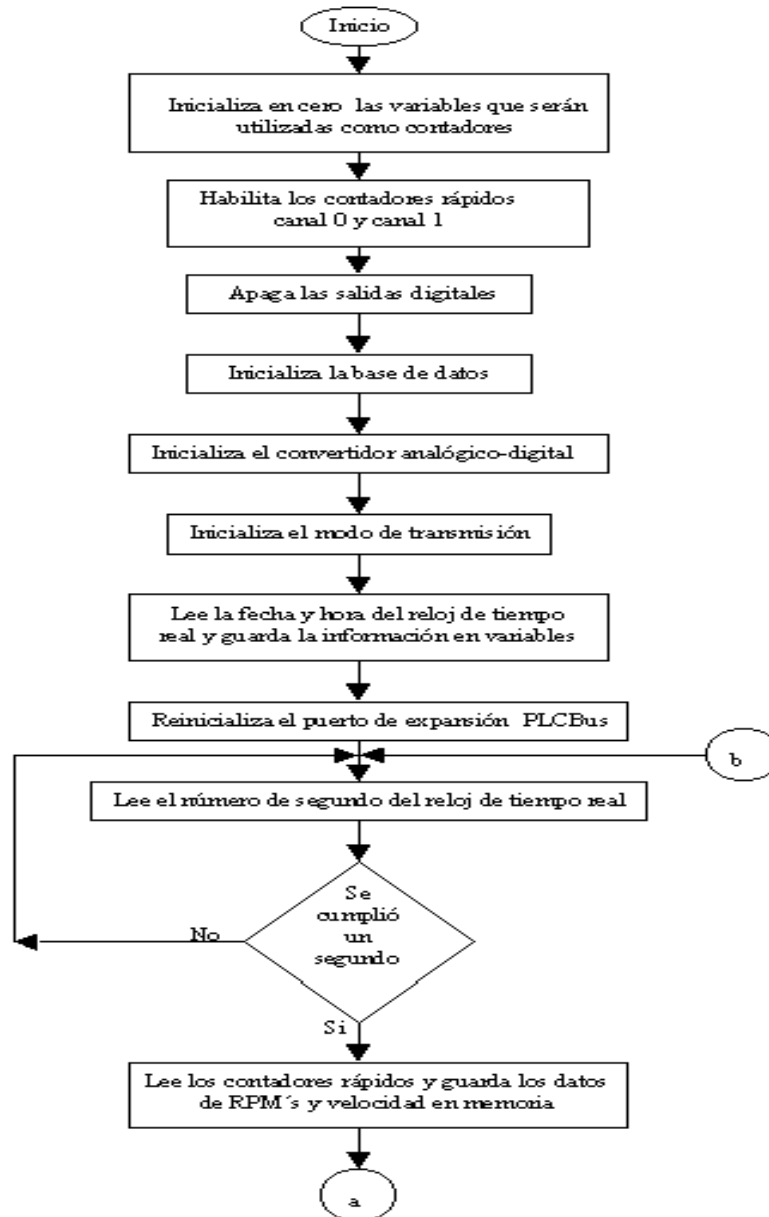


Figura 4.2. (Continúa)

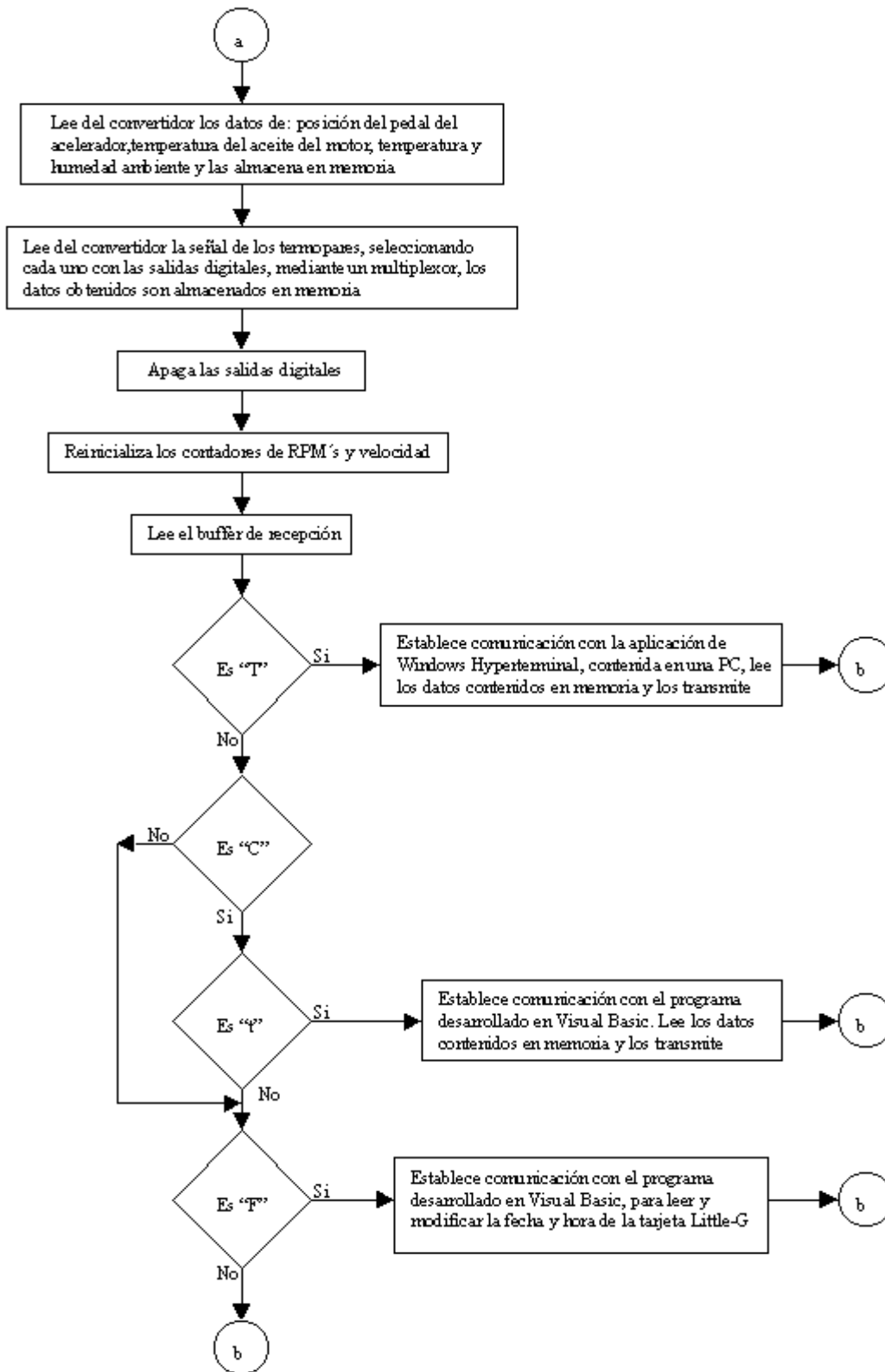


Figura 4.2.

A continuación se describe el diagrama de flujo general del sistema, posteriormente se detallarán algunos aspectos importantes del mismo. Al iniciar el programa se inicializan en cero las variables que serán utilizadas como contadores. A continuación se habilitan los canales de requerimiento (contadores rápidos) para leer las señales que entregan los acondicionamientos de los sensores de revoluciones del motor y velocidad del vehículo, asignando el canal cero a las rpms del motor y al canal 1 la velocidad del vehículo. Se apagan las salidas digitales que controlan las líneas de selección del multiplexor, para la lectura de los termopares, con las salidas digitales se seleccionará el termopar a leer, esa selección se realizará después de adquirir las primeras seis variables. La base de datos es definida en 450 *Kbytes* (460800 bytes), que es la capacidad total de la memoria, se coloca el apuntador que permitirá introducir los datos en memoria, apuntando en la dirección de la localidad cero de la base de datos. El convertidor analógico digital es inicializado para leer el canal cero (positivo), sin ganancia y con compensación por software, posterior a esto se define el modo de transmisión seleccionando el modo de transmisión de 8 bits, sin paridad, a una velocidad de transmisión de 9600 *bauds* (bits por segundo), sin conexión de *modem* y sin realizar eco después de realizar la transmisión, la selección de éste modo de transmisión se debe a que Visual Basic 4 realiza la recepción y transmisión de manera confiable a la velocidad definida con los parámetros antes especificados. Los datos que se fijan en este modo de transmisión se especifican en una estructura definida en el lenguaje de programación *Dynamic C*, la estructura se presenta en el apéndice C. Después de realizar los pasos anteriores, el programa lee el reloj de tiempo real, obteniendo de manera secuencial el día, mes, año, hora, minuto y segundo asignando cada valor a una variable, al leer en este instante la fecha y hora permite determinar el instante en que inició el muestreo, por recomendación del fabricante se reinicializa el convertidor analógico/digital antes de realizar cualquier lectura. En este punto, el programa entra al ciclo principal del sistema, se realiza una comparación que permite determinar si se puede iniciar con la adquisición de los valores leídos por el convertidor analógico/digital. Una vez iniciada la adquisición se determinan los valores de cada una de las variables almacenando la información en memoria; con las salidas digitales se selecciona el canal del multiplexor, a leer de esta forma se determina el valor entregado por los termopares almacenándolos en memoria. Posteriormente se apagan las salidas digitales para disminuir el consumo de corriente en el sistema, se reinician los contadores rápidos y se lee el *buffer* de recepción para ver si existe un requerimiento externo para la comunicación con el sistema; si en el *buffer* de recepción se encuentra una letra "T", el programa entra en una rutina que transfiere la información contenida en memoria mediante la aplicación de *Windows Hyperterminal*; si es una letra "C" el programa entra en una rutina que retransmite la misma letra, la cual al ser recibida por la estación de análisis de datos determina que la comunicación se ha establecido, dejando abierto el canal de comunicación y transmitiendo a su vez una letra "t", dicha letra al ser leída permite al programa entrar en una rutina para transmitir la información almacenada en memoria del sistema hacia la estación de análisis de datos. Si es leída una letra "F" del *buffer* de recepción el programa lee la fecha y hora del sistema y lo transmite a la estación de análisis de datos. Por último, si se encuentra un valor diferente a los antes mencionados, el programa regresa a leer nuevamente el convertidor analógico-digital repitiéndose de esta manera el ciclo.

En la Figura 4.3 se presenta el diagrama de flujo de la parte del programa que toma la decisión para iniciar el muestreo dentro del ciclo principal del sistema.

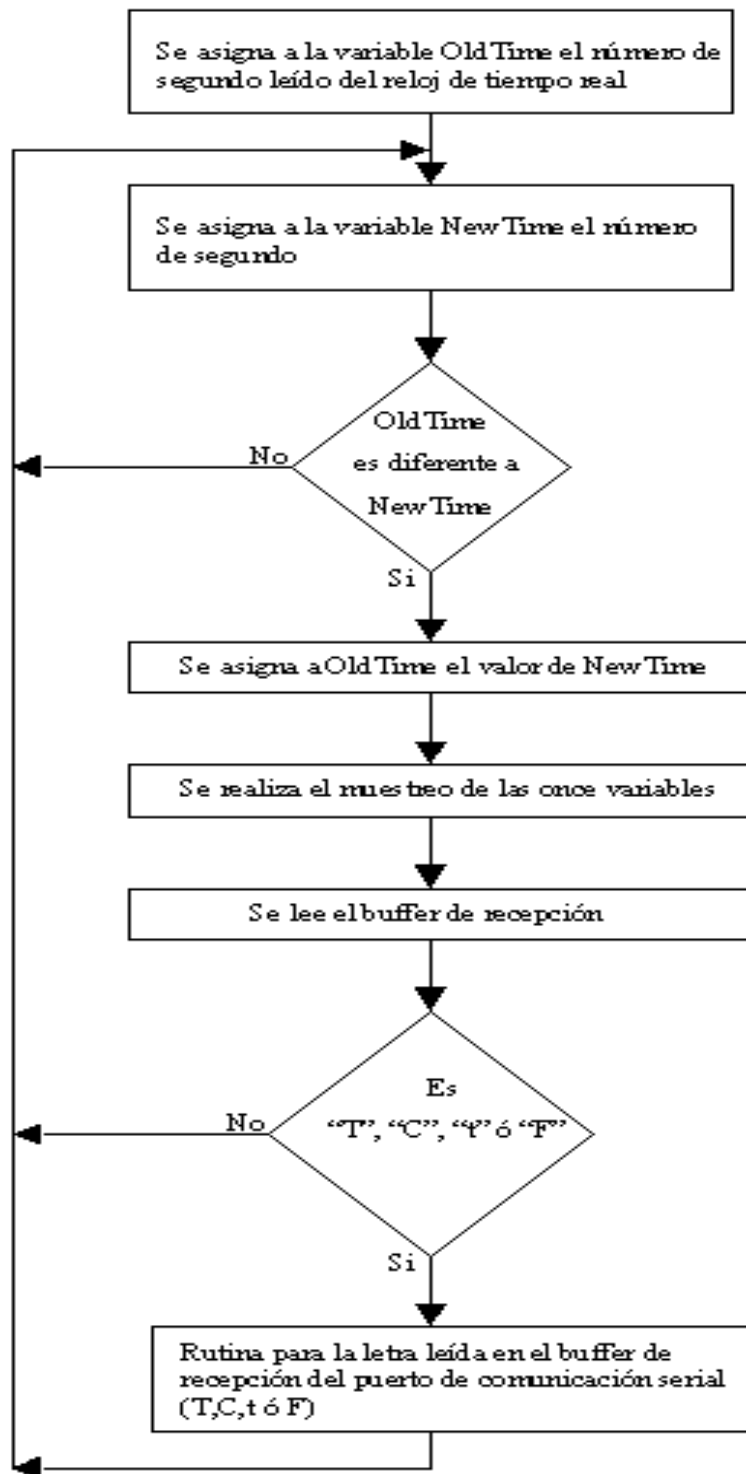


Figura 4.3.

En el programa principal se lee el reloj de tiempo real, y se asigna a una variable llamada *OldTime* el valor del segundo, se vuelve a leer el reloj de tiempo real y se asigna el nuevo valor del segundo a la variable *NewTime*, ambas variables son comparadas y si el valor de ambas es el mismo se vuelve a leer el reloj de tiempo real y el número de segundo es asignado a la variable *NewTime*, esto se realizará hasta que el valor de ambas variables sea diferente. Una vez cumplida esta última condición se asigna el valor de *NewTime* a *OldTime* y se realiza el muestreo de las once variable de manera secuencial almacenando dicho valor en memoria, posteriormente se lee el buffer de recepción del puerto de comunicación serial. Si se encuentran las letras T, t, C o F el programa entra en una rutina en específico para cada letra (dichas rutinas se expondrán más adelante), si no se encuentra ninguna de las letras antes mencionadas el programa regresa a tomar los valores entregados por el convertidor analógico-digital, iniciando con esto el ciclo de almacenamiento de información.

A continuación se presenta la forma como son adquiridas las once variables y el proceso que se les da a cada una, primeramente para las revoluciones del motor y la velocidad del vehículo se leen los contadores rápidos canales 0 y 1 (dichos contadores fueron habilitados al inicio del programa y se inicializaron con un valor de *FF*, valor hexadecimal), el contador decrementará su valor en uno cada vez que se detecte un flanco de bajada en la señal leída por los canales 0 o 1 (revoluciones del motor y velocidad del vehículo respectivamente), cada que se lee un canal se tiene una interrupción que detiene el conteo, en este instante se realiza una diferencia de *FF* menos el valor del contador y el resultado es el número de pulsos leído, por lo que se tiene el valor de la frecuencia de la señal del canal 0 o 1, el valor obtenido es almacenado en memoria, cada vez que un dato es almacenado en memoria el apuntador que contiene la dirección de la localidad de almacenamiento es incrementado en una localidad. Debido a lo anterior el primer dato que vamos a encontrar en memoria es el de las revoluciones del motor, seguido de la velocidad del vehículo.

Una vez que se tiene el valor de rpms y velocidad del vehículo, se lee el canal cero positivo (*ANO+*) del convertidor analógico-digital, en cuyo conector se encuentra la señal proporcionada por el acondicionamiento del sensor de posición del pedal del acelerador, se realiza un retardo de 450 μ s que permite al convertidor realizar la conversión sin error (dato proporcionado por el fabricante). El valor obtenido por el convertidor es multiplicado por mil para tener valores enteros en memoria, ya que el valor que lee el convertidor es del orden de los *mV*, cabe resaltar que cada vez que se almacena un valor en memoria es incrementado en una localidad el apuntador que contiene la dirección de la localidad donde será almacenado el siguiente valor.

De la misma forma se habilitan de manera secuencial los canales para leer las señales de temperatura del aceite del motor, temperatura y humedad ambiente (canales *ANO-*, *ANI+* y *ANI-*). La señal leída de temperatura del aceite del motor es de 1 *mV/K*, esto debido a la característica del sensor; se realiza la operación necesaria para convertir el valor en $^{\circ}$ C y el resultado es almacenado en memoria, la operación realizada se presenta en la ecuación (4.1).

$$temp = (temp - 0.273) * 1000 \quad (4.1)$$

El valor leído del acondicionamiento del sensor de temperatura ambiente sólo requiere ser escalado para tener la lectura en °C, esto se logra multiplicando el valor encontrado por el convertidor por cien.

El valor del voltaje leído del acondicionamiento del sensor de humedad ambiente es almacenado en la variable *hum*. En el capítulo 3 se determinó una ecuación que permite obtener el valor de la humedad en porcentaje, a partir del voltaje entregado por la etapa de acondicionamiento. Al valor almacenado en la variable *hum* se le aplica dicha ecuación y de esta forma se almacena en memoria el valor de la humedad en porcentaje, esta operación se presenta en la ecuación (4.2).

$$hum = 284.295 hum - 68.15 hum^2 - 217.8643 \quad (4.2)$$

Hasta este punto se tienen seis variables en memoria, después de almacenar estos datos, se realiza un llamado a la función *Termopares()*, la cual activará las salidas digitales de la Tarjeta *Little-G*, para de esta forma seleccionar el canal de entrada de cada termopar. En la Figura 4.4 se presenta el diagrama de flujo para la adquisición de los datos correspondientes a los termopares.

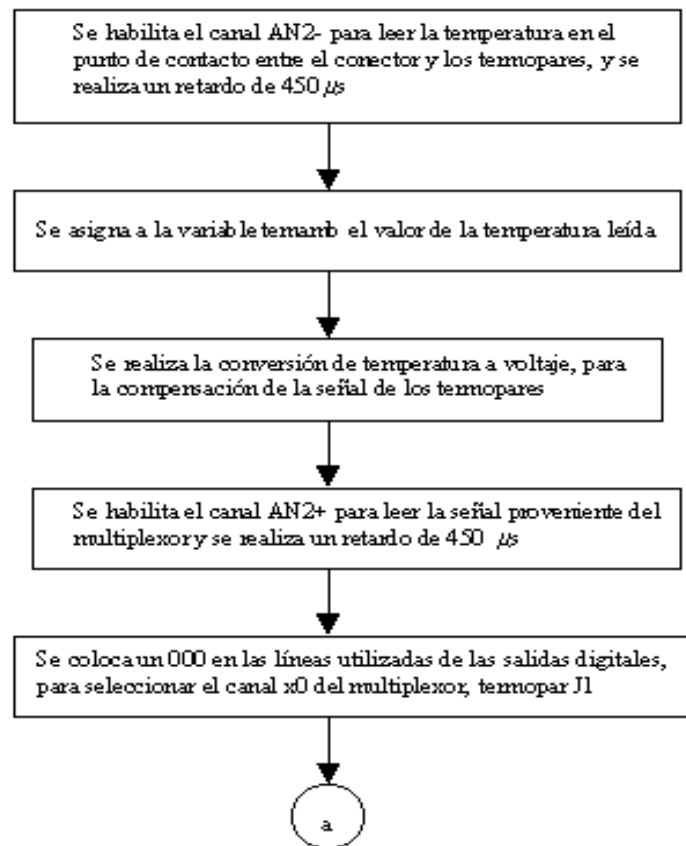


Figura 4.4. (Continúa)

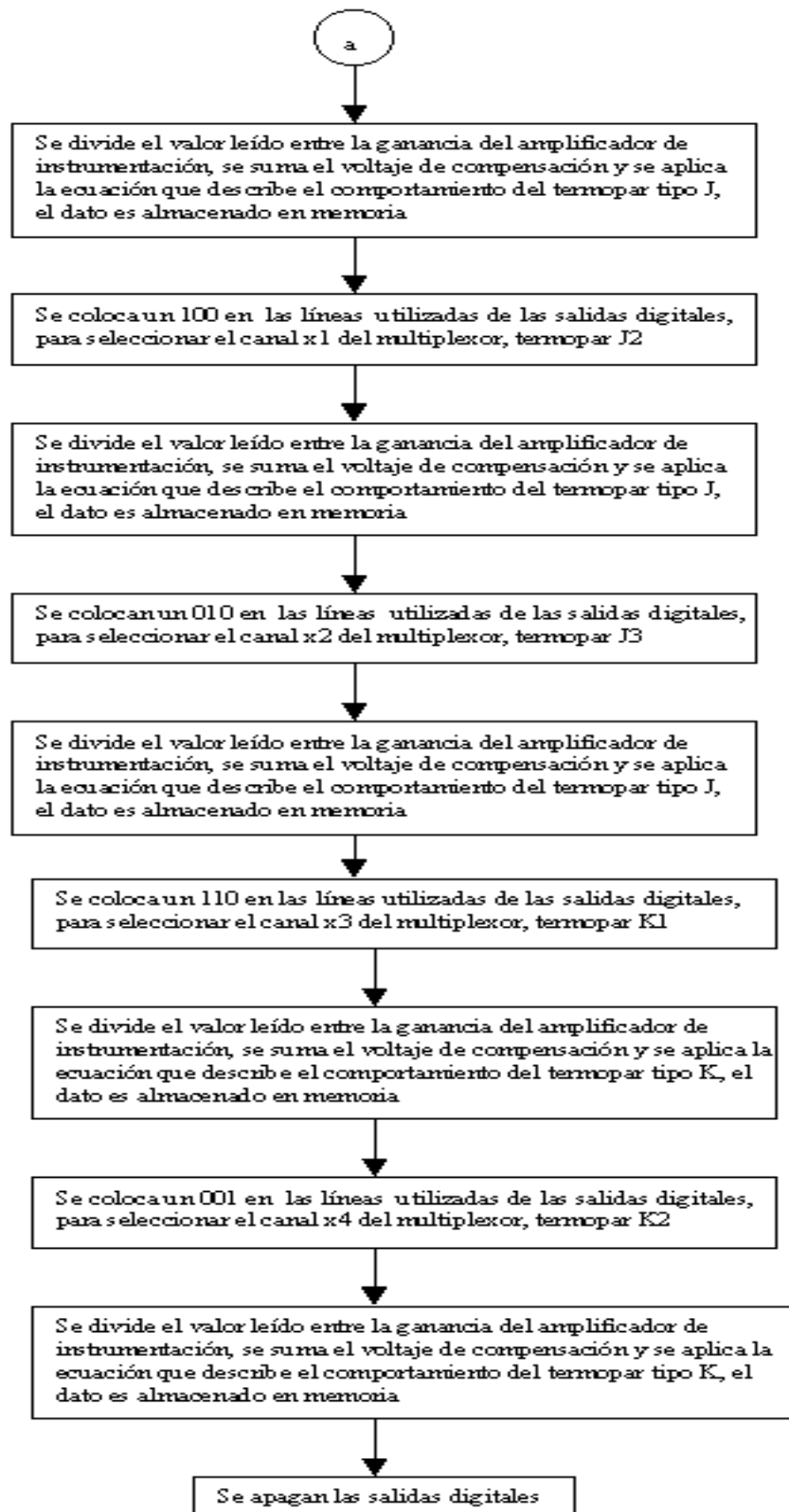


Figura 4.4.

Como primer paso se habilita el canal AN2-, para leer la señal del sensor de temperatura de circuito integrado, que permite determinar la compensación requerida para la señal de los termopares. Las ecuaciones (4.3) y (4.4) nos indican el voltaje de compensación para los termopares tipo *J* y *K*.

$$\text{Volt}J = 5.1941 \times 10^{-5} \text{ temamb} - 1.4626 \times 10^{-5} \quad (4.3)$$

$$\text{Volt}K = 4.06255 \times 10^{-5} \text{ temamb} - 1.0566 \times 10^{-5} \quad (4.4)$$

Continuando el proceso de medición se habilita el canal AN2+, que es donde se conecta la señal proveniente del circuito acondicionador de los termopares, mediante las salidas digitales se selecciona el canal de entrada, que contiene a un termopar. En la tabla 4.1 se presenta el termopar seleccionado dependiendo del canal habilitado con las salidas digitales.

Termopar	Canal del Multiplexor	Línea de selección A	Línea de selección B	Línea de selección C
TIPO J1	X0	0	0	0
TIPO J2	X1	1	0	0
TIPO J3	X2	0	1	0
TIPO K1	X3	1	1	0
TIPO K2	X4	0	0	1

Tabla 4.1.

Las líneas de selección habilitadas con las salidas digitales permiten seleccionar el termopar. Cabe comentar que todas las señales de los termopares pasan por la misma etapa de acondicionamiento en la cual se le da una ganancia de 21, antes de llegar al convertidor analógico-digital. La señal obtenida al leer el convertidor se divide entre el valor de la ganancia, para tener el voltaje en *mV*, esto con el fin de poder aplicar la ecuación que describe el comportamiento del termopar dada por el fabricante. Al obtener el voltaje en *mV* se le suma el voltaje de compensación encontrado y se aplica la ecuación que describe el comportamiento del termopar. El valor obtenido es almacenado en memoria, esto se realiza para cada termopar y una vez que fueron leídos los cinco son apagadas las salidas digitales para limitar el consumo de corriente.

Como se mencionó anteriormente, dentro del ciclo principal del sistema existe una rutina que lee el *buffer* de recepción del puerto de comunicación serial. A continuación se describen las rutinas a las cuales entra el programa cuando se encuentra en el *buffer* de recepción una letra previamente definida: si se tiene una letra “*T*” se interrumpe el muestreo y el programa entra en una rutina que permite leer y transferir el contenido de la memoria a una unidad de almacenamiento externo al sistema (disco duro de una computadora o discos magnéticos) mediante *Hyperterminal*, Figura 4.5.

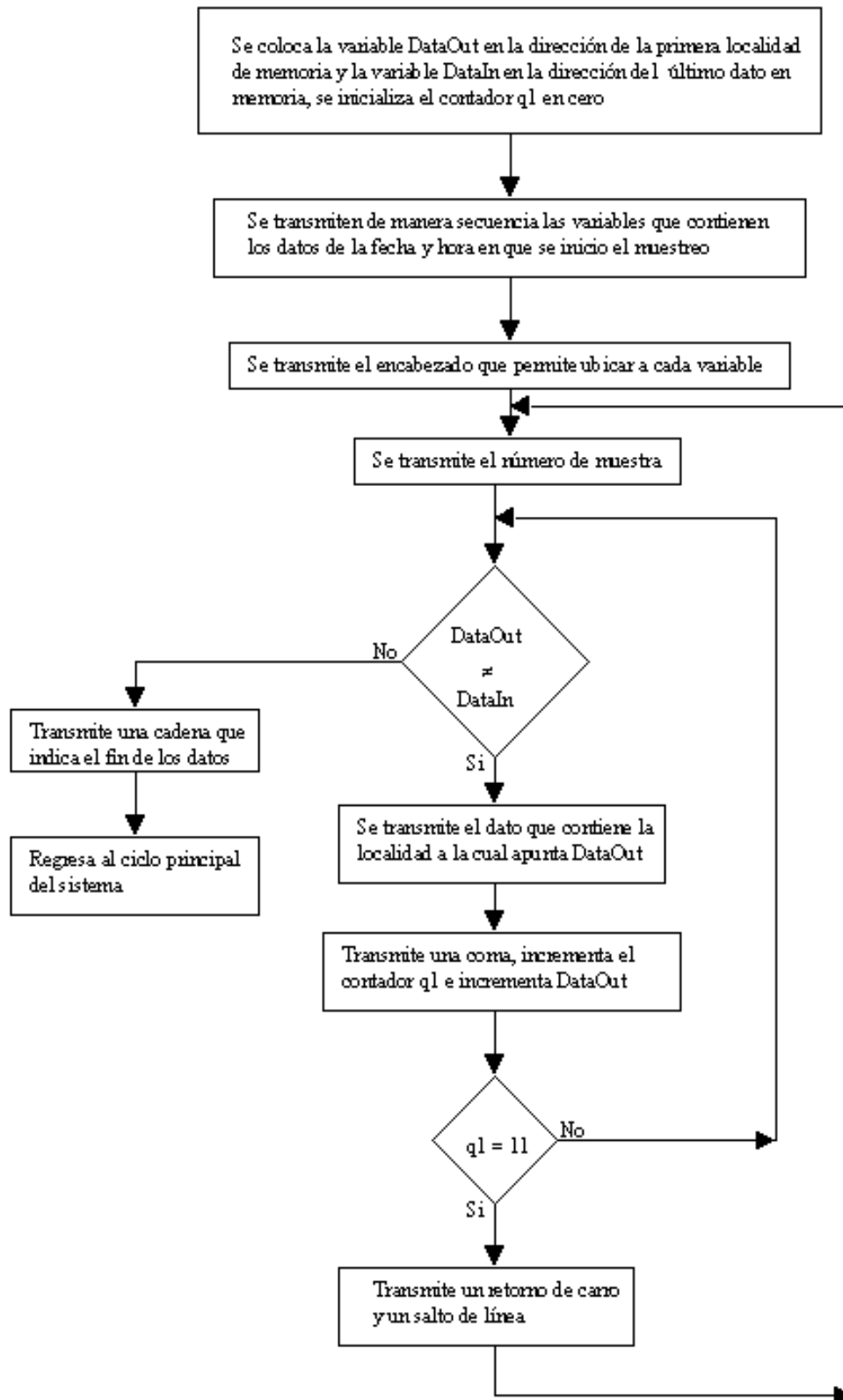


Figura 4.5.

Como primer paso en esta rutina se inicializa el apuntador *DataOut*, en la dirección de la primera localidad de memoria y el apuntador *DataIn* en la dirección del último dato en memoria; el contador *ql* que servirá para ordenar los datos se inicializa en cero; las variables que contienen los datos de fecha y hora en que se inició el muestreo son transmitidas, las variables que contienen la fecha se transmiten separadas con una diagonal y después de que el año fue transmitido se da un retorno de carro y un salto de línea, las variables que contienen la hora son transmitidas separadas por dos puntos, después de transmitir la variable que contiene el número de segundo se transmite un retorno de carro y un salto de línea para ubicar el cursor en el extremo izquierdo de la página. A continuación se transmite el encabezado que indica la posición que guarda el número de muestreo y cada una de las once variables; se transmite el número de muestreo realizado y se realiza una comparación entre los apuntadores *DataOut* y *DataIn*, si la dirección a la que apuntan ambos es la misma, quiere decir que se ha llegado al último dato contenido en memoria, por lo que se transmite una cadena de caracteres que indican que los datos se han terminado, por el contrario si ambas direcciones son diferentes, se transmite el dato que contiene la localidad de memoria a la cual apunta *DataOut* enseguida se transmite una coma, se incrementa el contador *ql* y se incrementa en una localidad el apuntador *DataOut*, se pregunta por el estado del contador *ql*, si su valor no es once, continua leyendo la memoria y transmitiendo el dato seguido por una coma, por el contrario si el valor del contador *ql* es once, quiere decir que las once variables del segundo de muestreo han sido transmitidos, por lo que se envía un retorno de carro y un salto de línea para ordenar los datos, se vuelve a enviar el número de muestra y el ciclo vuelve a empezar, el ciclo continuará hasta que los datos contenidos en memoria hayan sido leídos en su totalidad.

Prosiguiendo con el programa, si en el *buffer* de recepción se encuentra una letra “C”, el programa transmite la misma letra “C”, esta rutina sirve para entablar comunicación con el programa de la estación de análisis de datos desarrollado en *Visual Basic*. El programa de la estación de análisis de datos, cuando realiza por primera vez la conexión con el módulo de adquisición, al seleccionar el puerto serial de la computadora por el cual se va a entablar la comunicación, envía una letra “C”, el programa del módulo de adquisición al recibir dicha letra la retransmite, si el programa de la estación de análisis de datos vuelve a recibir la misma letra activa los botones requeridos para vaciar la información contenida en memoria del módulo de adquisición de datos.

Si la letra que contiene el *buffer* de recepción es una “t”, el programa entra en una rutina que permite leer los datos contenidos en memoria mediante el programa de la estación de análisis de datos, Figura 4.6.

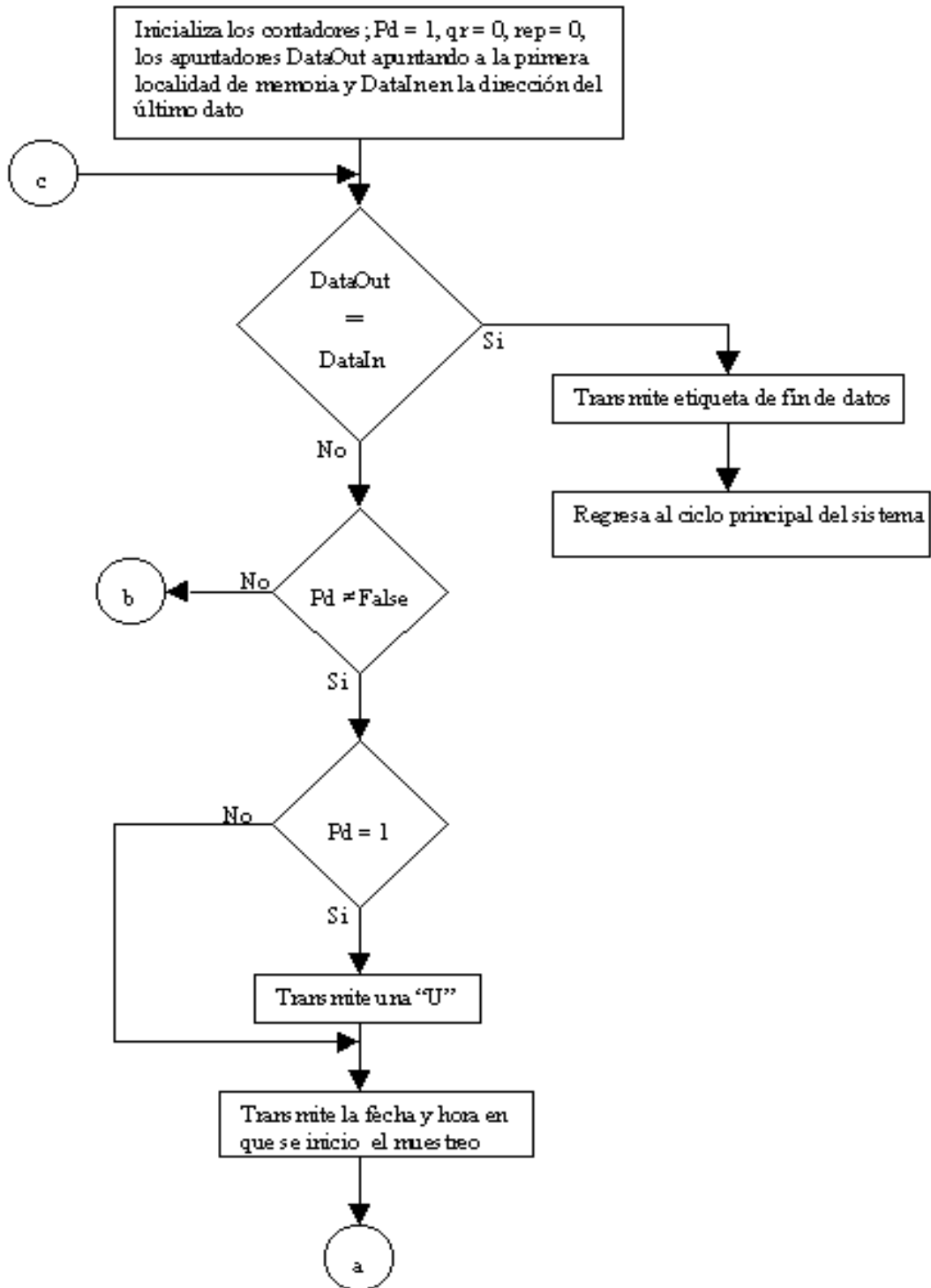


Figura 4.6. (Continúa)

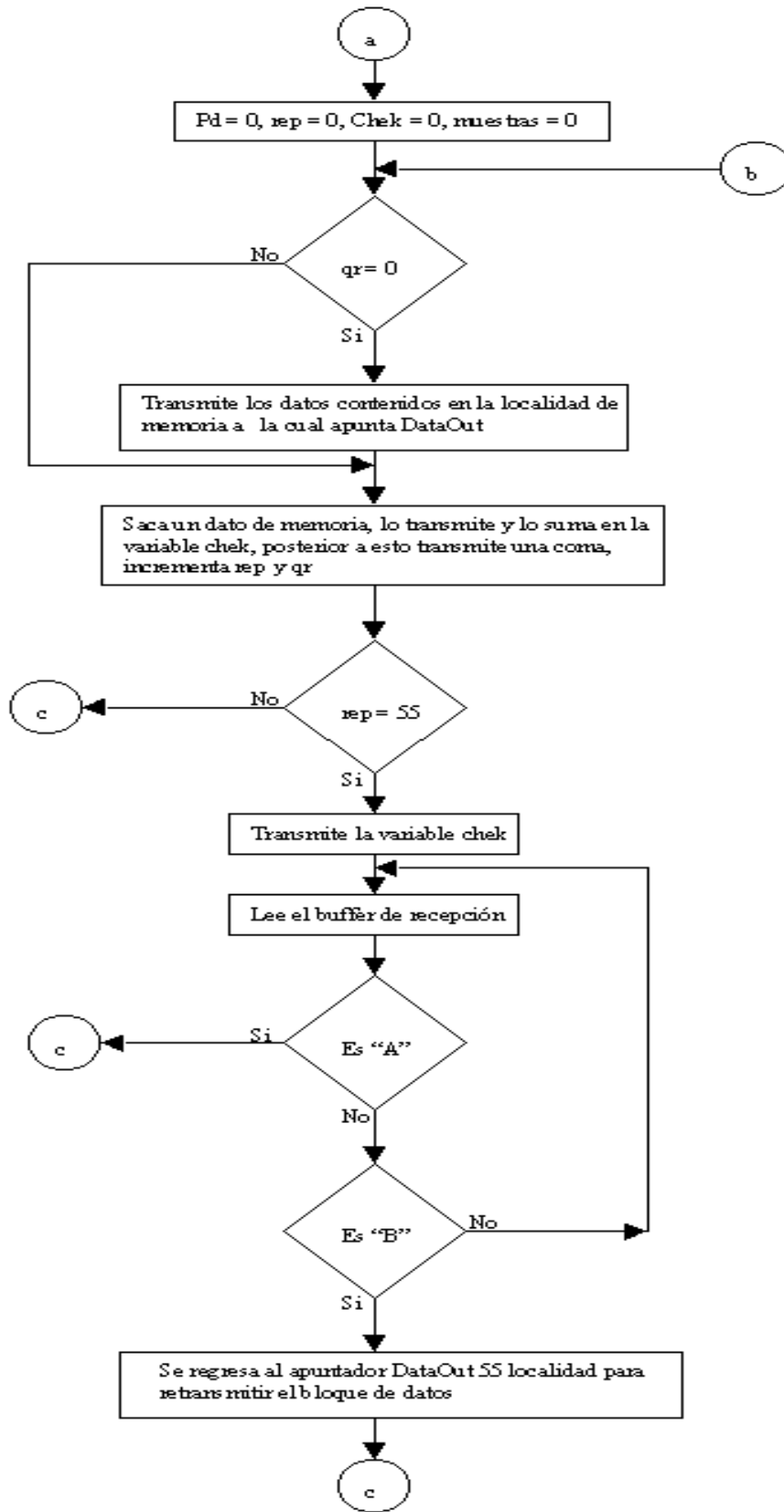


Figura 4.6.

Como primer paso el programa inicializa en cero algunos contadores que servirán para que el programa entre en algunos ciclos. Se comparan los apuntadores *DataOut* y *DataIn*, si la dirección a la que apuntan ambos es la misma, el programa transmite una etiqueta de fin de datos y regresa al ciclo principal del sistema; si la dirección de ambos apuntadores es diferente, el programa pregunta por el estado del contador *Pd*, el cual al iniciar la rutina por primera vez se encuentra en uno, si se cumple esta condición se transmite una letra “U”, la cual permite establecer comunicación con la rutina del programa de la estación de análisis de datos que permitirá crear un archivo tipo texto, el cual contendrá los datos almacenados en memoria del módulo de adquisición de datos. Posterior a esto transmite las variables que contienen la fecha y hora en que inicio el muestreo, y se ajustan los contadores de tal forma que no se vuelva a enviar la hora y fecha, en este punto el programa entra en un ciclo que permite transmitir bloques de 55 datos, con el respectivo número de muestreo y cada dato separado por una coma; el transmitir la coma después del dato permite identificar a la estación de análisis de datos cada una de las variables. Cada uno de los datos que se saca de la base de datos es sumado en una variable, el resultado final de esta suma es transmitido al final del bloque de 55 datos, la finalidad de esto es para poder detectar error en los datos; después de enviar el bloque de 55 datos con la suma de los mismos, el programa lee el *buffer* de recepción del puerto de comunicación serial, ya que espera respuesta de la estación de análisis de datos. Si en el *buffer* de recepción se encuentra una letra “A”, el programa del módulo de adquisición de datos envía el siguiente bloque de 55 datos (lo anterior es debido a que el programa de la estación de análisis de datos transmite una letra “A” cuando al recibir los datos y al sumarlos el valor de la suma coincide con la realizada por el módulo de adquisición de datos, lo que quiere decir que no hubo error al recibir los datos contenidos en memoria del módulo de adquisición de datos). Por el contrario, cuando la suma de los datos recibidos por la estación de análisis de datos no coincide con los transmitidos por el módulo de adquisición de datos, se transmite una letra “B”. Cuando esta letra es leída del *buffer* de recepción del módulo de adquisición de datos, el programa de éste entra en una rutina la cual retransmite el mismo bloque de datos con la respectiva suma, ya que el programa de la estación de análisis de datos encontró un error al recibir los mismos, esto se realiza regresando el apuntador *DataOut* 55 localidades.

La última rutina que se tiene para el *buffer* de recepción del puerto de comunicación es cuando en él se encuentra una letra “F”, en este caso el programa entra en una rutina que permite modificar la fecha y hora del reloj de tiempo real. Como primer paso para realizar esta función el programa lee el reloj de tiempo real y transmite la fecha y hora actual, el usuario que opera la estación de análisis de datos cuenta con un botón, el cual le permitirá ver la fecha y hora enviada por el módulo de adquisición. A continuación en la estación de análisis de datos se solicita fecha y hora (en caso de que se desee modificar) y se habilitan los botones requeridos para modificar dichos parámetros. Mediante la estación de análisis de datos se envía la información de fecha y hora deseada por el usuario al recibirla el módulo de adquisición de datos lo procesa y realiza los cambios requeridos en su reloj interno.

Con base en los diagramas de flujo antes descritos se generó el código que se presenta en el Apéndice A.

4.3. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN VISUAL BASIC

El programa de comunicación con la estación de análisis de datos tiene como función crear un archivo tipo texto, donde van a ser almacenados los datos contenidos en memoria del módulo de adquisición de datos. Este programa permite modificar la hora y fecha del reloj de tiempo real de la tarjeta *Little-G*, además de que los datos pueden ser observados en una hoja de cálculo de *Excel*.

El programa fue desarrollado en *Visual Basic*, que es un software diseñado para crear aplicaciones con interfaz gráfica de una manera rápida y sencilla. Para soportar este tipo de desarrollos *Visual Basic* utiliza dos herramientas, una que permite realizar los diseños gráficos y un lenguaje de alto nivel.

Visual Basic está centrado en dos tipos de objetos, ventanas y controles, que permiten diseñar sin código de programación, una interfaz gráfica para la comunicación entre el usuario y la aplicación. Para realizar una aplicación se crean ventanas, llamadas formularios, y sobre ellas se dibujan otros objetos llamados controles, tales como cajas de texto, botones de órdenes, listas desplegables, etc. Posteriormente se escribe el código fuente relacionado con cada objeto (ventanas y controles).

Cada objeto (ventanas y controles) está ligado a un código que permanece inactivo hasta que se da el suceso que lo activa, por ejemplo se puede programar un botón de órdenes para que responda a un clic del ratón.

Las características más importantes de *Visual Basic* se presentan a continuación:

- ◆ Controles 3D.
- ◆ Una interfaz para múltiples documentos que permite crear una aplicación con una ventana de aplicación y múltiples ventanas de documento, tal como, por ejemplo, *Microsoft Word (MDI – Multiple Document Interface)*.
- ◆ Soporte para intercambio de datos con otras aplicaciones (*DDE – Dynamic Data Exchange*).
- ◆ Soporte para establecer enlaces con Windows y con rutinas escritas en otros lenguajes (*DLL – Dynamic Link Libraries*).
- ◆ Soporte para objetos incrustados y vinculados (*OLE – Object Linking and Embedding*). Esto permite la construcción de aplicaciones utilizando un *software* autocontenido en pequeñas y potentes unidades o componentes *software*.
- ◆ Visualización y manipulación de datos de otras aplicaciones Windows utilizando controles *OLE*.
- ◆ Acceso y manipulación de objetos incrustados y vinculados suministrados por otras aplicaciones utilizando la automatización de *OLE*.
- ◆ Un compilador para añadir ayuda en línea.
- ◆ Biblioteca para *SQL* que permite manipular bases de datos relacionales, tales como *Microsoft Access (SQL – Structured Query Language)*.
- ◆ Un sistema de ayuda en línea.
- ◆ Una biblioteca de iconos para trabajos profesionales.

- ◆ Acceso a bases de datos a través del control de datos (*Data Control*) y a través de objetos de acceso a datos.
- ◆ Manipulación de bases de datos en varios *formatos* (*Microsoft Acces, dBASE III y IV, etc.*) con el administrador de datos (*Data Manager*).
- ◆ Un control que permite utilizar las cajas de diálogo más comúnmente utilizadas (abrir, guardar como, imprimir, color y fuentes).
- ◆ Menús desplegables flotantes.
- ◆ Un asistente *SetupWizard*, para crear los discos de distribución para sus aplicaciones.
- ◆ Un generador de informes (*Crystal Reports*) para creación de informes y listados.
- ◆ Creación de aplicaciones de 16 bits (ediciones profesional y empresarial) y de 32 bits (ediciones estándar, profesional y empresarial).

Con la combinación de estas características se tiene un software para desarrollo que permite diseñar aplicaciones sofisticadas. En la Figura 4.7 se presenta la pantalla del ambiente de programación Visual Basic 4.

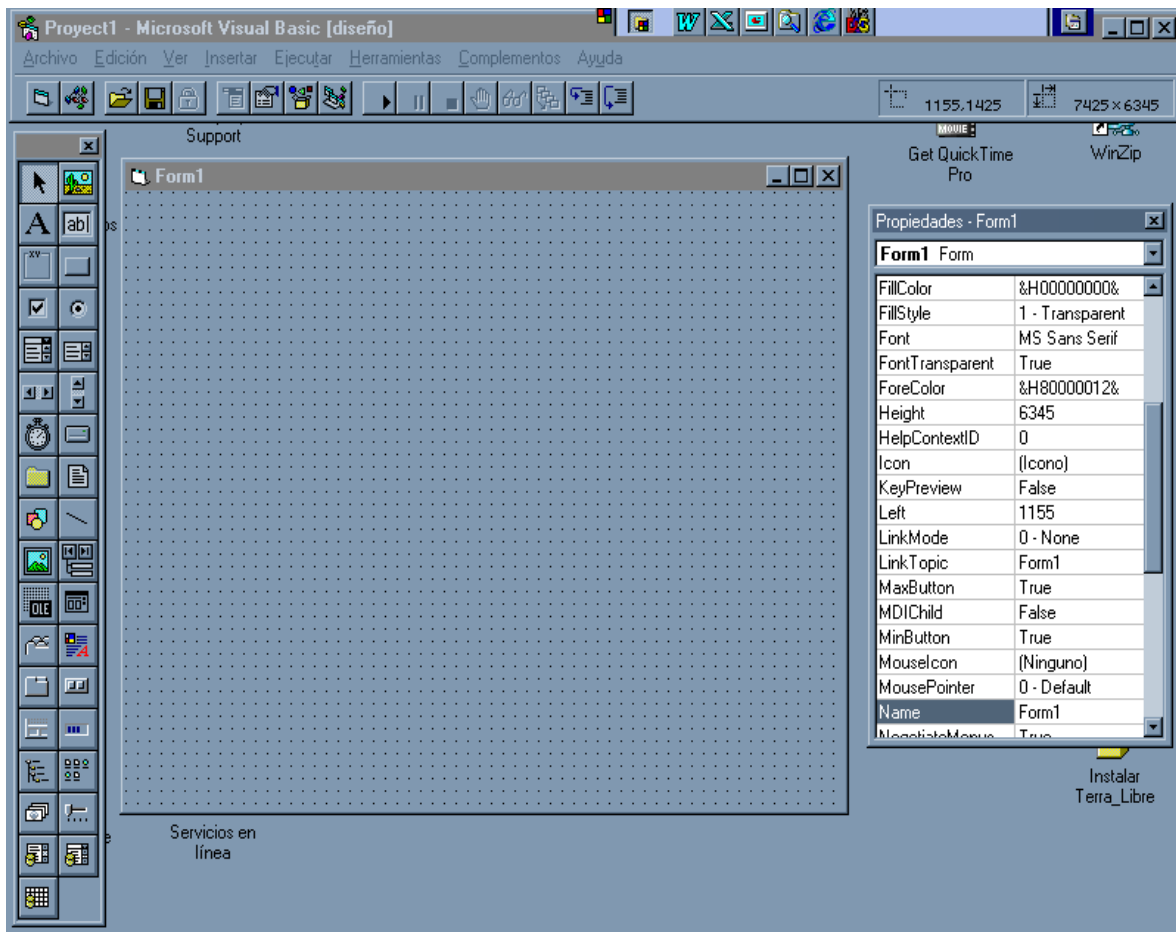


Figura 4.7.

4.4. PROGRAMA DE COMUNICACIÓN ENTRE EL SAD Y LA PC

Ventana de presentación

El diagrama de flujo de la ventana de presentación del programa de comunicación con la estación de análisis de datos se presenta en la Figura 4.8.

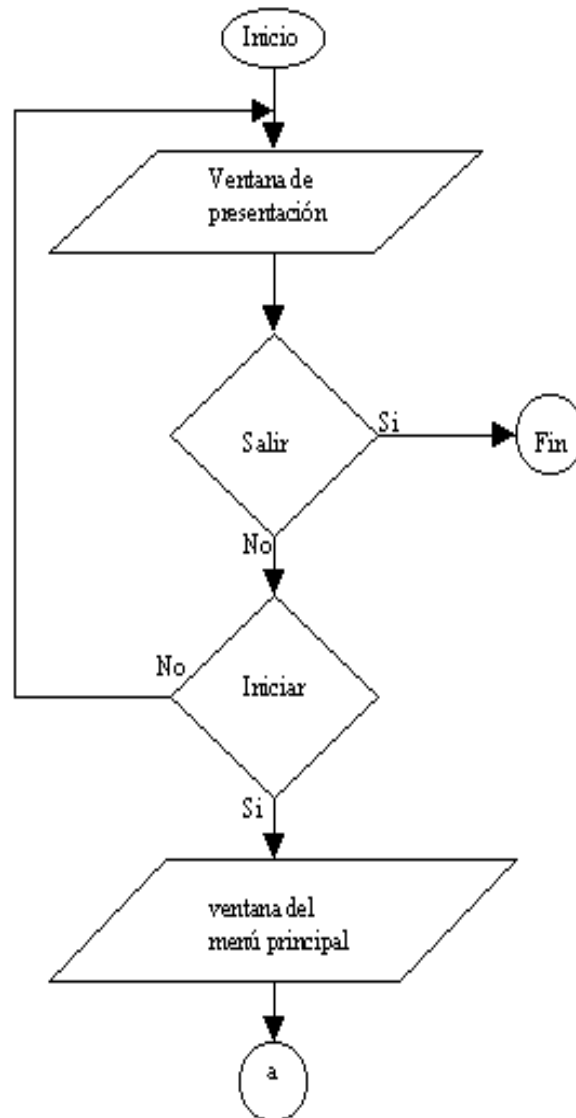


Figura 4.8.

Después de iniciar el programa, se despliega la ventana de presentación, ésta se presenta en la Figura 4.9. En la ventana de presentación podemos observar dos botones “INICIAR” y “SALIR”, además se puede observar la figura del SAD que únicamente sirve para dar vista a la ventana de presentación.



Figura 4.9

Si se selecciona el botón de “SALIR” el programa finaliza, regresando a la aplicación de Windows que se estaba ejecutando antes de iniciar el programa de comunicación con la estación de análisis de datos.

Al seleccionar el botón “INICIAR” se despliega la ventana de menú principal, Figura 4.10, dicha ventana cuenta con cinco botones “CONFIGURAR PUERTO”, “BAJAR DATOS”, “MODIFICAR FECHA”, “EXCEL” Y “SALIR”. En la Figura 4.10 se presenta la ventana de menú principal.

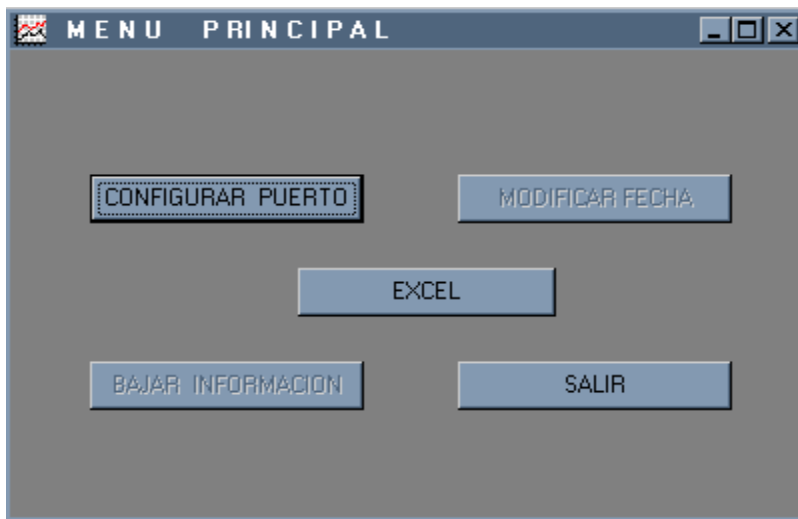


Figura 4.10.

El diagrama de flujo de la ventana de menú principal se presenta en la Figura 4.11.

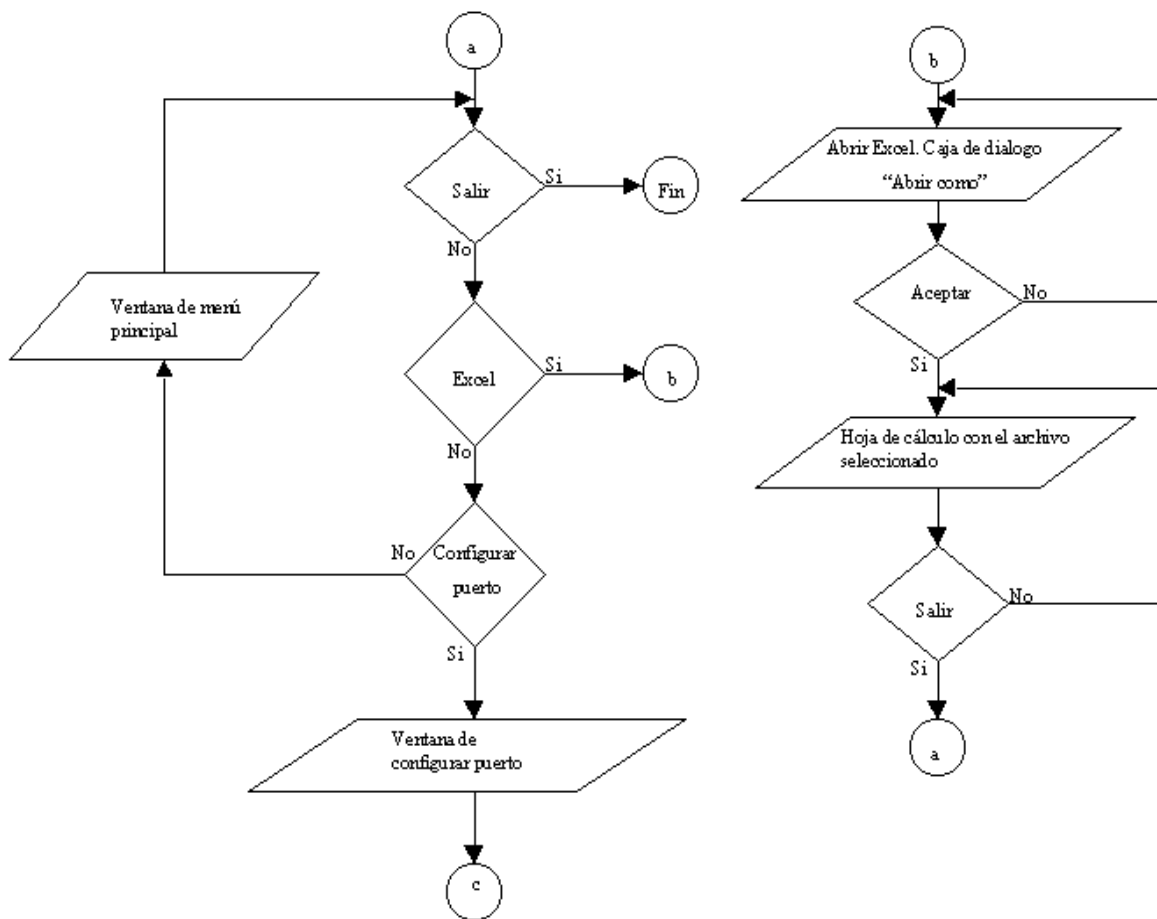


Figura 4.11.

Al desplegar la ventana de menú principal se observa que, sólo tres de los cinco botones contenidos en la ventana se encuentran activados, estos botones son “CONFIGURAR PUERTO”, “EXCEL” y “SALIR”. Si se selecciona el botón “SALIR” el programa finaliza. Al seleccionar el botón “EXCEL” se abre una comunicación con *Microsoft Excel* y se presenta el cuadro de diálogo “Abrir como” de *Windows*, que nos permite seleccionar la dirección y el nombre del archivo tipo texto que se desea abrir. Como ya se mencionó, el programa de comunicación entre la estación de análisis de datos y el módulo de adquisición de datos crea un archivo tipo texto, en el cual es almacenada la información contenida en el módulo de adquisición de datos; el botón “EXCEL” permite observar los datos contenidos en el archivo texto en una hoja de cálculo para su análisis, al salir de la aplicación *Excel*, el programa regresa a la ventana de menú principal. Por último, el botón “CONFIGURAR PUERTO” permite seleccionar el puerto por donde se va a llevar a cabo la comunicación entre la estación de análisis de datos y el módulo de adquisición de datos. Al seleccionar el botón “CONFIGURAR PUERTO” se despliega la ventana “CONEXIÓN AL PUERTO”.

Ventana para configurar el puerto

Como se mencionó anteriormente, la ventana para configurar el puerto permite seleccionar cualquiera de los puertos que estén disponibles para la comunicación entre la estación de análisis de datos y el módulo de adquisición de datos. El diagrama de flujo de la ventana para configurar el puerto se presenta en la Figura 4.12.

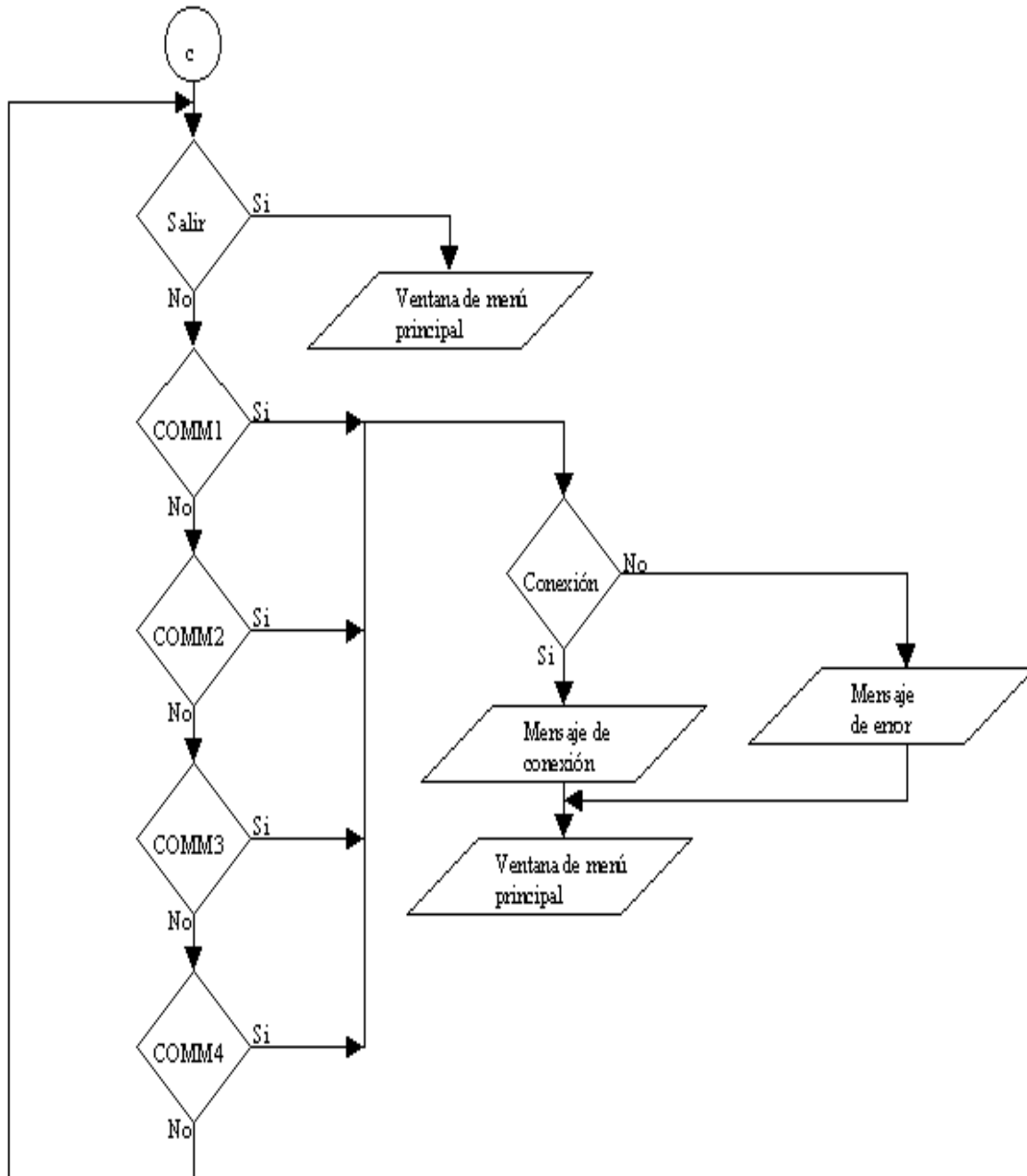


Figura 4.12.

Al seleccionar el botón “*CONFIGURAR PUERTO*” de la ventana de menú principal se despliega la ventana de “*CONEXIÓN AL PUERTO*”. Esta ventana se presenta en la Figura 4.13.



Figura 4.13.

En esta ventana podemos observar tres botones, de los cuales sólo dos están habilitados, “*SALIR*” y “*CONEXIÓN*”, además encontramos cuatro opciones para el número de puerto. El botón que no se encuentra habilitado es el de “*DESCONEXIÓN*”, este botón será habilitado cuando se tenga una comunicación con el módulo de adquisición de datos, si se quiere cambiar el puerto de comunicación se desconecta el puerto actual y se vuelve a realizar la conexión por el nuevo puerto.

Si se selecciona el botón salir el programa despliega la ventana de menú principal que se presenta en la Figura 4.10. Una vez que se elige el número de puerto por el cual se va a llevar a cabo la comunicación entre la estación de análisis de datos y el módulo de adquisición de datos se selecciona el botón “*CONEXIÓN*”, en este botón está contenido el código requerido para entablar la comunicación con la tarjeta *Z-World*, el diagrama de flujo para la rutina de conexión contenida en este botón se presenta en la Figura 4.14.

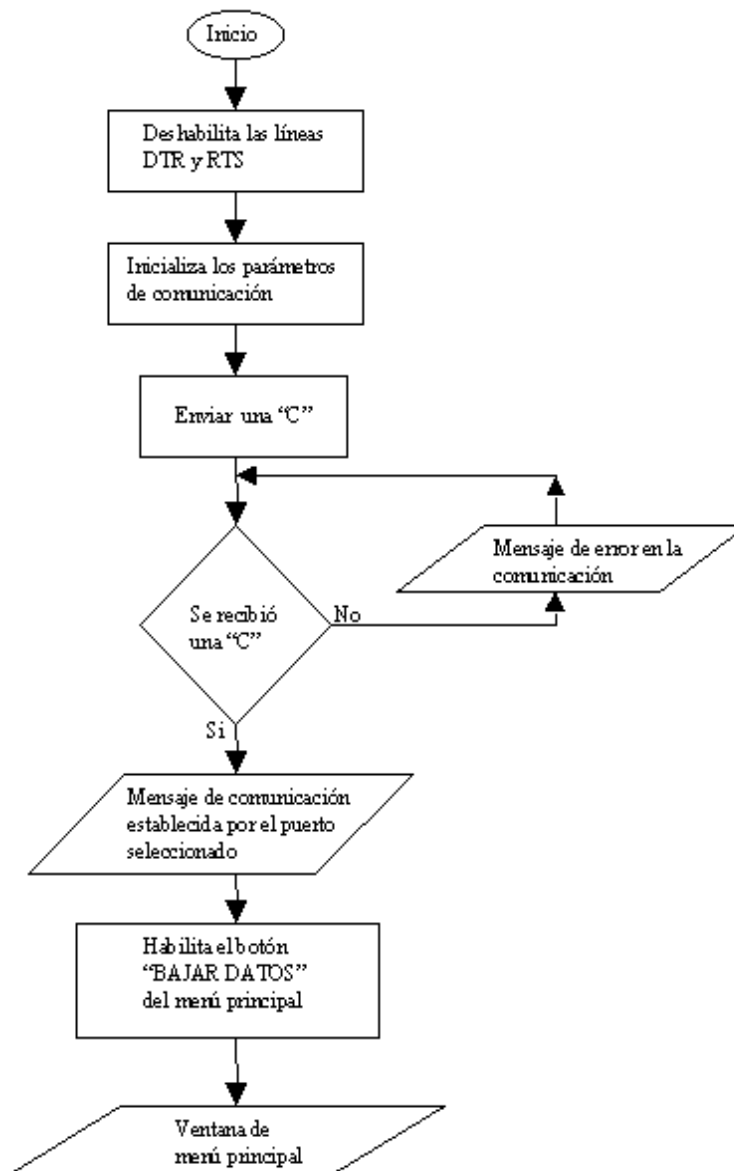


Figura 4.14.

Al seleccionar el botón “*CONEXIÓN*”, inicia la rutina de establecimiento de la comunicación con la tarjeta *Little-G*, después de iniciar esta rutina son deshabilitadas las líneas de lectura y petición *DTR* y *RTS*, y se proporcionan los parámetros de comunicación, velocidad de comunicación 9600 bauds, sin paridad, 8 bits de datos y un bit de *Stop*. Una vez definidos estos parámetros se establece la comunicación con el módulo de adquisición de datos, enviando una letra “*C*”; el módulo de adquisición debe responder con la misma letra, si éste no responde se despliega un mensaje de error, el mensaje desplegado en la ventana de conexión al puerto se presenta en la Figura 4.15.

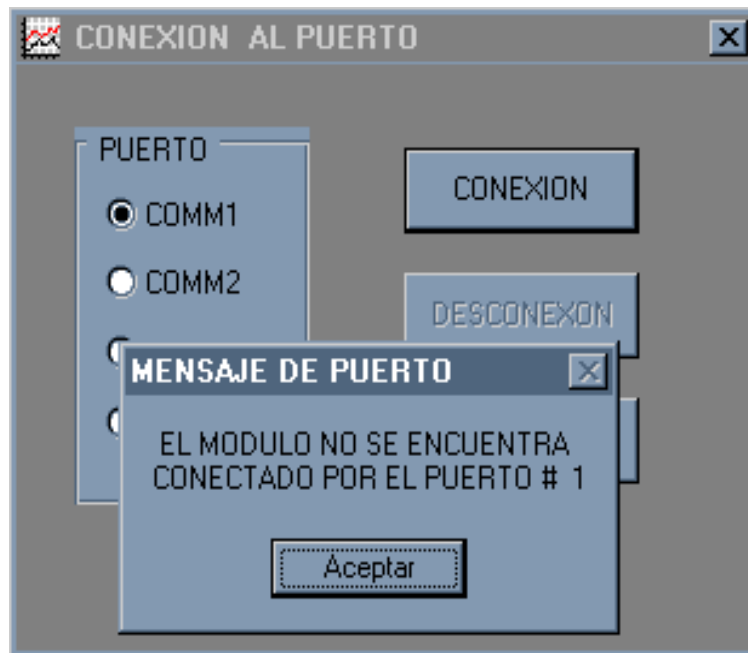


Figura 4.15.

Si se recibió la letra “C”, se despliega un mensaje de comunicación establecida por el puerto seleccionado, se habilita el botón “BAJAR DATOS” del menú principal y una vez que se cierra el mensaje de puerto se despliega la ventana de menú principal. El mensaje desplegado en la ventana de conexión al puerto así como la ventana de menú principal se presentan en las Figuras 4.16 y 4.17.



Figura 4.16.



Figura 4.17.

Ventana para bajar información

Al seleccionar el botón “BAJAR INFORMACIÓN”, de la ventana de menú principal, se despliega la ventana bajar información, Figura 4.18.

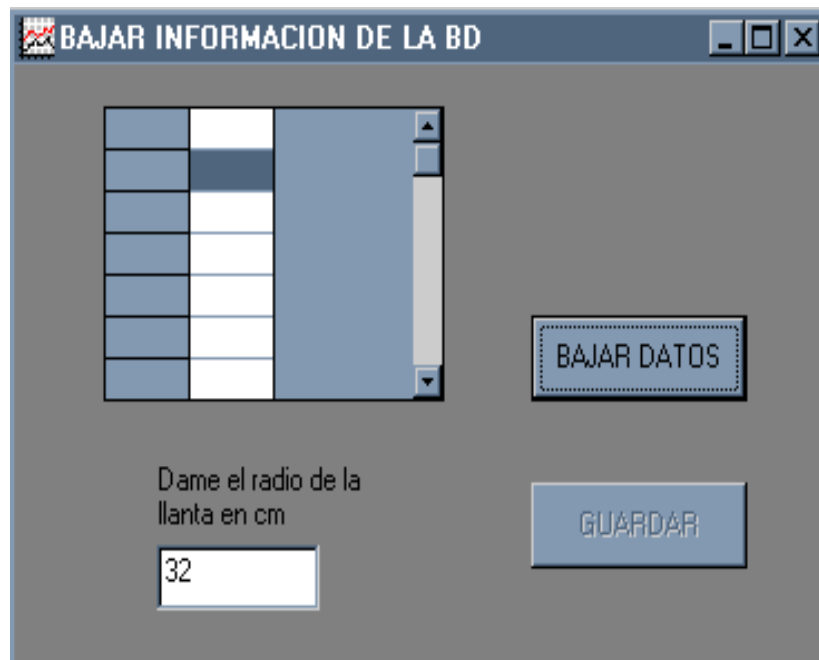


Figura 4.18.

En esta ventana podemos observar dos botones, uno de los cuales se encuentra activado, también se puede observar una ventana de control *DBGrid*, este control crea una cuadrícula en la que se manipulan las filas y columnas que representan los registros de una base de datos. En las celdas del control *DBGrid* se almacenan los bloques de datos que envía el módulo de adquisición de datos; por último, encontramos una caja de texto en donde debemos proporcionar el radio de la llanta del vehículo instrumentado, este valor es importante para el cálculo de la velocidad lineal a partir de la frecuencia que nos entrega el módulo de adquisición de datos; el radio de la llanta debe proporcionarse en centímetros para obtener la velocidad en kilómetros por hora.

El diagrama de flujo de la ventana para bajar datos se presenta en la Figura 4.19.

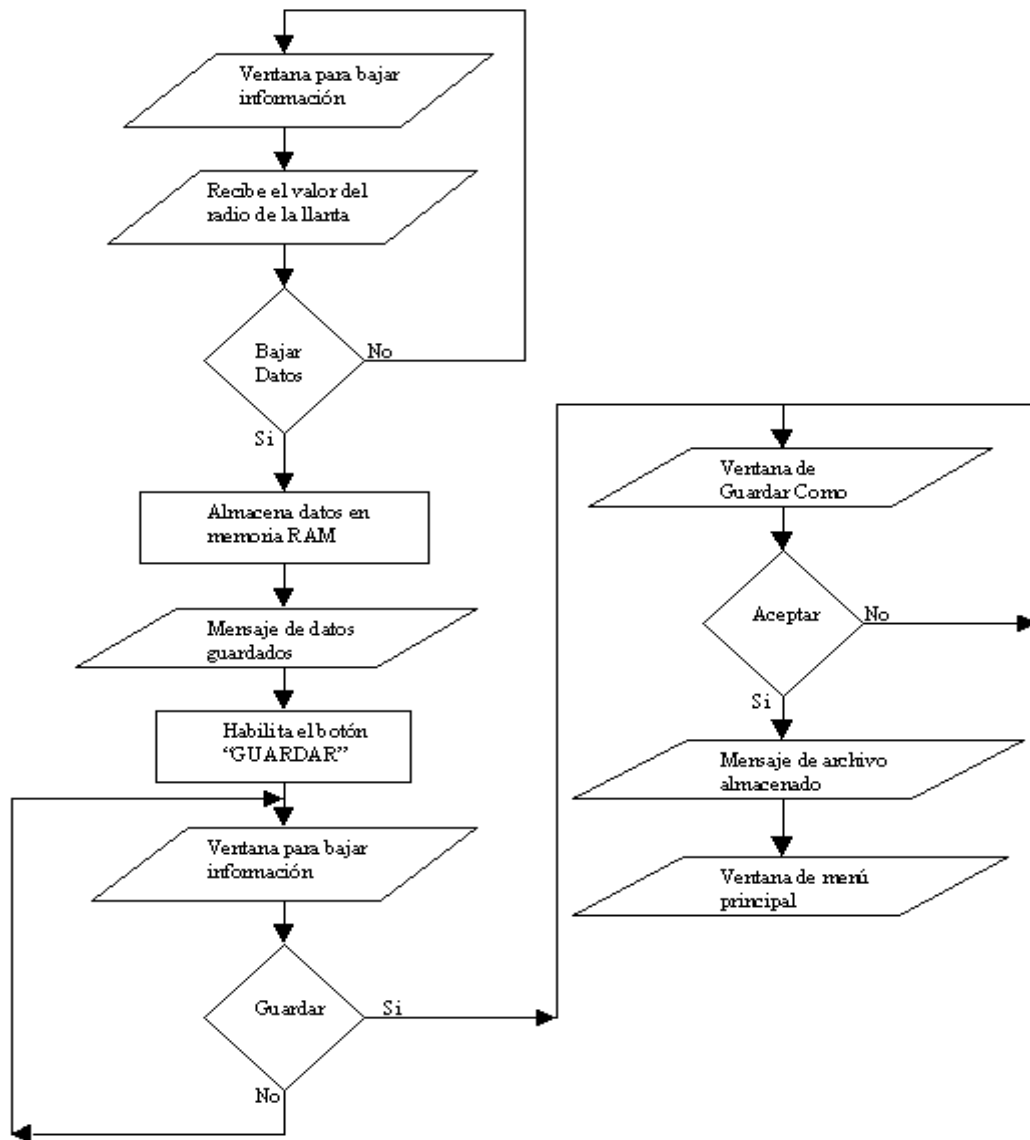


Figura 4.19.

El botón “*BAJAR DATOS*” transfiere los datos contenidos en memoria del módulo de adquisición de datos a la memoria de la estación de análisis de datos. Al activar el botón “*BAJAR DATOS*” el programa transmite una “*I*”, al recibir la letra transmitida el programa de adquisición de datos entra en una rutina, la cual transmite la fecha y hora, ya que son los primeros datos que envía el programa de adquisición, posteriormente se envían bloques de 60 datos (55 datos contenidos en memoria y el número de muestra), cada uno separado con una coma, además de el valor de la suma de las muestras. Los datos que recibe la estación de análisis de datos tienen el siguiente orden: número de muestreo, revoluciones del motor, velocidad del vehículo, posición del pedal del acelerador, temperatura del aceite del motor, humedad relativa, temperatura ambiente, y cinco valores de temperatura (denominados *TJ1*, *TJ2*, *TJ3*, *TK1*, *TK2*). Este formato se repite hasta completar los 60 datos del bloque. El programa de la estación de análisis de datos inicializa en cero la celda donde será almacenado el primer bloque de 60 datos, el siguiente valor que recibe el *buffer* de recepción de comunicación serial es el valor de la suma de los 55 datos contenidos en memoria. El programa de la estación de análisis de datos al recibir el bloque de datos suma cada uno y compara el resultado con la suma realizada en el programa del módulo de adquisición, si ambos valores son iguales se transmite una letra “*A*” para que el programa del módulo de adquisición de datos envíe el siguiente bloque de datos; en el caso en que la suma realizada y la suma de los bloques recibida no es la misma, el programa transmite la letra “*B*” para que el programa del módulo de adquisición vuelva a enviar el mismo bloque de datos. De esta forma podemos evitar perder algún dato durante la recepción de la información. Cuando el programa del módulo de adquisición ha terminado de vaciar su memoria, transmite la etiqueta “*FinDatos*”. El programa de la estación de análisis al encontrar esta etiqueta sale del ciclo que almacena los datos en las celdas y despliega un mensaje para indicar que la información ha sido almacenada en las celdas y habilita el botón “*GUARDAR*”. La ventana del botón “*GUARDAR*” se presenta en la Figura 4.20, el diagrama de flujo de este botón se presenta en la Figura 4.21.

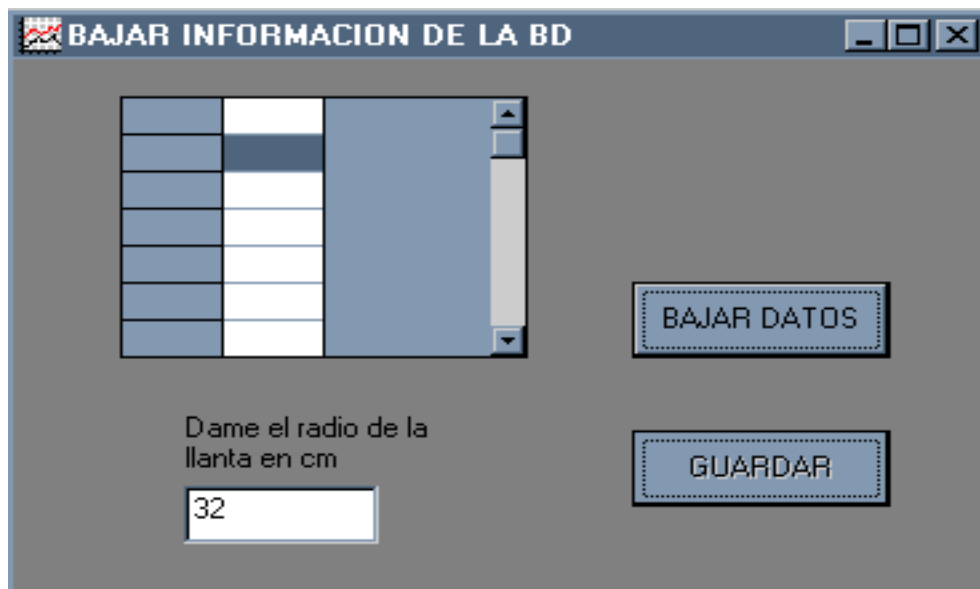


Figura 4.20.

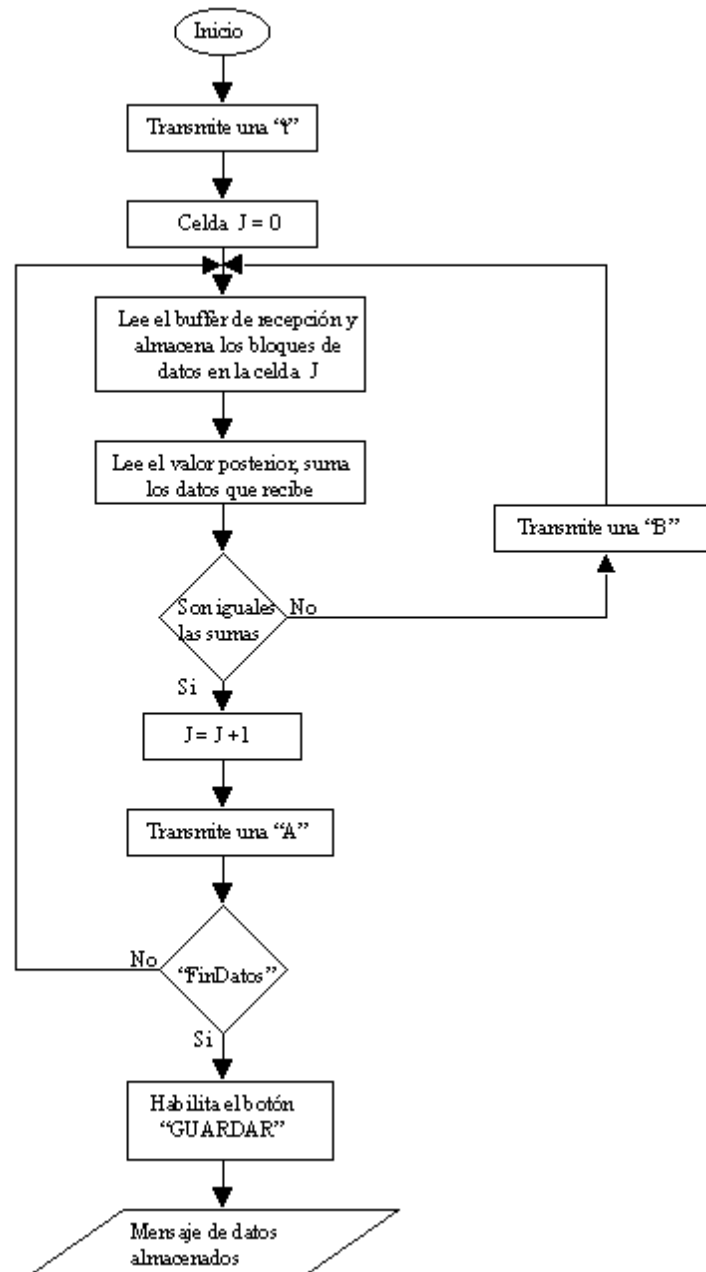


Figura 4.21.

Una vez que se da aceptar al mensaje que nos indica que los datos fueron almacenados, el botón “GUARDAR” de la ventana de la figura 4.20 queda habilitado. Este botón permite crear un archivo tipo texto donde va a ser almacenada la información contenida en las celdas creadas después de activar el botón “BAJAR DATOS”. El diagrama de flujo del botón “GUARDAR” se presenta en la Figura 4.22.

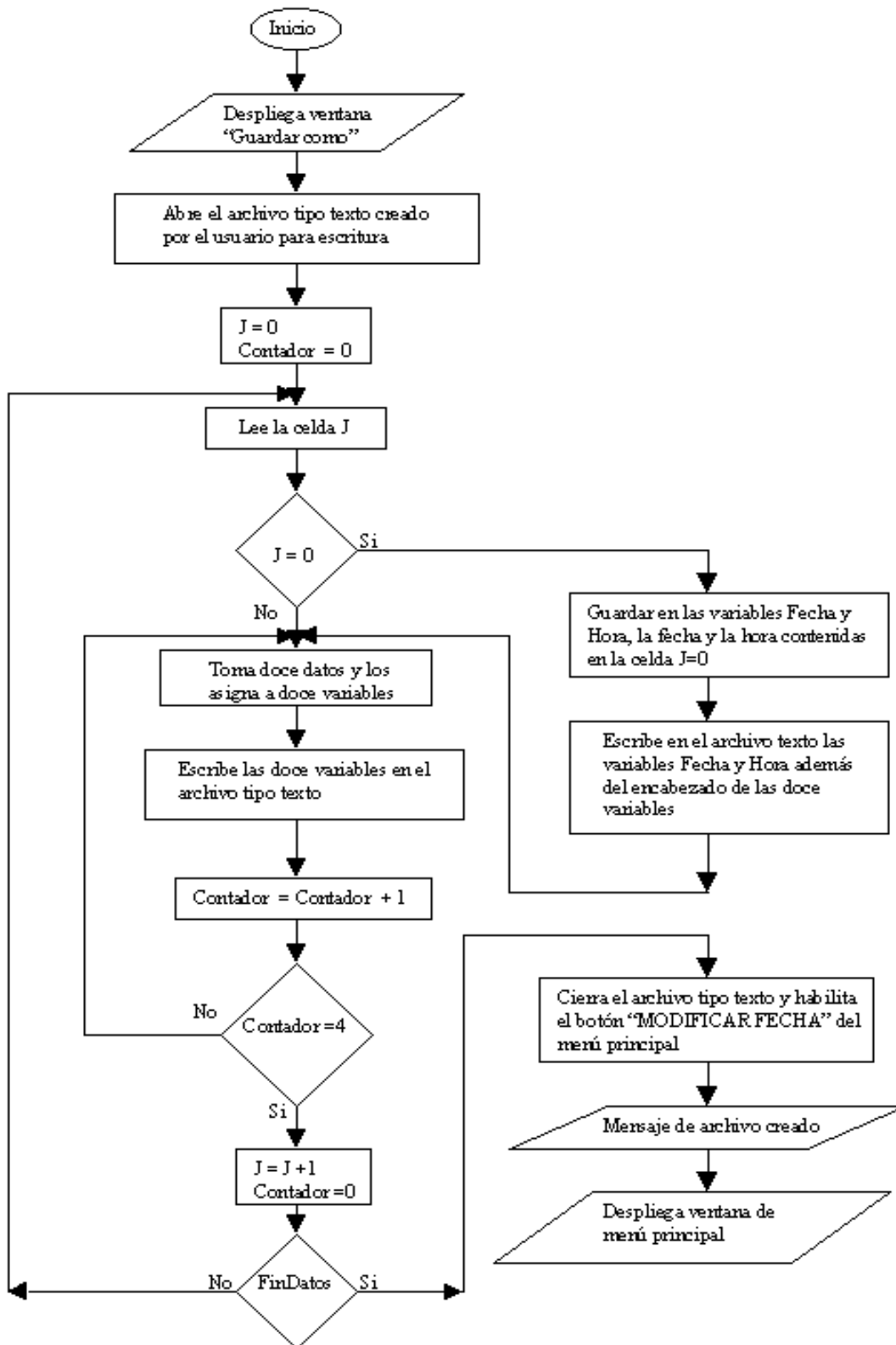


Figura 4.22.

Como se muestra en el diagrama de flujo, después de activar el botón “GUARDAR”, se despliega la ventana “Guardar Como” de Windows, la cual permite darle la dirección y el nombre del archivo texto donde se van a almacenar los datos contenidos en las celdas. Después de darle el nombre y la dirección se abre el archivo texto para escritura y se inicializan las variables *J* y *Contador* en cero, la variable *J* es la que indicará el número de celda que se va a leer, la variable *Contador* permite determinar el momento en el que se debe hacer el cambio de celda. La celda cero contiene la fecha y hora, estos datos se escriben en el archivo texto, después de la fecha y la hora se escribe el encabezado de las once variables y el número de segundo en el que se realiza el muestreo, posteriormente, se toman bloques de doce datos, cada dato viene separado por una coma, el orden en el que vienen los datos es conocido, es decir en cada celda vamos a encontrar cinco bloques de doce datos (número de segundo y once variables). La única celda que va a contener más valores es la cero ya que en ella se encuentra almacenada la fecha y hora en la que se inicia el muestreo. Al escribir los datos en el archivo texto se van separando con comas, esto con el fin de poder ordenar los datos cuando sea abierto el archivo en una hoja de cálculo de Excel. Después de escribir los bloques de doce datos se incrementa la variable *Contador*, la propiedad *Print#* de Visual Basic permite escribir los datos en el archivo texto, cada vez que es utilizada esta propiedad el cursor se posiciona en la parte izquierda de la página un renglón después del último renglón en el cual se escribió. Cuando *Contador* es igual a cuatro, es decir cuando se han escrito cinco bloques en el archivo texto, se incrementa la variable *J* para leer la siguiente celda y se inicializa en cero la variable *Contador* para volver a escribir los cinco bloques, si en esta celda no se encuentra la etiqueta “*FinDatos*” se escriben los cinco bloques de doce datos en el archivo texto. Si se encuentra en la celda la etiqueta “*FinDatos*” el archivo tipo texto es cerrado, se habilita el botón “BAJAR DATOS” del menú principal, se deshabilitan los botones “CONFIGURAR PUERTO” Y “BAJAR DATOS” y por último se despliega un mensaje que nos indica que el archivo ha sido creado. Al cerrar el mensaje se despliega la ventana del menú principal. La ventana que se despliega después de que crea el archivo texto se presenta en la Figura 4.23.

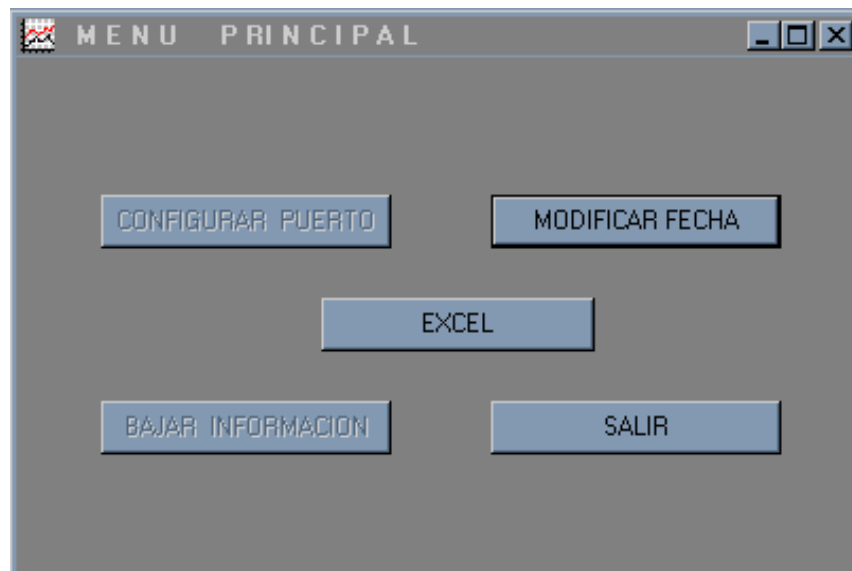


Figura 4.23.

Ventana para modificar la fecha y hora de la tarjeta Little-G

En la ventana de menú principal de la figura 4.23 se puede ver que el botón “*MODIFICAR FECHA*” queda habilitado, este botón permite cambiar la fecha y hora del reloj de tiempo real de la tarjeta *Little-G*, la opción es importante ya que debemos modificar la hora en nuestro país dos veces al año, esto debido al programa de ahorro de energía que adoptó nuestro país en el denominado “horario de verano”. La fecha y hora de la tarjeta *little-G* puede ser modificada sólo por software mediante una rutina que contiene una estructura definida en lenguaje C, expuesta en el punto 4.2, en la cual debemos proporcionar día, mes, año, hora, minuto y segundo. Estos valores son asignados a las variables de la estructura y son escritos en el reloj de tiempo real. Los valores correspondientes a la fecha y hora van a ser proporcionados por el usuario mediante la ventana modificar fecha que se despliega después de seleccionar el botón con el mismo nombre contenido en la ventana de menú principal. La ventana modificar fecha se presenta en la Figura 4.24.



Figura 4.24.

En esta ventana encontramos tres botones “*MODIFICAR*”, “*SALIR*” y “*VER FECHA*”, también se pueden observar cuatro cajas de texto en las cuales podemos escribir el número de día, año, hora y minutos, dos cajas de texto en la cual se va a desplegar la hora y la fecha actual de la tarjeta *Little-G*, y por último encontramos dos formularios que contienen controles que nos permiten asignar el día y el mes que van a ser proporcionados para modificar la fecha y hora. El diagrama de flujo de la ventana modificar fecha se presenta en la Figura 4.25.

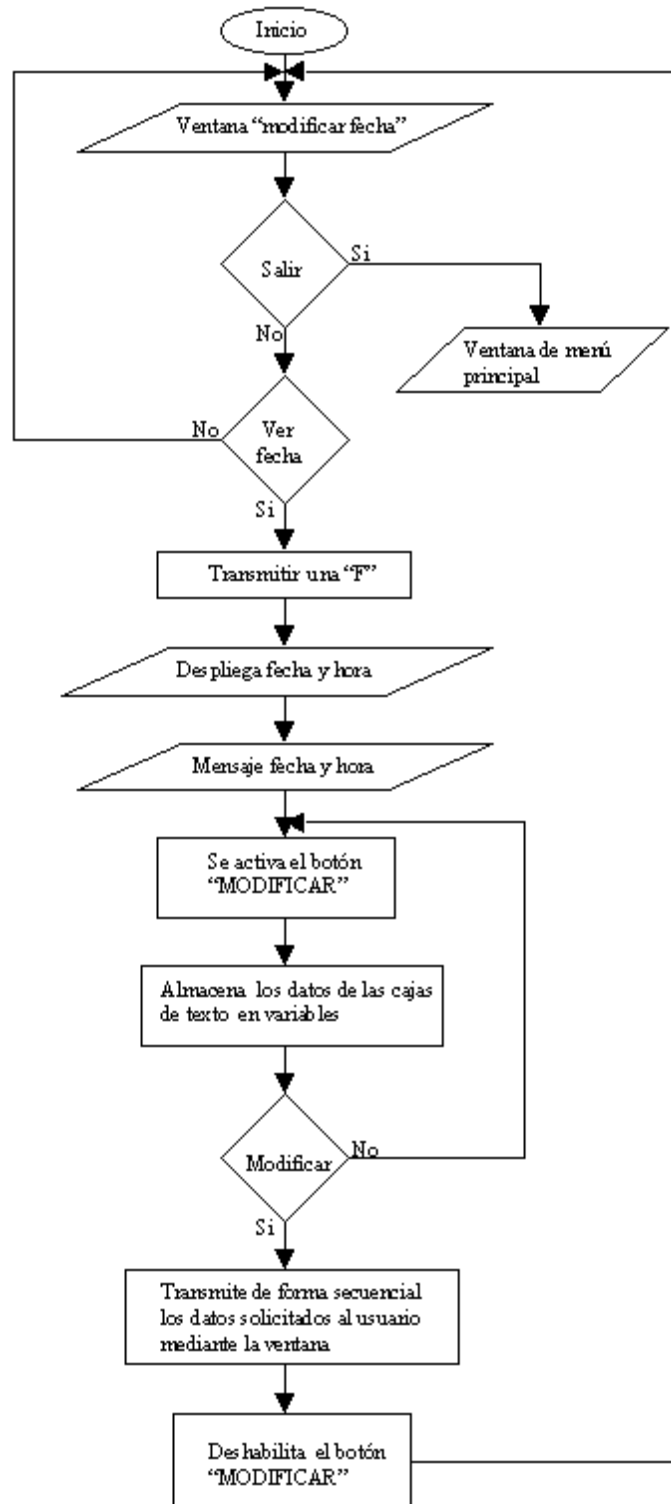


Figura 4.25.

Como podemos ver en la ventana de la Figura 4.24, los botones que están activados son “SALIR” y “VER FECHA”. Si seleccionamos el botón “SALIR” se cierra la ventana modificar fecha y se despliega la ventana menú principal. Al seleccionar el botón ver fecha se activa una rutina, que como primer paso transmite una letra “F” para que de esta forma el programa que controla al módulo de adquisición de datos entre en una rutina, la cual lee la fecha y hora del reloj de tiempo real de la tarjeta *Little-G* y transmite estos datos, la rutina del botón “VER FECHA” recibe los datos y los imprime en las cajas de texto destinadas para esta acción. Después de colocar la fecha y hora despliega un mensaje que nos indica que la fecha y hora han sido colocadas. Al cerrar el mensaje, el botón “MODIFICAR” es activado. La ventana con el mensaje la fecha y hora desplegados se presenta en la Figura 4.26.

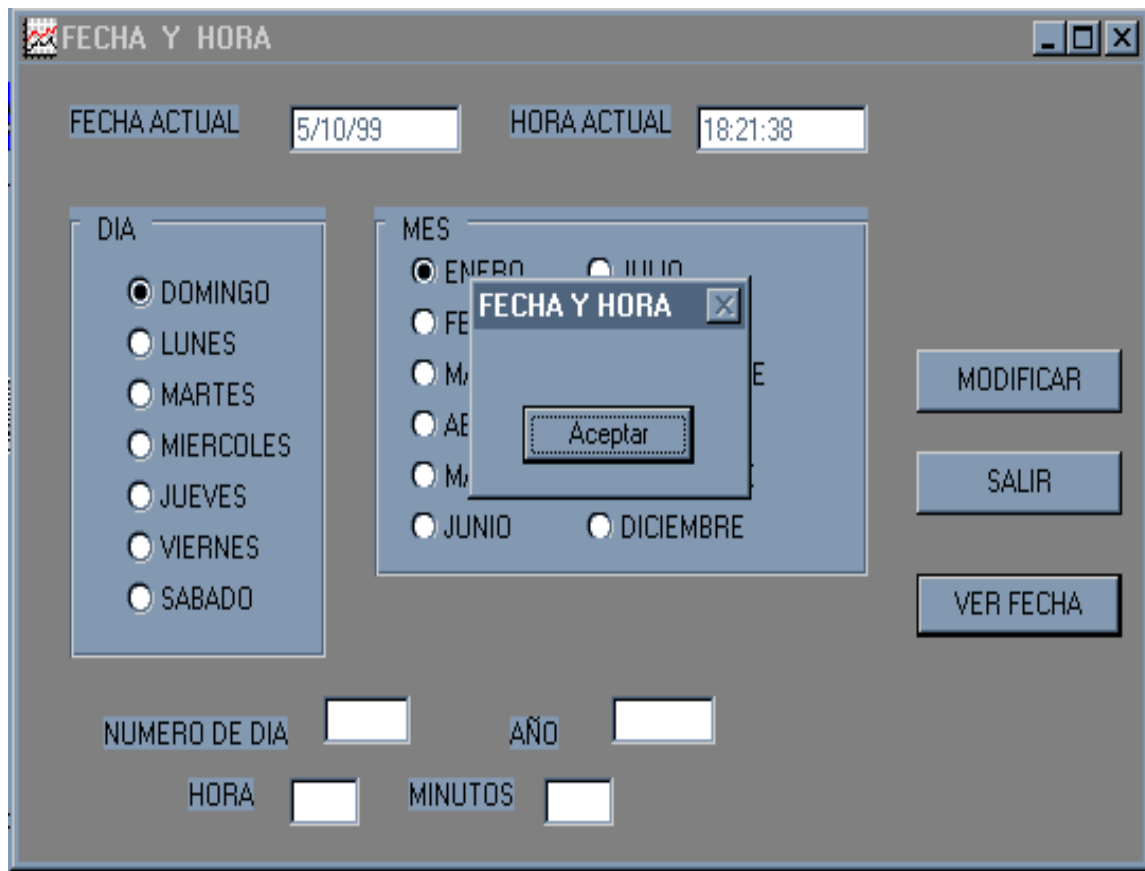


Figura 4.26.

El botón “MODIFICAR” contiene una rutina, la cual permite enviar los datos día, número de día, año, mes, hora y minutos para que sean escritos en el reloj de tiempo real de la tarjeta *Little-G*. Los datos que se solicitan al usuario son almacenados en las variables día, No_día, mes, año, hora y minutos, estas variables son transmitidas una por una; al recibir cada variable el programa del módulo de adquisición de datos las escribe en el reloj de tiempo real, lo cual modifica la fecha y hora. Al concluir con la transmisión, el botón “MODIFICAR” queda deshabilitado para que de esta forma queden sólo dos opciones

“*SALIR*” y “*VER FECHA*”. Si se selecciona nuevamente el botón “*VER FECHA*” se podrá observar que la fecha ha sido modificada. Al seleccionar el botón “*SALIR*” se cierra la ventana modificar y se despliega la ventana de menú principal, en la cual se puede dar por finalizado el programa.

El listado del programa de comunicación entre la estación de análisis de datos y módulo de adquisición se presenta en el apéndice B.

En el siguiente capítulo se presenta la integración del sistema y las pruebas realizadas al mismo.

CAPÍTULO 5

PRUEBAS E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA

En este capítulo se presentan las pruebas realizadas al Sistema de Adquisición de Datos (SAD), tanto estáticas como dinámicas (simulación de señales y pruebas con el sistema montado en la camioneta Ichi-Van modelo 92). Las pruebas se desarrollaron tomando como base cuatro variables, con el sistema montado en el vehículo, dichas variables son velocidad del vehículo, revoluciones del motor, posición del pedal del acelerador y temperatura del aceite del motor. A las variables restantes se les realizaron pruebas de laboratorio únicamente.

5.1.PRUEBAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO Y LA ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL DEL SENSOR DE VELOCIDAD DEL VEHÍCULO

Las pruebas estáticas del acondicionamiento del sensor de velocidad del vehículo se realizaron con la ayuda de un generador de funciones, con este instrumento se simuló la señal que entregaría el sensor de efecto Hall, variando la frecuencia de la señal que entrega el generador de funciones (señal cuadrada con ciclo de trabajo menor a 25%), se probó que no se traslaparan los pulsos a las frecuencias esperadas (0 a 200 Hz como máximo). Además, se comprobó que la señal tuviera la amplitud adecuada, es decir 5 V. Al realizar esta prueba se verificó el adecuado funcionamiento del acondicionamiento del sensor de velocidad, después de esto se conectó la salida del circuito de acondicionamiento al módulo de adquisición de datos para probar el funcionamiento del programa de adquisición.

Con el generador de funciones se simularon señales desde 10 Hz hasta 100 Hz , determinando con ello el número de pulsos leídos por el módulo de adquisición de datos, al realizar las lecturas encontramos que no se tenía error al determinar el número de pulsos,

por lo que se determinó realizar una prueba dinámica; dicha prueba se realizó con el sensor adaptado en el vehículo y a su vez éste montado en un dinamómetro de chasis; el dinamómetro de chasis con el que cuenta el *LCE* permite determinar la velocidad que desarrolla el vehículo montado sobre él. La prueba se desarrolló con el vehículo en marcha a diferentes velocidades (20, 40, 60, 80, 90 *km/h*). Mediante la ecuación (3.3), obtenida en el capítulo 3, y con el número de pulsos adquiridos, se determinó la velocidad lineal. Se determinó la variación de los datos de velocidad entregados por el *SAD*, con respecto a los entregados por el dinamómetro y el valor obtenido del velocímetro del vehículo. En la Tabla 5.1 se presentan los resultados de una de las pruebas realizadas.

Velocímetro del vehículo	20 [km/h]	40 [km/h]	60 [km/h]	80 [km/h]	90 [km/h]
Velocidad del dinamómetro	21.3 [km/h]	38.82 [km/h]	59.62 [km/h]	78.23 [km/h]	88.76 [km/h]
1	12 p	24 p	33 p	43 p	48 p
2	15 p	22 p	33 p	43 p	49 p
3	14 p	21 p	32 p	43 p	49 p
4	12 p	22 p	32 p	43 p	49 p
5	11 p	23 p	33 p	42p	49 p
6	12 p	21 p	33 p	43 p	49 p
7	15 p	22 p	33 p	43 p	48 p
8	16 p	23 p	33 p	42 p	48 p
9	13 p	23 p	33 p	43 p	48 p
10	11 p	22 p	32 p	43 p	48 p
11	12 p	21 p	32 p	43 p	48 p
12	11 p	20 p	32 p	43 p	48 p
13	11 p	20 p	33 p	43 p	48 p
14	14 p	21 p	33 p	43 p	48 p
15	15 p	22 p	33 p	43 p	48 p
16	14 p	20 p	33 p	42 p	49 p
17	11 p	22 p	33 p	42 p	49 p
18	11 p	23 p	33 p	43 p	48 p
19	11 p	20 p	33 p	43 p	48 p
20	11 p	20 p	33 p	42 p	49 p
Promedio	12.6 p	21.6 p	32.75 p	42.75 p	48.4
Velocidad determinada [km/h]	22.79	39.07	59.24	77.33	87.55
Variación vs dinamómetro en [%]	6.53	0.63	0.64	1.16	1.38
Variación vs velocímetro en [%]	12.24	2.38	1.28	3.45	2.79

P = número de pulsos

Tabla 5.1

La forma como se obtuvieron los valores de la Tabla 5.1 es la siguiente: se trató de mantener constante la velocidad marcada en el velocímetro del vehículo, enseguida se tomó la lectura dada por el dinamómetro y el tiempo en el cual se obtuvieron dichas lecturas. Al bajar la información contenida en el *SAD* se tomaran 20 muestras que se encontraban dentro del tiempo en el cual se obtuvieron las lecturas del velocímetro y del dinamómetro, se calculó el promedio de las mismas y se realizó la conversión a *km/h* para de esta forma determinar la variación en las lecturas con respecto al velocímetro del vehículo y al dinamómetro. En la misma tabla podemos observar que a bajas velocidades la variación aumenta, por lo que se requiere aumentar la frecuencia para disminuir dicha variación, esto se puede lograr colocando un mayor número de imanes; sin embargo, se corre el riesgo de que el tambor quede imantado, lo cual mantendría al sensor en un solo estado. Con el número de imanes colocado para esta prueba se tiene una resolución de 1.8 km/h , por lo que el menor porcentaje que se puede tener es de 0.5% , considerando lo anterior y tomando en cuenta que lo que se requiere para la velocidad es una aproximación, se consideró como aceptable el resultado obtenido. En la Figura 5.1 se presenta una gráfica con los valores mostrados en la Tabla 5.1, en dicha gráfica se puede ver la aproximación obtenida por el sistema con respecto al velocímetro del vehículo y al dinamómetro del laboratorio.

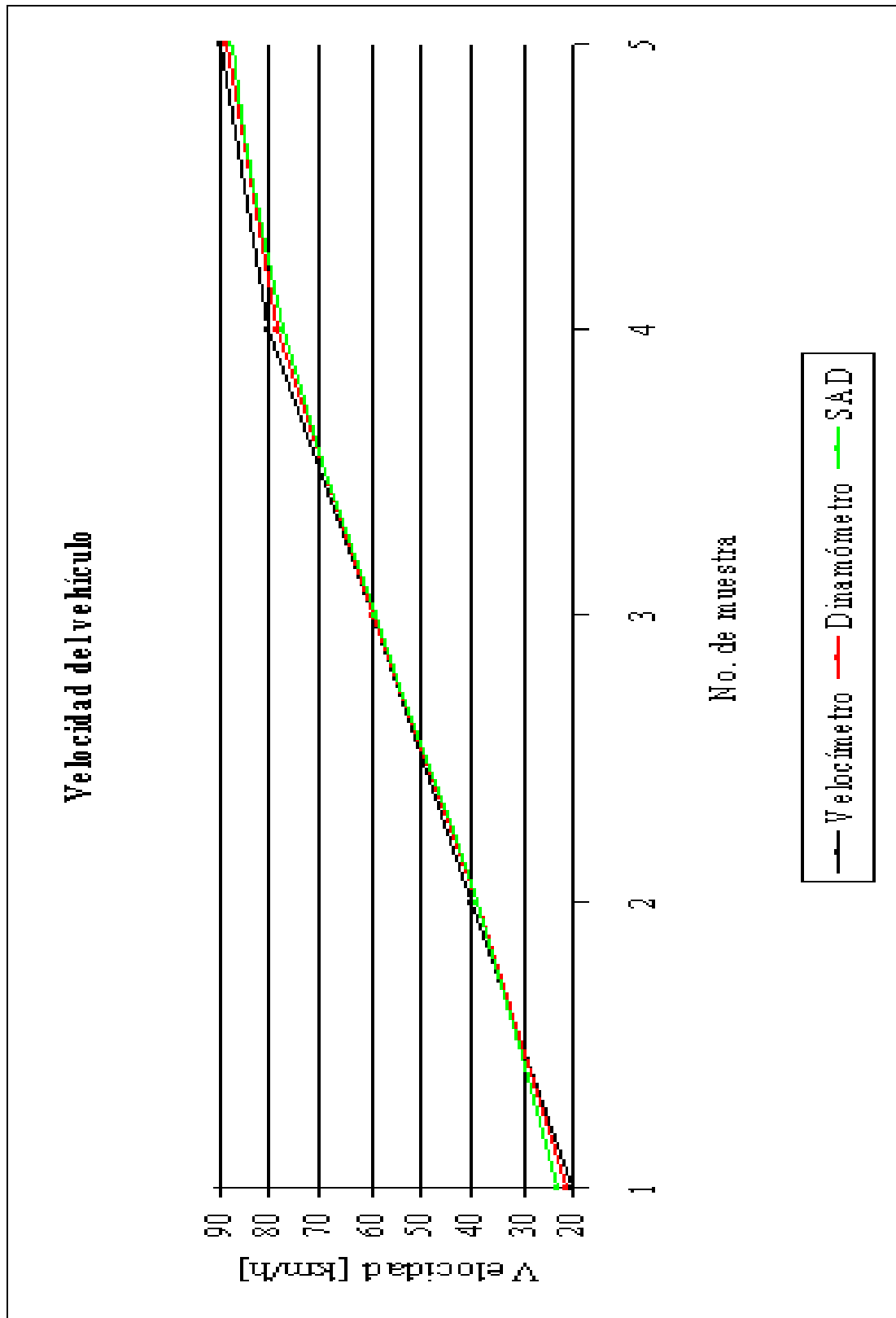


Figura 5.1.

En la Figura 5.2 se presenta al sensor de efecto Hall montado en el tambor del vehículo.

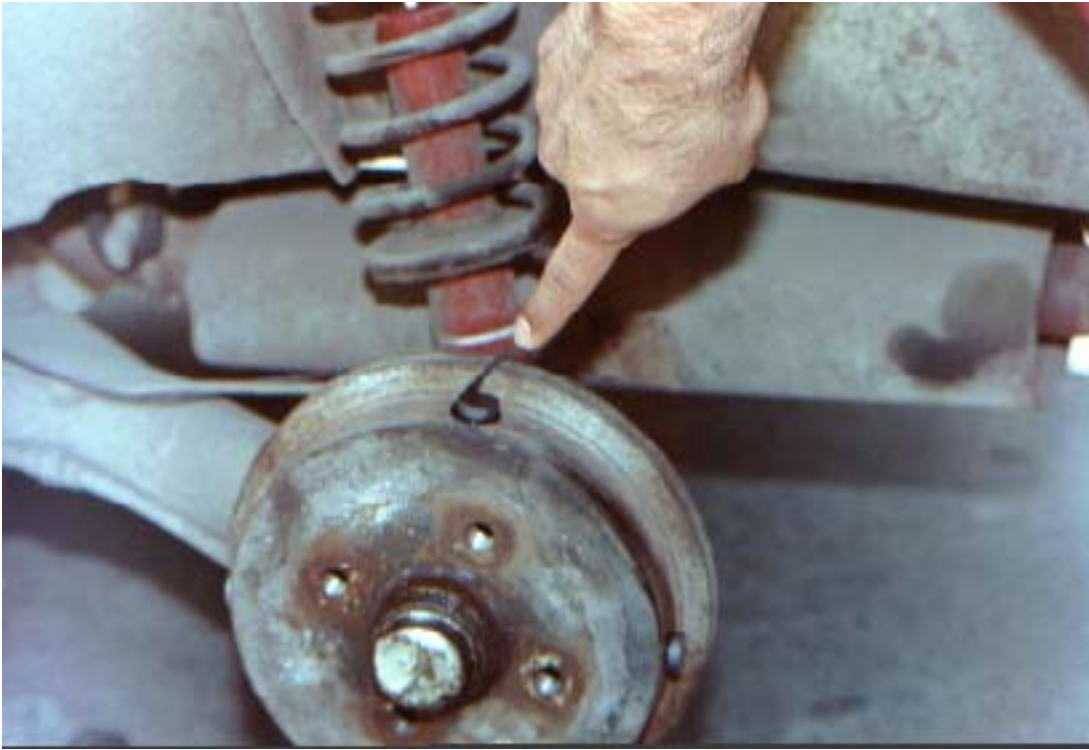


Figura 5.2.

Una vez que se comprobó el correcto funcionamiento del sensor y del sistema de adquisición de datos, se realizaron pruebas con el sistema montado en el vehículo y éste en circulación por las calles. Una vez efectuados los recorridos necesarios, los datos adquiridos de la velocidad del vehículo fueron bajados utilizando una computadora “Laptop”.

En los recorridos se tomaron lecturas de velocidad marcadas en el velocímetro, en determinado tiempo; se compararon los datos leídos con el obtenido por el sistema, y tomando como referencia dichas lecturas se encontró una variación menor al uno por ciento a velocidades mayores a 20 *km/h*. En la Tabla 5.2 se presentan los valores de las mil primeras muestras adquiridas y en la Figura 5.3 se presenta la gráfica de los datos presentados en la tabla.

Muestra	Velocidad [km/h]	Muestra	Velocidad [km/h]	Muestra	Velocidad [km/h]	Muestra	Velocidad [km/h]
0	0	58	13	116	43	174	11
1	0	59	22	117	43	175	9
2	0	60	22	118	47	176	9
3	0	61	22	119	47	177	7
4	0	62	24	120	49	178	14
5	0	63	27	121	47	179	25
6	0	64	27	122	47	180	25
7	0	65	27	123	49	181	22
8	0	66	27	124	49	182	24
9	0	67	24	125	51	183	25
10	0	68	22	126	49	184	27
11	0	69	18	127	49	185	33
12	0	70	11	128	51	186	33
13	0	71	11	129	54	187	34
14	0	72	11	130	54	188	38
15	0	73	11	131	58	189	34
16	0	74	5	132	58	190	36
17	0	75	5	133	58	191	33
18	0	76	7	134	54	192	29
19	0	77	11	135	54	193	33
20	0	78	13	136	54	194	38
21	0	79	13	137	54	195	36
22	0	80	22	138	54	196	42
23	0	81	24	139	52	197	43
24	11	82	27	140	47	198	42
25	11	83	27	141	49	199	38
26	16	84	27	142	49	200	43
27	20	85	38	143	43	201	42
28	20	86	38	144	42	202	42
29	20	87	38	145	42	203	42
30	24	88	38	146	42	204	40
31	24	89	43	147	42	205	34
32	24	90	43	148	42	206	38
33	24	91	43	149	42	207	38
34	24	92	45	150	42	208	34
35	22	93	49	151	40	209	34
36	18	94	49	152	40	210	36
37	18	95	49	153	31	211	34
38	18	96	49	154	24	212	31
39	16	97	49	155	18	213	27
40	13	98	49	156	14	214	27
41	13	99	49	157	14	215	24
42	13	100	54	158	14	216	24
43	13	101	54	159	22	217	22
44	13	102	54	160	31	218	18
45	18	103	54	161	25	219	18
46	18	104	54	162	29	220	11
47	18	105	49	163	29	221	9
48	18	106	49	164	29	222	7
49	18	107	49	165	34	223	14
50	18	108	45	166	43	224	16
51	18	109	40	167	36	225	22
52	18	110	40	168	36	226	22
53	16	111	40	169	33	227	31
54	16	112	40	170	33	228	36
55	16	113	45	171	31	229	31
56	11	114	47	172	24	230	29
57	11	115	47	173	16	231	33

Tabla 5.2 (Continúa).

Muestra	Velocidad [km/h]	Muestra	Velocidad [km/h]	Muestra	Velocidad [km/h]	Muestra	Velocidad [km/h]
232	38	290	9	248	40	306	25
233	42	291	5	249	38	307	25
234	45	292	7	250	43	308	20
235	43	293	40	251	42	309	11
236	45	294	47	252	42	310	9
237	45	295	45	253	38	311	9
238	47	296	45	254	40	312	9
239	45	297	47	255	42	313	9
240	43	298	45	256	40	314	13
241	43	299	36	257	42	315	14
242	43	300	36	258	36	316	11
243	40	301	22	259	40	317	11
244	38	302	14	260	40	318	11
245	34	303	0	261	40	319	14
246	31	304	0	262	40	320	16
247	31	305	0	263	38	321	16
248	27	306	0	264	38	322	22
249	25	307	0	265	34	323	29
250	24	308	0	266	33	324	25
251	16	309	0	267	31	325	31
252	16	310	0	268	25	326	34
253	18	311	0	269	16	327	34
254	20	312	0	270	9	328	34
255	11	313	0	271	13	329	42
256	14	314	0	272	11	330	43
257	14	315	9	273	22	331	45
258	11	316	9	274	25	332	45
259	13	317	11	275	25	333	45
260	20	318	18	276	31	334	47
261	25	319	18	277	33	335	45
262	18	320	22	278	27	336	47
263	31	321	25	279	29	337	45
264	36	322	27	280	33	338	45
265	29	323	24	281	34	339	36
266	36	324	22	282	34	340	34
267	40	325	22	283	33	341	31
268	42	326	16	284	33	342	33
269	42	327	20	285	33	343	31
270	43	328	20	286	34	344	27
271	43	329	18	287	36	345	27
272	47	330	18	288	33	346	27
273	45	331	18	289	33	347	29
274	42	332	22	290	31	348	29
275	45	333	25	291	31	349	27
276	43	334	36	292	34	350	22
277	43	335	29	293	33	351	22
278	36	336	31	294	34	352	22
279	33	337	31	295	34	353	22
280	29	338	33	296	34	354	29
281	29	339	34	297	33	355	29
282	25	340	38	298	34	356	29
283	22	341	36	299	36	357	29
284	20	342	36	300	34	358	29
285	16	343	40	301	33	359	29
286	18	344	42	302	33	360	29
287	11	345	40	303	31	361	27
288	11	346	38	304	27	362	22
289	9	347	42	305	27	363	16

Tabla 5.2 (Continúa).

Muestra	Velocidad [km/h]	Muestra	Velocidad [km/h]	Muestra	Velocidad [km/h]	Muestra	Velocidad [km/h]
364	7	422	36	480	14	538	0
365	7	423	36	481	14	539	0
366	4	424	34	482	20	540	0
367	4	425	34	483	20	541	0
368	11	426	34	484	20	542	0
369	11	427	36	485	20	543	0
370	14	428	36	486	24	544	0
371	14	429	34	487	25	545	0
372	14	430	36	488	25	546	0
373	18	431	34	489	29	547	0
374	22	432	34	490	43	548	0
375	25	433	36	491	42	549	0
376	25	434	36	492	36	550	0
377	33	435	36	493	34	551	0
378	38	436	36	494	33	552	0
379	38	437	36	495	31	553	0
380	38	438	38	496	27	554	0
381	36	439	38	497	29	555	0
382	36	440	38	498	31	556	0
383	25	441	40	499	31	557	0
384	22	442	40	500	31	558	0
385	20	443	40	501	27	559	0
386	14	444	40	502	18	560	0
387	7	445	40	503	13	561	0
388	7	446	40	504	11	562	0
389	11	447	40	505	5	563	0
390	14	448	40	506	4	564	0
391	16	449	40	507	0	565	0
392	16	450	38	508	0	566	0
393	16	451	36	509	0	567	0
394	16	452	31	510	0	568	0
395	13	453	33	511	0	569	0
396	13	454	29	512	0	570	0
397	11	455	27	513	0	571	0
398	9	456	24	514	0	572	0
399	9	457	24	515	0	573	0
400	14	458	16	516	0	574	0
401	20	459	9	517	4	575	0
402	20	460	9	518	5	576	0
403	20	461	7	519	9	577	0
404	20	462	0	520	13	578	0
405	27	463	0	521	16	579	0
406	38	464	0	522	18	580	0
407	38	465	0	523	22	581	5
408	29	466	0	524	22	582	9
409	29	467	0	525	20	583	9
410	29	468	0	526	16	584	13
411	31	469	0	527	14	585	14
412	31	470	0	528	14	586	14
413	31	471	0	529	13	587	16
414	38	472	0	530	5	588	16
415	38	473	0	531	0	589	14
416	38	474	0	532	0	590	16
417	36	475	0	533	0	591	13
418	36	476	0	534	0	592	13
419	36	477	0	535	0	593	9
420	36	478	0	536	0	594	9
421	36	479	0	537	0	595	9

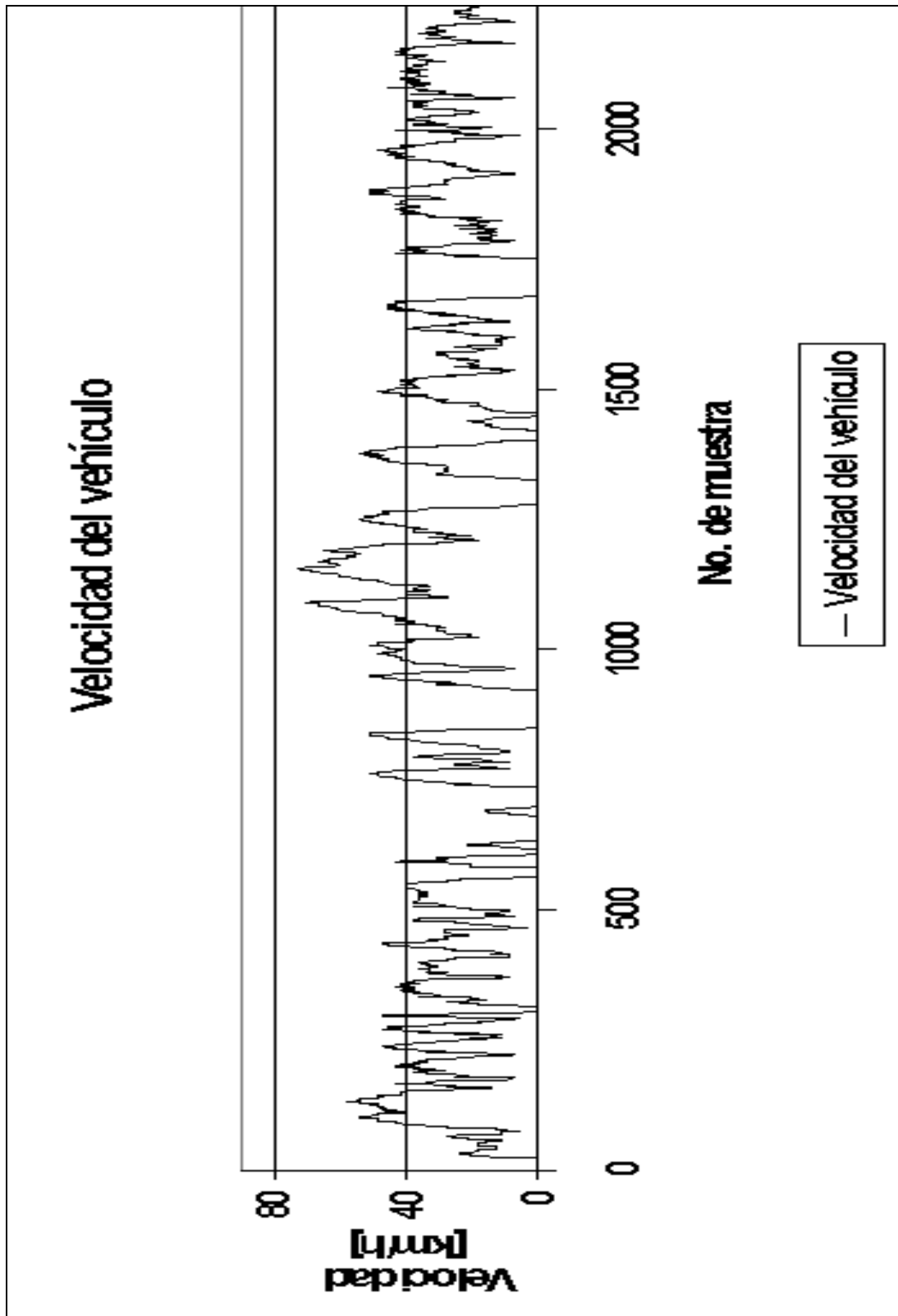
Tabla 5.2 (Continúa).

Muestra	Velocidad [km/h]	Muestra	Velocidad [km/h]	Muestra	Velocidad [km/h]	Muestra	Velocidad [km/h]
596	7	654	43	712	18	770	0
597	0	655	47	713	18	771	0
598	0	656	49	714	18	772	0
599	0	657	49	715	18	773	0
600	0	658	49	716	24	774	0
601	0	659	49	717	27	775	0
602	0	660	49	718	27	776	0
603	0	661	51	719	27	777	0
604	0	662	49	720	33	778	0
605	0	663	49	721	34	779	0
606	0	664	49	722	36	780	0
607	0	665	47	723	36	781	0
608	0	666	47	724	36	782	0
609	0	667	43	725	36	783	0
610	0	668	36	726	40	784	0
611	0	669	29	727	40	785	0
612	0	670	18	728	43	786	0
613	0	671	11	729	45	787	0
614	0	672	9	730	45	788	0
615	0	673	14	731	45	789	0
616	0	674	14	732	47	790	0
617	0	675	20	733	47	791	0
618	0	676	22	734	49	792	0
619	0	677	25	735	51	793	0
620	0	678	25	736	51	794	0
621	0	679	25	737	51	795	0
622	0	680	24	738	51	796	0
623	0	681	18	739	51	797	0
624	0	682	14	740	43	798	0
625	0	683	9	741	40	799	0
626	0	684	13	742	36	800	0
627	0	685	14	743	33	801	0
628	0	686	14	744	25	802	0
629	0	687	18	745	20	803	0
630	0	688	22	746	14	804	0
631	0	689	25	747	7	805	0
632	0	690	29	748	4	806	0
633	0	691	34	749	0	807	0
634	0	692	36	750	0	808	0
635	9	693	38	751	0	809	0
636	9	694	36	752	0	810	0
637	11	695	36	753	0	811	0
638	16	696	31	754	0	812	0
639	25	697	29	755	0	813	0
640	20	698	22	756	0	814	0
641	24	699	18	757	0	815	0
642	25	700	14	758	0	816	0
643	25	701	11	759	0	817	0
644	31	702	9	760	0	818	0
645	31	703	11	761	0	819	0
646	38	704	11	762	0	820	0
647	38	705	9	763	0	821	0
648	40	706	9	764	0	822	0
649	40	707	13	765	0	823	7
650	42	708	16	766	0	824	9
651	43	709	18	767	0	825	9
652	43	710	18	768	0	826	11
653	43	711	18	769	0	827	14

Tabla 5.2 (Continúa).

Muestra	Velocidad [km/h]	Muestra	Velocidad [km/h]	Muestra	Velocidad [km/h]	Muestra	Velocidad [km/h]
828	18	886	43	944	31	1002	33
829	18	887	43	945	33	1003	33
830	22	888	45	946	34	1004	36
831	25	889	45	947	42	1005	38
832	31	890	49	948	42	1006	38
833	31	891	49	949	43	1007	40
834	31	892	49	950	40	1008	40
835	25	893	47	951	38	1009	40
836	27	894	45	952	38	1010	40
837	29	895	45	953	40	1011	36
838	31	896	43	954	43	1012	36
839	34	897	43	955	43	1013	33
840	36	898	42	956	43	1014	38
841	42	899	42	957	43	1015	38
842	43	900	40	958	42	1016	38
843	45	901	40	959	42	1017	38
844	45	902	45	960	40	1018	38
845	47	903	45	961	43	1019	36
846	47	904	45	962	43	1020	33
847	51	905	47	963	43	1021	34
848	51	906	51	964	47	1022	40
849	51	907	51	965	47	1023	38
850	51	908	49	966	47	1024	43
851	49	909	49	967	47	1025	45
852	42	910	49	968	49	1026	45
853	40	911	49	969	54	1027	45
854	34	912	47	970	54	1028	45
855	25	913	42	971	54	1029	47
856	25	914	40	972	56	1030	49
857	22	915	38	973	58	1031	49
858	20	916	38	974	60	1032	49
859	14	917	40	975	62	1033	51
860	13	918	40	976	62	1034	54
861	13	919	40	977	62	1035	54
862	9	920	33	978	62	1036	56
863	7	921	22	979	62	1037	56
864	11	922	18	980	63	1038	58
865	14	923	22	981	63	1039	60
866	18	924	22	982	65	1040	58
867	22	925	22	983	65	1041	58
868	25	926	22	984	65	1042	60
869	29	927	22	985	67	1043	60
870	29	928	22	986	67	1044	62
871	29	929	20	987	67	1045	63
872	34	930	20	988	69	1046	65
873	38	931	27	989	71	1047	65
874	38	932	29	990	69	1048	67
875	38	933	29	991	69	1049	69
876	38	934	29	992	65	1050	69
877	40	935	31	993	63	1051	69
878	42	936	31	994	58	1052	71
879	42	937	31	995	52	1053	71
880	42	938	31	996	47	1054	72
881	42	939	31	997	42	1055	72
882	42	940	31	998	34	1056	71
883	42	941	29	999	29	1057	69
884	42	942	29	1000	27	1058	69
885	42	943	29	1001	27	1059	65

Tabla 5.2.

*Figura 5.3.*

Al revisar la información listada en la Tabla 5.2 y al graficarla, nos pudimos percatar que los datos obtenidos por el sistema son correctos, ya que no encontramos datos disparados, es decir velocidades por arriba de los 100 *km/h* que son difíciles de alcanzar en las rutas seguidas, además de que al revisar la información de los demás recorridos realizados se obtuvieron datos con un comportamiento similar al presentado. No se contó con otro dispositivo que permitiera obtener la misma información que el *SAD*, para poder realizar una comparación de los datos obtenidos, lo anterior debido al alto costo que presentaba dicho instrumento, razón por la cual no se presenta una tabla comparativa que permita tener puntos de comparación con otros equipos similares al *SAD*.

5.2.PRUEBAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO Y LA ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL DEL SENSOR DE rpms

De la misma forma que al acondicionamiento del sensor de velocidad, se realizaron pruebas estáticas y dinámicas al acondicionamiento del sensor de rpms. La prueba estática se realizó simulando la señal que entregaría el sensor de rpms con el generador de funciones y se observó la señal a la salida de la etapa de acondicionamiento, dicha señal debería tener una amplitud de 5 volts, además de que la señal no se debería traslapar a la salida del circuito monoestable a un régimen de giro de más de 6000 revoluciones por minuto (rpms máximas para un vehículo comercial). El acondicionamiento no presentó problemas ya que realizaba la operación esperada, por lo que se conectó al módulo de adquisición para que éste adquiriera la frecuencia de la señal entregada por el acondicionamiento, y de esta forma poder comprobar el funcionamiento de la rutina del programa que determina la frecuencia de la misma.

Una vez que se comprobó el funcionamiento del circuito hasta la etapa de almacenamiento de información, se conectó el sensor en el vehículo y se procedió con la prueba dinámica. En la Figura 5.4 se presenta una fotografía que muestra al gancho inductivo colocado en uno de los cables para bujía del motor del vehículo instrumentado.

Con el motor en marcha, se realizaron pruebas para diferentes revoluciones, partiendo de ralentí (revoluciones del motor sin carga, únicamente para mantenerlo en operación). Se utilizó el analizador de gases marca AVL para obtener las revoluciones del motor (valor que se consideró patrón para realizar los cálculos de error, de los datos entregados por el sistema), dicho analizador cuenta con sensores que al ser conectados en el vehículo permiten determinar entre otras cosas las revoluciones del motor y la temperatura del aceite del motor. Al tomar lecturas en ralentí se pudo observar que los valores entregados por el sistema eran diferentes a los del analizador de gases AVL. Primero se revisó el motor, ya que presentaba fallas y tendía a apagarse. Una vez descartado el problema del motor se realizó un seguimiento de la señal que entrega el gancho inductivo; donde observamos que la señal que llega a la etapa de acondicionamiento presentaba algunos armónicos, los cuales no eran eliminados por la etapa de acondicionamiento.

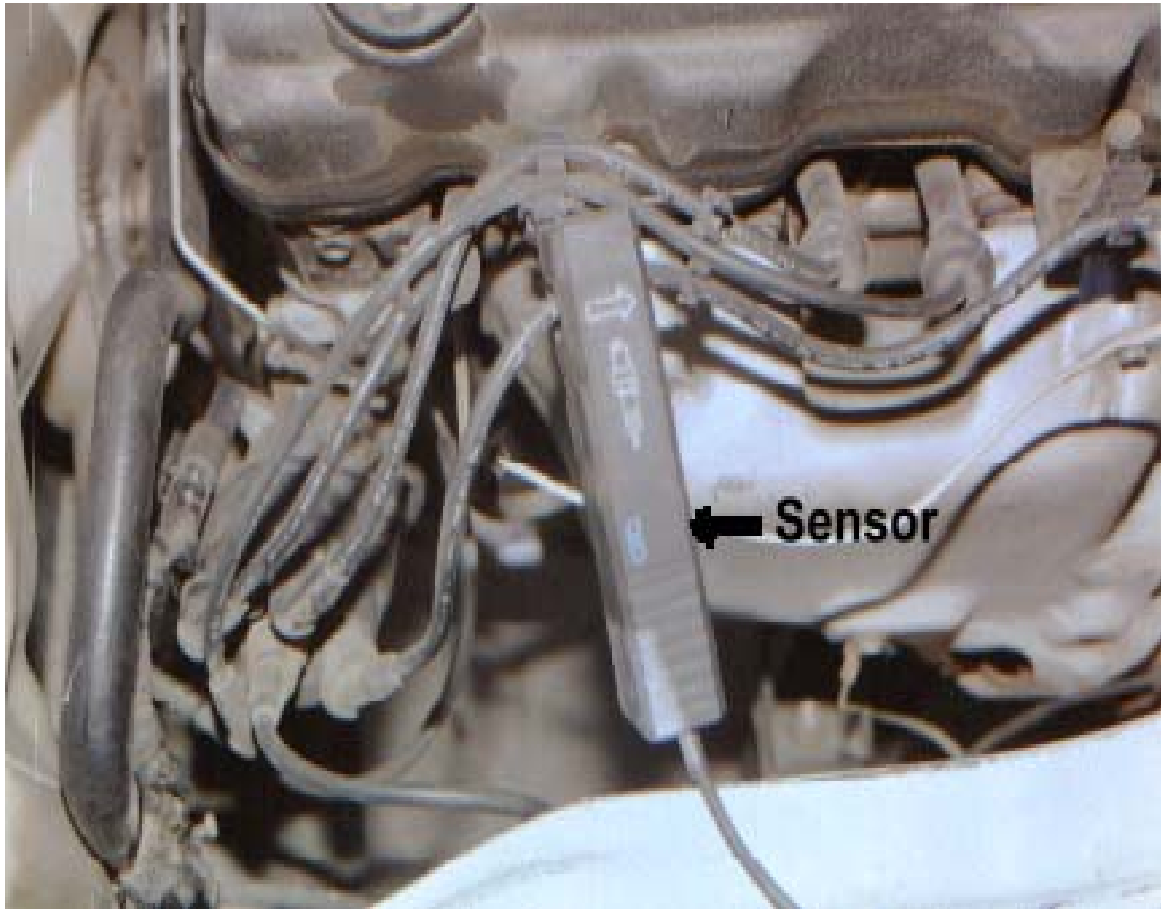


Figura 5.4.

Considerando que los amplificadores operacionales del sistema de adquisición de datos se alimentan con una sola fuente, esto presentó problemas al realizar comparaciones de señal en niveles de voltaje cercanos a cero volts, por lo que se utilizó un transistor adicional en el circuito, lo que permitió invertir la señal y de esta forma eliminar los armónicos, obteniendo una señal nítida y limpia a la entrada del módulo de adquisición de datos. En la Figura 5.5 se presenta el diagrama de la etapa de acondicionamiento del gancho para medir rpms, después de realizar las correcciones del mismo.

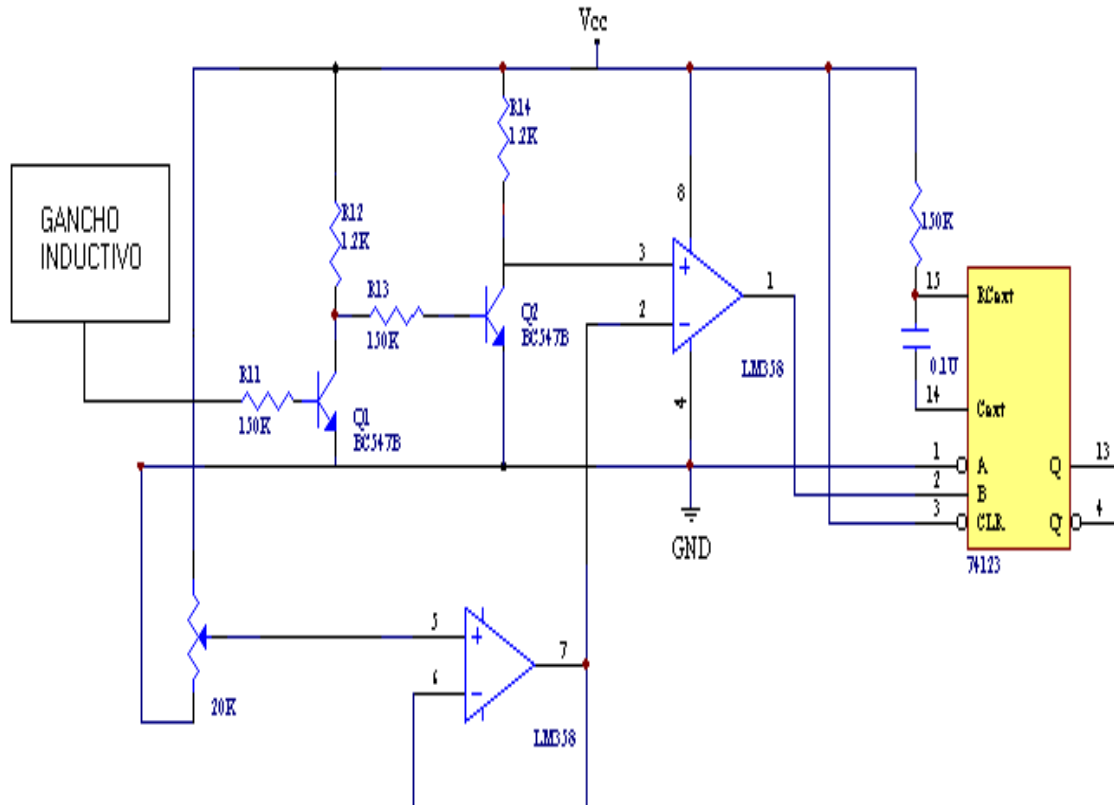


Figura 5.5.

Una vez hechas las correcciones se inició nuevamente la prueba, se tomaron lecturas con el motor en *ralentí*; el analizador de gases AVL entregó lecturas que variaban entre 900 y 925 rpms, mientras que el sistema de adquisición de datos entregaba lecturas entre 7 y 8 Hz. Cabe mencionar que por cada pulso se tienen dos vueltas del motor, este valor es por segundo por lo que se debe multiplicar el valor de frecuencia por dos y por sesenta para tener el valor en revoluciones por minuto. Al realizar las operaciones antes mencionadas se obtuvo lo siguiente: para 7 Hz encontramos 840 rpms, para 8 Hz 960 rpms. Para determinar la variación existente entre los valores entregados por el sistema y los entregados por el analizador de gases AVL se obtuvo el promedio de dichos datos, encontrando un valor de 2.7 % de variación.

Considerando que el gancho inductivo es de una marca reconocida por su calidad en instrumentos de medición (*Fluke*), además de que el error no es significativo, se optó por realizar recorridos con el sistema montado en la camioneta, de igual forma que como se realizó con el sensor de velocidad. En la Tabla 5.3 se presentan los datos adquiridos y en la Figura 5.6 la gráfica de los valores contenidos en la tabla.

No. muestra	rpm's	No. muestra	rpm's	No. muestra	rpm's	No. muestra	rpm's
0	720	58	3120	116	1440	174	1080
1	720	59	3240	117	1560	175	1320
2	840	60	1680	118	2040	176	1320
3	840	61	3000	119	2880	177	1800
4	840	62	3360	120	3000	178	2880
5	840	63	3720	121	1920	179	3960
6	840	64	3480	122	2400	180	3120
7	840	65	2160	123	2880	181	2640
8	840	66	1800	124	3120	182	3240
9	840	67	1680	125	3000	183	3360
10	840	68	1440	126	3240	184	3120
11	840	69	1560	127	1800	185	1800
12	840	70	1560	128	1560	186	2040
13	840	71	1680	129	1800	187	2640
14	840	72	1800	130	1800	188	2400
15	840	73	1680	131	1800	189	1680
16	960	74	1680	132	1680	190	1680
17	840	75	1920	133	1800	191	1560
18	960	76	2400	134	1800	192	1680
19	960	77	3120	135	1800	193	2040
20	1080	78	3360	136	1800	194	2880
21	1200	79	1920	137	1800	195	3240
22	1200	80	3360	138	1680	196	3240
23	1320	81	3960	139	1560	197	3600
24	1560	82	3600	140	1560	198	3120
25	1680	83	2040	141	1560	199	1800
26	2040	84	1560	142	1560	200	2520
27	2040	85	2760	143	1440	201	3000
28	2040	86	2760	144	1320	202	3240
29	2040	87	2040	145	1320	203	2160
30	2400	88	3360	146	1680	204	1800
31	2400	89	3840	147	2160	205	1680
32	2400	90	3600	148	3120	206	1920
33	2040	91	3360	149	2280	207	2040
34	1680	92	3600	150	1920	208	1800
35	1560	93	3840	151	1920	209	1680
36	2160	94	2880	152	1800	210	1680
37	2040	95	1920	153	1440	211	1440
38	1560	96	2760	154	1200	212	1320
39	1440	97	2760	155	1560	213	1320
40	1800	98	2760	156	1680	214	1200
41	2040	99	1800	157	1440	215	1320
42	1800	100	2160	158	1800	216	1440
43	1920	101	3120	159	2640	217	1440
44	1560	102	1800	160	3360	218	1680
45	1440	103	1800	161	2280	219	1320
46	1800	104	1680	162	1440	220	1680
47	1680	105	1680	163	1440	221	1560
48	1800	106	1680	164	1800	222	1560
49	1800	107	1560	165	2280	223	1440
50	1920	108	1440	166	3000	224	2040
51	1920	109	1440	167	2280	225	3000
52	1560	110	1320	168	1800	226	1920
53	1800	111	2280	169	1680	227	2760
54	1920	112	2520	170	1680	228	3600
55	1680	113	2880	171	1440	229	3360
56	1800	114	1680	172	1200	230	1920
57	1920	115	1440	173	1440	231	3120

Tabla 5.3. (Continúa)

No. muestra	rpm 's	No. muestra	rpm 's	No. muestra	rpm 's	No. muestra	rpm 's
232	3000	290	1200	348	1920	406	1320
233	3240	291	1560	349	1440	407	1200
234	3000	292	1440	350	1320	408	1200
235	3000	293	1200	351	1560	409	1680
236	2040	294	960	352	1080	410	1680
237	2880	295	1080	353	1320	411	1320
238	2640	296	1320	354	1920	412	1320
239	2400	297	960	355	1800	413	1680
240	1560	298	1680	356	1320	414	2280
241	1440	299	1440	357	1320	415	1440
242	1440	300	1320	358	1320	416	1440
243	1320	301	1680	359	2400	417	1680
244	1200	302	1560	360	1440	418	1560
245	1200	303	1800	361	2400	419	2760
246	960	304	1440	362	2160	420	2040
247	1320	305	1800	363	1320	421	2760
248	1680	306	1920	364	1200	422	2400
249	1560	307	1800	365	960	423	3120
250	1560	308	1680	366	1080	424	3480
251	1440	309	1560	367	1200	425	2760
252	1440	310	1560	368	1920	426	2040
253	1320	311	1560	369	1200	427	3000
254	1560	312	1800	370	1440	428	3360
255	1680	313	1800	371	1320	429	3240
256	1680	314	1680	372	2280	430	3720
257	1440	315	1680	373	2880	431	3360
258	1440	316	1560	374	2160	432	3000
259	2160	317	1800	375	2520	433	1920
260	2880	318	2280	376	2760	434	1560
261	2400	319	2640	377	3480	435	1440
262	2640	320	1680	378	1800	436	1560
263	3240	321	1920	379	1440	437	1440
264	2760	322	1800	380	2400	438	1440
265	2160	323	1800	381	2040	439	1200
266	2880	324	1680	382	3000	440	1320
267	2880	325	1440	383	1920	441	1200
268	2880	326	1320	384	1560	442	1200
269	3600	327	1200	385	1560	443	1440
270	3240	328	1440	386	1560	444	1560
271	2880	329	1320	387	2880	445	1200
272	2280	330	960	388	1560	446	2040
273	1920	331	1680	389	1440	447	2040
274	1440	332	2880	390	1560	448	1440
275	1440	333	3240	391	2400	449	1080
276	1320	334	3360	392	1560	450	1200
277	1320	335	2040	393	1800	451	1080
278	1200	336	1920	394	2040	452	1680
279	1440	337	2400	395	2160	453	1440
280	1560	338	2640	396	1680	454	1680
281	1320	339	2760	397	1560	455	2880
282	1440	340	2280	398	1560	456	2760
283	1680	341	1800	399	1560	457	1800
284	1560	342	2400	400	1560	458	1320
285	1080	343	3240	401	1560	459	1320
286	1680	344	3120	402	1440	460	1680
287	1320	345	2040	403	1440	461	1320
288	1800	346	1800	404	1320	462	1320
289	1200	347	1320	405	1320	463	1560

Tabla 5.3. (Continúa)

No. muestra	rpm 's	No. muestra	rpm 's	No. muestra	rpm 's	No. muestra	rpm 's
464	1320	522	1680	580	1560	638	1440
465	1440	523	1680	581	2040	639	1560
466	1800	524	1680	582	2280	640	1680
467	1320	525	1680	583	2520	641	1560
468	1800	526	1560	584	3120	642	1560
469	1800	527	2640	585	2040	643	1680
470	2040	528	1680	586	1800	644	1560
471	2160	529	2040	587	2760	645	1440
472	1560	530	1920	588	2280	646	1560
473	1920	531	1800	589	2160	647	1560
474	1800	532	1680	590	3360	648	1560
475	2040	533	1560	591	2880	649	1680
476	2280	534	1560	592	2400	650	1440
477	2640	535	2040	593	2520	651	1680
478	3600	536	1680	594	2400	652	1680
479	3720	537	1680	595	1680	653	1680
480	4200	538	1920	596	1080	654	1560
481	2400	539	1920	597	1560	655	1680
482	1560	540	1800	598	1440	656	1560
483	1200	541	1800	599	1440	657	1440
484	1080	542	2760	600	1680	658	1800
485	1080	543	2160	601	1680	659	1680
486	1080	544	1920	602	1560	660	1680
487	1200	545	1920	603	1320	661	1560
488	1560	546	1920	604	1440	662	1440
489	1560	547	1800	605	1200	663	1680
490	2400	548	2040	606	1200	664	1440
491	2880	549	1920	607	1200	665	1560
492	1680	550	1920	608	1200	666	1680
493	1200	551	1800	609	1560	667	1680
494	1200	552	1680	610	1800	668	1560
495	1200	553	1560	611	1440	669	1560
496	1320	554	1440	612	1680	670	1680
497	1080	555	1320	613	1800	671	1560
498	1200	556	1320	614	1680	672	1920
499	1440	557	1200	615	1680	673	1680
500	1920	558	1080	616	1560	674	1560
501	3120	559	1440	617	1680	675	1560
502	2400	560	1560	618	2160	676	1440
503	2040	561	1200	619	1800	677	1560
504	2880	562	1560	620	2280	678	1440
505	2400	563	1440	621	2640	679	1440
506	2520	564	1800	622	2160	680	1680
507	2760	565	1800	623	1560	681	1800
508	1560	566	1680	624	1560	682	1920
509	1440	567	1440	625	1560	683	2400
510	1320	568	1800	626	1320	684	2280
511	2280	569	1680	627	1080	685	1680
512	2640	570	1440	628	1680	686	1440
513	1920	571	1680	629	1800	687	1560
514	2640	572	1680	630	1560	688	1440
515	2880	573	1680	631	1440	689	1560
516	2520	574	1560	632	1920	690	1440
517	1800	575	1440	633	1560	691	1560
518	1680	576	1560	634	1560	692	2040
519	2040	577	1320	635	1680	693	1920
520	2400	578	1680	636	1440	694	1440
521	1800	579	1680	637	1560	695	1800

Tabla 5.3. (Continúa)

No. muestra	rpm´s	No. muestra	rpm´s	No. muestra	rpm´s	No. muestra	rpm´s
696	1800	754	2160	812	1680	870	1440
697	1440	755	2640	813	1080	871	1560
698	1800	756	2880	814	1320	872	1560
699	1440	757	2880	815	1200	873	1680
700	1440	758	2160	816	1560	874	1440
701	1800	759	2640	817	2280	875	1920
702	1560	760	2040	818	3000	876	1560
703	1680	761	1680	819	2640	877	1680
704	1800	762	1680	820	1920	878	1440
705	1680	763	1680	821	2400	879	1440
706	1680	764	1680	822	2760	880	1560
707	1800	765	1800	823	2640	881	1440
708	1680	766	1560	824	2040	882	1680
709	1680	767	1680	825	1680	883	1680
710	1560	768	1440	826	1920	884	1560
711	1680	769	1200	827	3000	885	1680
712	1560	770	1200	828	3000	886	1440
713	1560	771	1080	829	2400	887	1560
714	1440	772	1200	830	2160	888	1440
715	1560	773	1200	831	2520	889	1320
716	1680	774	2040	832	2760	890	1680
717	1680	775	2400	833	2400	891	1560
718	1680	776	1800	834	1560	892	1440
719	1560	777	2640	835	2280	893	1440
720	1680	778	2640	836	2640	894	1680
721	1560	779	3240	837	2640	895	1560
722	1680	780	2160	838	1800	896	1560
723	1800	781	1920	839	1560	897	1440
724	1560	782	1440	840	1440	898	1680
725	1560	783	1200	841	1440	899	1680
726	1440	784	1200	842	1320	900	1560
727	1440	785	1800	843	1200	901	1680
728	1680	786	2880	844	1200	902	1440
729	1560	787	2640	845	1320	903	1440
730	1680	788	2040	846	1200	904	1680
731	1680	789	2760	847	1200	905	1200
732	1560	790	3120	848	1080	906	1560
733	1680	791	1920	849	1080	907	1680
734	1200	792	2400	850	1440	908	1440
735	1200	793	3120	851	1320	909	1680
736	1680	794	3240	852	1080	910	1440
737	1680	795	1800	853	1320	911	1680
738	1920	796	1800	854	1680	912	1560
739	2280	797	1560	855	1320	913	1320
740	3480	798	1200	856	1440	914	1560
741	1800	799	1200	857	1320	915	1320
742	1560	800	1320	858	1200	916	1680
743	1680	801	1080	859	1560	917	1800
744	2040	802	1320	860	1680	918	1440
745	2640	803	1320	861	1440	919	1320
746	3480	804	1560	862	1560	920	1560
747	3240	805	1200	863	1680	921	1320
748	2280	806	1320	864	1560	922	1560
749	2520	807	1320	865	1440	923	1200
750	2760	808	1800	866	1440	924	1680
751	3000	809	2280	867	1320	925	1680
752	2640	810	2040	868	1680	926	1920
753	2160	811	1320	869	1560	927	1920

Tabla 5.3. (Continúa)

No. muestra	rpm's	No. muestra	rpm's	No. muestra	rpm's	No. muestra	rpm's
928	2400	986	2400	1044	480	1102	1320
929	2160	987	1920	1045	2040	1103	2400
930	2040	988	2280	1046	1800	1104	2760
931	3000	989	2640	1047	3000	1105	2160
932	2760	990	2520	1048	2520	1106	2040
933	2760	991	2160	1049	1920	1107	2520
934	1680	992	1680	1050	1920	1108	3000
935	1320	993	1560	1051	1920	1109	2520
936	1320	994	1440	1052	1800	1110	1920
937	1440	995	1440	1053	1920	1111	1920
938	2040	996	1440	1054	2040	1112	1800
939	3120	997	1440	1055	1920	1113	1680
940	3000	998	2160	1056	1920	1114	1920
941	2640	999	1560	1057	2400	1115	2280
942	3000	1000	1320	1058	2040	1116	1800
943	3840	1001	1800	1059	1800	1117	1800
944	3720	1002	2400	1060	1800	1118	1680
945	2160	1003	2880	1061	2040	1119	1800
946	2040	1004	2280	1062	3480	1120	1680
947	2520	1005	1560	1063	3120	1121	1680
948	2040	1006	2640	1064	3360	1122	2280
949	1680	1007	2760	1065	3360	1123	2640
950	1680	1008	2400	1066	2400	1124	3120
951	1680	1009	1680	1067	2160	1125	3120
952	1560	1010	1680	1068	2640	1126	3480
953	1440	1011	1560	1069	2880	1127	3120
954	1200	1012	1440	1070	2760	1128	3000
955	1080	1013	1440	1071	2880	1129	3480
956	1200	1014	1440	1072	3600	1130	3600
957	1440	1015	1320	1073	2640	1131	3360
958	1320	1016	1320	1074	3240	1132	3360
959	1080	1017	2040	1075	2760	1133	2400
960	1200	1018	2400	1076	3000	1134	2400
961	960	1019	1320	1077	2640	1135	2760
962	1200	1020	1200	1078	2040	1136	2880
963	1560	1021	1320	1079	2400	1137	3000
964	1680	1022	1560	1080	3000	1138	3120
965	2040	1023	1200	1081	2400	1139	3000
966	2520	1024	1440	1082	2280	1140	2160
967	2160	1025	2640	1083	2400	1141	2040
968	1920	1026	2280	1084	2280	1142	2160
969	3120	1027	1560	1085	2400	1143	2520
970	3000	1028	1440	1086	2280	1144	3120
971	3240	1029	1320	1087	2400	1145	3240
972	1800	1030	2160	1088	2400	1146	2760
973	2640	1031	2640	1089	2400	1147	3240
974	3000	1032	2640	1090	2280	1148	3360
975	2280	1033	2040	1091	2400	1149	3240
976	1800	1034	1920	1092	2400	1150	2880
977	1920	1035	1680	1093	2280	1151	2880
978	2160	1036	1800	1094	2040	1152	3360
979	1920	1037	3000	1095	2040	1153	3120
980	1920	1038	3600	1096	1800	1154	2520
981	2160	1039	3360	1097	1560	1155	3120
982	2520	1040	2040	1098	1320	1156	3120
983	1800	1041	1320	1099	960	1157	2520
984	1440	1042	1440	1100	1080	1158	2760
985	2400	1043	600	1101	960	1159	2280

Tabla 5.3.

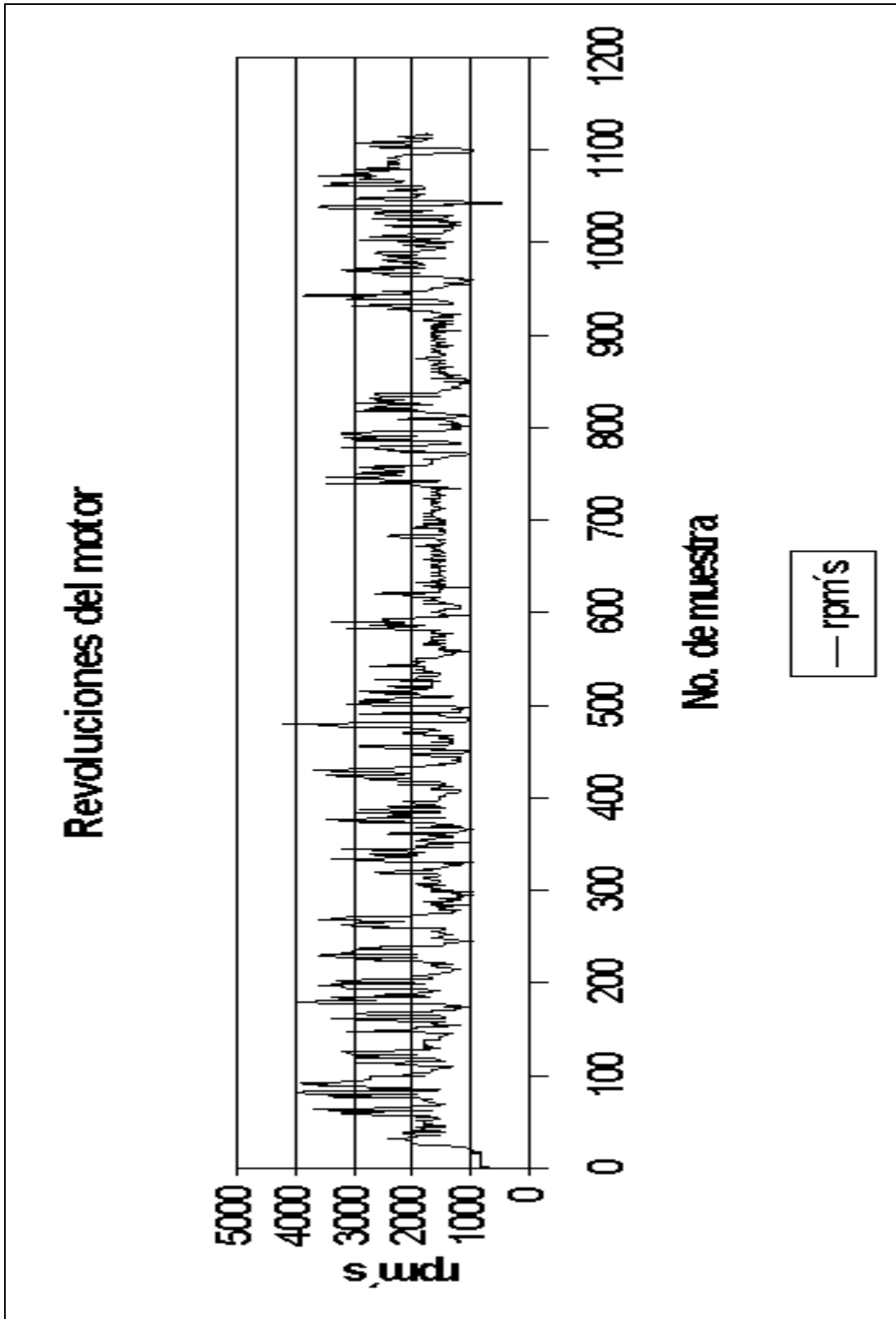


Figura 5.6.

De la Tabla 5.3 y de la Figura 5.6 se puede inferir que el comportamiento del sensor es correcto ya que no sobrepasa las 5000 rpms ni baja de 500 rpms, si se tuvieran valores por debajo de las 500 revoluciones indicaría que el coche tiende a apagarse y valores por arriba de las 5000 rpms no se podrían dar por las especificaciones del motor.

5.3.PRUEBAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO Y LA ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL PEDAL DEL ACELERADOR

Como primer paso para verificar el funcionamiento del sensor que proporciona la posición del pedal del acelerador, se procedió a colocarlo en el mecanismo descrito en el capítulo 3 (Diseño del hardware). La ubicación del sensor se presenta en la Figura 5.7.

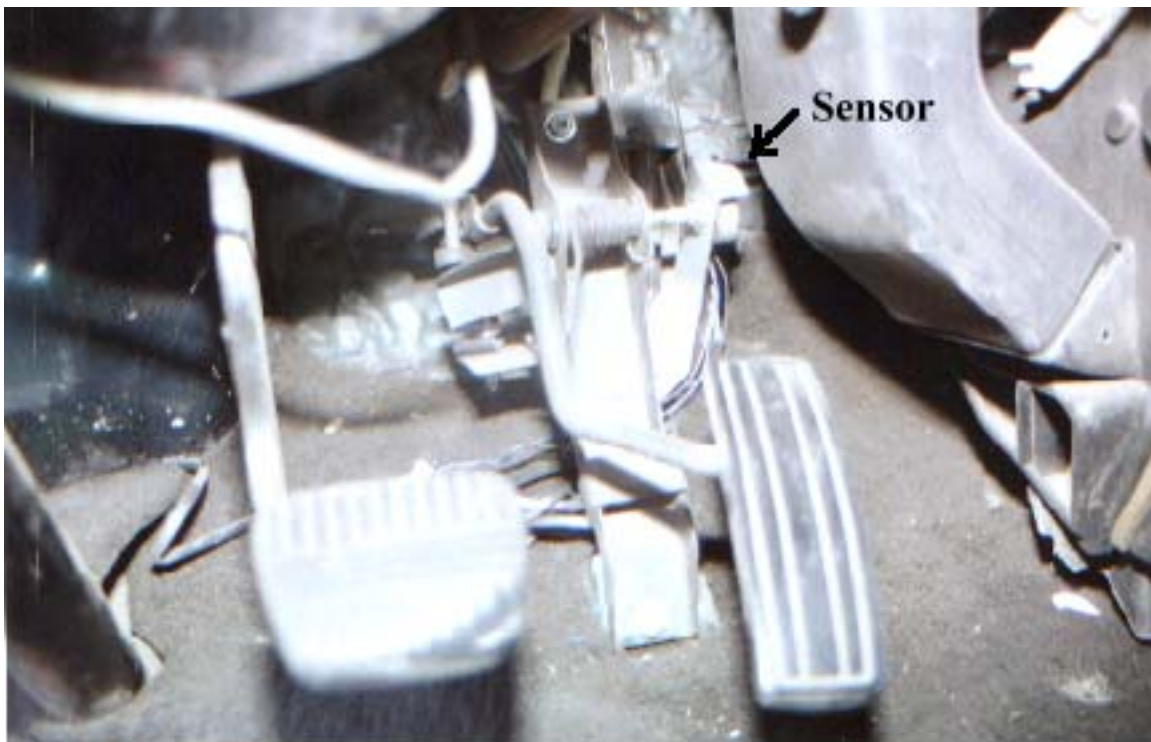


Figura 5.7.

Una vez colocado el sensor, se procedió con la adquisición de datos a diferentes posiciones del pedal, al verificar la información obtenida por el sistema nos pudimos percatar que no detectaba variaciones en el pedal, por lo que se realizó un seguimiento a la señal entregada por el sensor, el problema se encontró en el voltaje que entrega el mismo, que es como máximo 67 mV . De acuerdo al diseño, se esperaba para la primera posición un voltaje menor a 120 mV , por esta razón el sistema no registraba variación alguna, ya que nunca pasaba de los 120 mV . El problema se resolvió ajustando el intervalo de valores dentro de una de las rutinas del programa del sistema de adquisición, dividiendo las posiciones fijadas en el diseño en 6.7 mV para cada una. Se realizaron nuevamente pruebas, las cuales consistían en variar la posición del pedal y tomar la lectura de voltaje entregado por un multímetro, conectado en las terminales del sensor, este voltaje se comparó con la

posición entregada por el sistema, la posición debería corresponder al intervalo de voltaje previamente programado, es decir si el sistema obtiene un voltaje entre 0 y 6.7 mV debe entregar la posición cero, si se obtiene entre 6.71 mV y 13.4 mV debe entregar la posición uno, así sucesivamente hasta la posición nueve. Los resultados obtenidos en esta prueba se presentan en la Tabla 5.4.

Voltaje [mV]	Posición	Voltaje [mV]	Posición	Voltaje [mV]	Posición
3.1	0	2.6	0	4.3	0
6.9	1	7.4	1	8.7	1
13.6	2	14.9	2	15.4	2
20.8	3	21.5	3	23.56	3
27.25	4	30.21	4	29.32	4
34.3	5	35.8	5	38.9	5
41.65	6	44.36	6	45.28	6
47.73	7	51.74	7	52.81	7
55.97	8	59.35	8	58.42	8
63.84	9	61.59	9	60.57	9

Tabla 5.4.

Después de comprobar el correcto funcionamiento de esta etapa se realizaron recorridos con el sistema montado en la camioneta instrumentada. En la Tabla 5.5 se presentan los datos obtenidos y en Figura 5.8 la gráfica de dichos valores.

Muestra	Posición	Muestra	Posición	Muestra	Posición	Muestra	Posición	Muestra	Posición
1	0	59	7	117	5	175	3	233	9
2	0	60	6	118	7	176	4	234	9
3	0	61	9	119	9	177	6	235	3
4	0	62	9	120	9	178	9	236	8
5	0	63	8	121	9	179	9	237	7
6	5	64	6	122	9	180	9	238	7
7	4	65	5	123	8	181	9	239	5
8	3	66	5	124	9	182	9	240	3
9	3	67	5	125	9	183	9	241	3
10	3	68	5	126	5	184	3	242	3
11	3	69	5	127	3	185	5	243	3
12	3	70	5	128	3	186	7	244	3
13	3	71	5	129	3	187	7	245	3
14	3	72	5	130	3	188	3	246	3
15	3	73	5	131	3	189	3	247	3
16	3	74	4	132	3	190	3	248	3
17	3	75	4	133	3	191	3	249	3
18	3	76	7	134	3	192	6	250	3
19	3	77	9	135	3	193	7	251	3
20	3	78	3	136	3	194	7	252	3
21	3	79	7	137	3	195	9	253	3
22	5	80	9	138	3	196	9	254	3
23	5	81	9	139	3	197	8	255	3
24	6	82	3	140	3	198	4	256	3
25	7	83	3	141	3	199	5	257	3
26	7	84	5	142	3	200	7	258	4
27	7	85	6	143	3	201	7	259	7
28	7	86	6	144	3	202	7	260	9
29	9	87	7	145	3	203	3	261	5
30	7	88	9	146	5	204	3	262	9
31	6	89	9	147	9	205	6	263	9
32	6	90	3	148	7	206	7	264	3
33	5	91	3	149	3	207	3	265	9
34	4	92	3	150	3	208	3	266	9
35	4	93	3	151	3	209	3	267	9
36	4	94	3	152	3	210	3	268	9
37	3	95	6	153	3	211	3	269	9
38	3	96	6	154	3	212	3	270	9
39	3	97	6	155	3	213	3	271	3
40	4	98	5	156	3	214	3	272	3
41	4	99	5	157	3	215	3	273	3
42	3	100	6	158	7	216	3	274	3
43	3	101	6	159	9	217	3	275	2
44	3	102	5	160	9	218	3	276	2
45	3	103	4	161	3	219	3	277	2
46	3	104	4	162	3	220	3	278	2
47	4	105	3	163	3	221	3	279	0
48	4	106	3	164	6	222	3	280	0
49	4	107	3	165	8	223	4	281	0
50	4	108	3	166	7	224	8	282	0
51	4	109	3	167	3	225	3	283	0
52	5	110	4	168	3	226	8	284	0
53	4	111	6	169	3	227	9	285	0
54	4	112	6	170	3	228	9	286	0
55	5	113	7	171	3	229	3	287	0
56	5	114	5	172	3	230	7	288	0
57	7	115	5	173	3	231	9	289	0
58	7	116	5	174	3	232	9	290	0

Tabla 5.5. (Continúa)

Muestra	Posición	Muestra	Posición	Muestra	Posición	Muestra	Posición	Muestra	Posición
291	0	349	3	407	0	465	3	523	3
292	0	350	4	408	0	466	3	524	3
293	0	351	3	409	0	467	5	525	4
294	0	352	3	410	0	468	6	526	7
295	0	353	4	411	3	469	4	527	7
296	0	354	8	412	4	470	5	528	6
297	0	355	3	413	5	471	6	529	7
298	0	356	3	414	3	472	4	530	3
299	0	357	3	415	0	473	5	531	3
300	0	358	6	416	0	474	6	532	3
301	0	359	7	417	3	475	6	533	3
302	0	360	4	418	5	476	9	534	5
303	0	361	8	419	9	477	9	535	7
304	0	362	3	420	5	478	9	536	5
305	2	363	3	421	9	479	9	537	5
306	2	364	2	422	9	480	4	538	6
307	2	365	2	423	9	481	3	539	4
308	2	366	0	424	9	482	3	540	4
309	3	367	0	425	0	483	3	541	7
310	3	368	2	426	0	484	3	542	9
311	3	369	2	427	0	485	3	543	3
312	3	370	3	428	0	486	3	544	3
313	3	371	4	429	0	487	3	545	5
314	3	372	8	430	3	488	4	546	5
315	3	373	9	431	5	489	6	547	7
316	4	374	6	432	6	490	9	548	7
317	5	375	9	433	6	491	3	549	3
318	9	376	9	434	3	492	4	550	4
319	3	377	3	435	3	493	3	551	3
320	6	378	4	436	4	494	3	552	3
321	4	379	6	437	3	495	3	553	0
322	3	380	6	438	3	496	3	554	0
323	3	381	7	439	3	497	3	555	0
324	2	382	8	440	3	498	4	556	0
325	2	383	3	441	3	499	6	557	0
326	2	384	3	442	3	500	9	558	0
327	0	385	4	443	3	501	9	559	0
328	0	386	6	444	3	502	9	560	0
329	0	387	4	445	4	503	9	561	0
330	0	388	4	446	6	504	7	562	0
331	2	389	3	447	3	505	8	563	0
332	3	390	7	448	3	506	9	564	0
333	5	391	4	449	3	507	3	565	0
334	7	392	4	450	3	508	3	566	0
335	9	393	6	451	3	509	3	567	0
336	9	394	7	452	3	510	5	568	0
337	8	395	4	453	3	511	8	569	0
338	9	396	4	454	9	512	5	570	0
339	9	397	3	455	6	513	9	571	0
340	3	398	4	456	8	514	9	572	0
341	6	399	4	457	3	515	9	573	0
342	7	400	5	458	3	516	3	574	0
343	9	401	3	459	3	517	4	575	0
344	7	402	4	460	3	518	6	576	0
345	6	403	3	461	3	519	8	577	3
346	3	404	3	462	3	520	3	578	4
347	6	405	3	463	3	521	3	579	4
348	3	406	0	464	3	522	5	580	5

Tabla 5.5. (Continúa)

Muestra	Posición	Muestra	Posición	Muestra	Posición	Muestra	Posición	Muestra	Posición
581	6	639	0	697	0	755	9	813	0
582	6	640	0	698	0	756	9	814	0
583	9	641	0	699	0	757	3	815	0
584	7	642	0	700	0	758	9	816	6
585	3	643	0	701	0	759	9	817	9
586	9	644	0	702	0	760	3	818	9
587	8	645	0	703	0	761	4	819	9
588	5	646	0	704	0	762	4	820	9
589	9	647	0	705	0	763	6	821	9
590	9	648	0	706	0	764	8	822	9
591	6	649	0	707	0	765	4	823	9
592	6	650	0	708	0	766	4	824	3
593	9	651	0	709	0	767	3	825	3
594	3	652	0	710	0	768	3	826	8
595	0	653	0	711	0	769	3	827	8
596	0	654	0	712	0	770	3	828	9
597	0	655	0	713	0	771	3	829	8
598	0	656	3	714	0	772	3	830	6
599	0	657	4	715	0	773	4	831	9
600	0	658	3	716	0	774	9	832	9
601	0	659	3	717	0	775	3	833	3
602	0	660	0	718	0	776	6	834	6
603	0	661	0	719	0	777	9	835	9
604	0	662	0	720	0	778	9	836	9
605	0	663	0	721	0	779	5	837	9
606	0	664	0	722	0	780	3	838	3
607	0	665	0	723	0	781	0	839	3
608	0	666	0	724	0	782	0	840	0
609	3	667	0	725	0	783	0	841	0
610	4	668	0	726	0	784	4	842	0
611	3	669	0	727	0	785	8	843	0
612	0	670	0	728	0	786	9	844	0
613	0	671	0	729	0	787	3	845	0
614	0	672	0	730	0	788	9	846	0
615	3	673	0	731	0	789	9	847	0
616	4	674	0	732	0	790	6	848	0
617	5	675	0	733	0	791	4	849	0
618	6	676	0	734	0	792	9	850	0
619	6	677	0	735	0	793	9	851	0
620	7	678	0	736	3	794	7	852	0
621	8	679	3	737	5	795	3	853	0
622	3	680	4	738	6	796	3	854	0
623	5	681	5	739	9	797	0	855	0
624	4	682	6	740	3	798	0	856	0
625	3	683	7	741	5	799	0	857	0
626	0	684	5	742	5	800	0	858	0
627	0	685	3	743	6	801	0	859	0
628	0	686	4	744	7	802	0	860	0
629	0	687	4	745	9	803	0	861	0
630	0	688	4	746	9	804	0	862	0
631	0	689	3	747	9	805	0	863	0
632	0	690	3	748	6	806	3	864	0
633	0	691	4	749	4	807	4	865	0
634	0	692	4	750	9	808	6	866	0
635	0	693	3	751	9	809	9	867	0
636	0	694	3	752	6	810	3	868	0
637	0	695	0	753	7	811	4	869	0
638	0	696	0	754	9	812	3	870	0

Tabla 5.5. (Continúa)

Muestra	Posición	Muestra	Posición	Muestra	Posición	Muestra	Posición	Muestra	Posición
871	0	929	4	987	9				
872	0	930	7	988	9				
873	0	931	9	989	9				
874	0	932	9	990	8				
875	0	933	3	991	4				
876	0	934	3	992	4				
877	0	935	3	993	3				
878	0	936	4	994	3				
879	0	937	5	995	3				
880	0	938	9	996	3				
881	0	939	9	997	6				
882	0	940	9	998	7				
883	0	941	9	999	0				
884	0	942	9	1000	0				
885	0	943	9	1001					
886	0	944	9	1002					
887	0	945	8	1003					
888	0	946	7	1004					
889	0	947	5	1005					
890	0	948	5	1006					
891	0	949	5	1007					
892	0	950	3	1008					
893	0	951	3	1009					
894	0	952	4	1010					
895	0	953	4	1011					
896	0	954	4	1012					
897	0	955	4	1013					
898	0	956	5	1014					
899	0	957	5	1015					
900	0	958	5	1016					
901	0	959	5	1017					
902	0	960	6	1018					
903	0	961	6	1019					
904	0	962	6	1020					
905	0	963	6	1021					
906	0	964	6	1022					
907	0	965	7	1023					
908	0	966	9	1024					
909	0	967	4	1025					
910	0	968	9	1026					
911	0	969	9	1027					
912	0	970	9	1028					
913	0	971	5	1029					
914	0	972	9	1030					
915	0	973	9	1031					
916	0	974	6	1032					
917	0	975	7	1033					
918	3	976	4	1034					
919	4	977	8	1035					
920	3	978	6	1036					
921	3	979	4	1037					
922	4	980	7	1038					
923	4	981	7	1039					
924	3	982	3	1040					
925	5	983	4	1041					
926	7	984	7	1042					
927	8	985	8	1043					
928	9	986	5	1044					

Tabla 5.5.

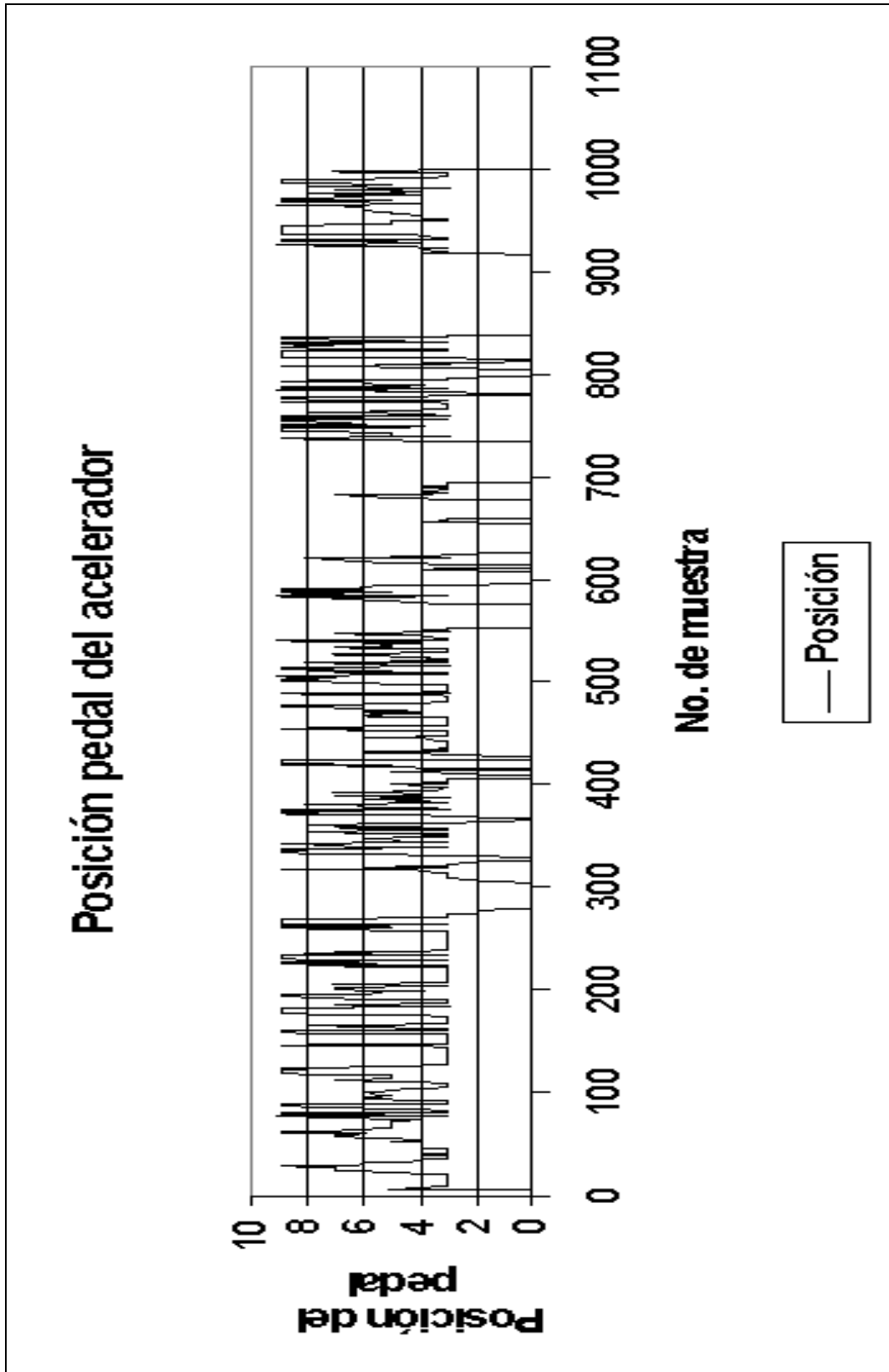


Figura 5.8.

De la gráfica de la Figura 5.8, obtenida con la información de uno de los recorridos, podemos observar que todos los datos están entre las posiciones 0 y 9, que son los valores esperados de acuerdo al diseño, con lo cual podemos deducir el correcto funcionamiento del sensor y del SAD.

5.4.PRUEBAS PARA LA ADQUISICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL ACEITE DEL MOTOR

El sensor de temperatura del aceite del motor se colocó en el lugar que ocupa la bayoneta que permite medir el nivel del aceite del motor y que llega al carter del mismo. En la Figura 5.9 se presenta una fotografía que permite observar al sensor de temperatura junto al gancho inductivo para medir rpms, montados en el motor de la camioneta Ichi-Van modelo 92.

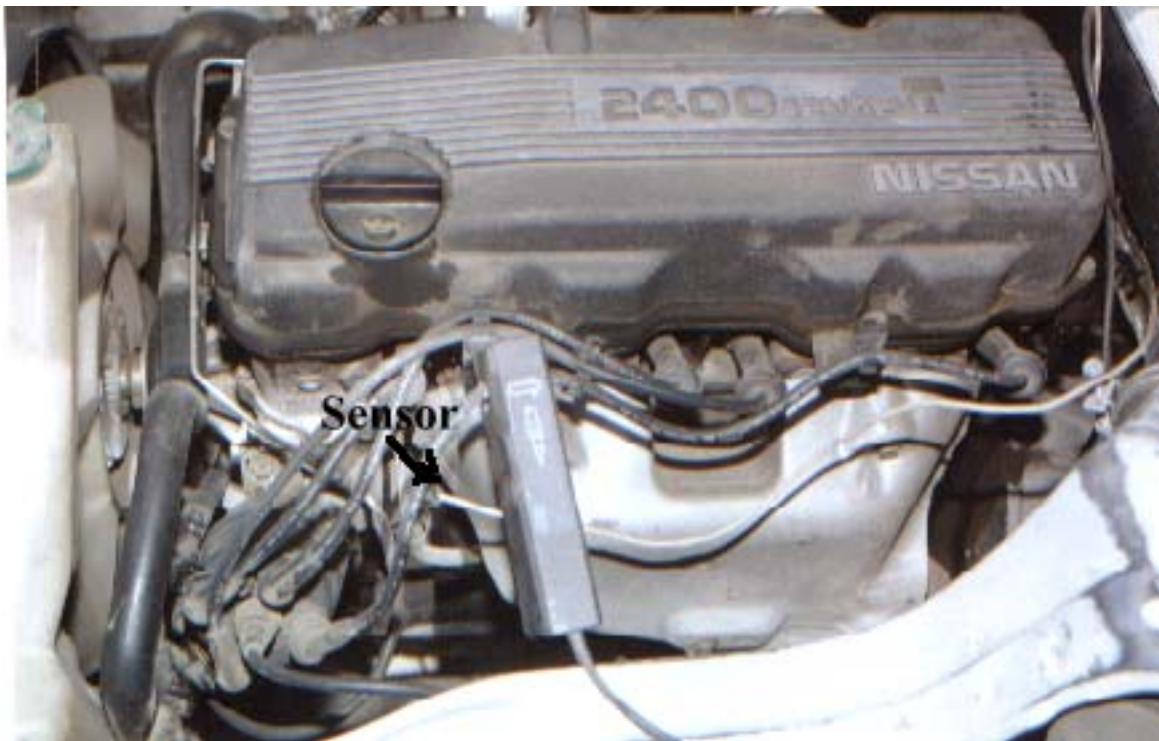


Figura 5.9.

Antes de colocar el sensor de temperatura se realizó la calibración del mismo, para esto se hizo uso de un multímetro marca *Proam*, dicho instrumento permite realizar mediciones de temperatura. Como se mencionó en el capítulo 3 (Diseño del Hardware) el sensor entrega 10 mV/K , al realizar la medición encontramos un valor de $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ (294 K), por lo que la salida de la etapa de acondicionamiento se ajustó para tener 294 mV . Una vez realizado este ajuste se procedió a colocar el sensor al adquisidor de datos, la conversión a grados celsius se realizó mediante software. Se efectuó la medición de la temperatura ambiente y se observó que el multímetro marcaba $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el módulo de adquisición de datos desplegaba $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, por lo que no se tiene error al determinar dicha temperatura.

Después de calibrar y comprobar el correcto funcionamiento de esta etapa se colocó el sensor de circuito integrado LM 135 en el conducto de la bayoneta que permite medir el nivel de aceite del motor y se realizaron recorridos con el sistema montado en la camioneta. Los datos obtenidos se presentan en la Tabla 5.6, en la Figura 5.10 se presenta la gráfica de los datos contenidos en dicha tabla.

Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]
0	59	58	62	116	64	174	66
1	59	59	62	117	64	175	66
2	59	60	62	118	64	176	66
3	59	61	62	119	64	177	66
4	59	62	62	120	64	178	66
5	59	63	62	121	65	179	66
6	59	64	62	122	64	180	66
7	59	65	62	123	64	181	66
8	59	66	62	124	64	182	66
9	59	67	62	125	64	183	66
10	59	68	62	126	64	184	66
11	59	69	62	127	64	185	66
12	59	70	62	128	64	186	66
13	59	71	63	129	64	187	66
14	59	72	62	130	65	188	66
15	59	73	62	131	64	189	66
16	59	74	62	132	64	190	66
17	59	75	63	133	64	191	66
18	59	76	63	134	64	192	67
19	59	77	63	135	65	193	66
20	59	78	63	136	64	194	66
21	59	79	63	137	64	195	66
22	59	80	63	138	65	196	66
23	59	81	63	139	65	197	67
24	59	82	63	140	65	198	67
25	60	83	63	141	65	199	67
26	60	84	63	142	65	200	67
27	59	85	63	143	65	201	67
28	60	86	63	144	65	202	67
29	60	87	63	145	65	203	67
30	60	88	63	146	65	204	67
31	60	89	63	147	65	205	67
32	60	90	63	148	65	206	67
33	60	91	63	149	65	207	67
34	60	92	63	150	65	208	67
35	60	93	63	151	65	209	67
36	60	94	63	152	65	210	67
37	60	95	63	153	65	211	67
38	60	96	63	154	65	212	67
39	60	97	63	155	65	213	67
40	61	98	63	156	65	214	67
41	61	99	63	157	65	215	67
42	61	100	63	158	65	216	67
43	60	101	63	159	65	217	67
44	60	102	63	160	65	218	67
45	61	103	63	161	65	219	68
46	60	104	63	162	65	220	68
47	61	105	63	163	65	221	67
48	61	106	63	164	65	222	67
49	61	107	63	165	65	223	68
50	61	108	63	166	65	224	68
51	61	109	63	167	65	225	68
52	61	110	63	168	65	226	68
53	61	111	63	169	66	227	67
54	61	112	63	170	65	228	68
55	61	113	63	171	65	229	67
56	61	114	64	172	65	230	67
57	61	115	64	173	66	231	67

Tabla 5.6. (Continúa)

Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]
232	67	290	68	348	68	406	69
233	67	291	69	349	68	407	69
234	67	292	69	350	69	408	70
235	68	293	69	351	69	409	70
236	68	294	69	352	69	410	70
237	67	295	69	353	68	411	70
238	68	296	69	354	68	412	70
239	68	297	69	355	68	413	70
240	68	298	69	356	69	414	70
241	67	299	69	357	69	415	70
242	67	300	69	358	68	416	70
243	68	301	69	359	69	417	70
244	68	302	69	360	69	418	70
245	68	303	68	361	69	419	70
246	68	304	69	362	69	420	70
247	68	305	69	363	69	421	70
248	68	306	68	364	69	422	70
249	68	307	68	365	68	423	70
250	68	308	68	366	69	424	70
251	68	309	68	367	69	425	70
252	68	310	68	368	69	426	70
253	68	311	68	369	69	427	70
254	68	312	68	370	70	428	70
255	68	313	68	371	69	429	70
256	68	314	68	372	70	430	70
257	68	315	68	373	69	431	70
258	68	316	68	374	70	432	70
259	68	317	68	375	68	433	70
260	68	318	68	376	70	434	70
261	68	319	68	377	69	435	70
262	68	320	68	378	69	436	70
263	68	321	68	379	69	437	70
264	68	322	69	380	69	438	70
265	68	323	68	381	69	439	70
266	68	324	68	382	69	440	70
267	68	325	68	383	69	441	70
268	68	326	69	384	69	442	70
269	68	327	69	385	69	443	71
270	68	328	69	386	69	444	70
271	68	329	69	387	69	445	71
272	68	330	69	388	69	446	70
273	68	331	70	389	69	447	70
274	68	332	69	390	69	448	71
275	68	333	69	391	69	449	70
276	68	334	69	392	69	450	70
277	68	335	69	393	69	451	70
278	69	336	69	394	69	452	70
279	68	337	69	395	69	453	70
280	68	338	69	396	69	454	70
281	69	339	68	397	69	455	70
282	69	340	69	398	69	456	70
283	68	341	68	399	69	457	70
284	69	342	69	400	69	458	70
285	69	343	69	401	69	459	70
286	69	344	69	402	69	460	70
287	68	345	68	403	69	461	70
288	69	346	69	404	69	462	70
289	69	347	68	405	69	463	71

Tabla 5.6. (Continúa)

Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]
464	71	522	71	580	72	638	72
465	71	523	71	581	71	639	72
466	71	524	71	582	71	640	72
467	71	525	71	583	71	641	72
468	71	526	71	584	71	642	72
469	71	527	71	585	71	643	72
470	71	528	71	586	71	644	72
471	71	529	71	587	71	645	72
472	71	530	71	588	71	646	73
473	71	531	71	589	71	647	72
474	71	532	71	590	71	648	72
475	71	533	71	591	71	649	72
476	71	534	72	592	71	650	72
477	71	535	72	593	71	651	73
478	71	536	71	594	71	652	72
479	71	537	71	595	71	653	72
480	71	538	71	596	71	654	72
481	70	539	71	597	71	655	72
482	70	540	71	598	71	656	72
483	71	541	71	599	71	657	73
484	71	542	72	600	72	658	72
485	71	543	71	601	72	659	72
486	71	544	71	602	72	660	73
487	71	545	71	603	72	661	73
488	71	546	71	604	72	662	73
489	71	547	71	605	72	663	73
490	71	548	71	606	73	664	72
491	71	549	71	607	73	665	72
492	71	550	71	608	73	666	72
493	71	551	71	609	72	667	73
494	71	552	71	610	73	668	72
495	71	553	71	611	73	669	72
496	71	554	72	612	72	670	73
497	71	555	72	613	72	671	72
498	71	556	71	614	72	672	73
499	71	557	72	615	72	673	73
500	71	558	72	616	72	674	72
501	71	559	72	617	72	675	73
502	71	560	73	618	72	676	73
503	71	561	72	619	72	677	73
504	71	562	73	620	72	678	73
505	71	563	72	621	72	679	73
506	71	564	72	622	72	680	73
507	71	565	73	623	72	681	73
508	71	566	72	624	72	682	73
509	71	567	73	625	72	683	72
510	71	568	72	626	72	684	72
511	71	569	72	627	72	685	73
512	71	570	72	628	72	686	72
513	71	571	72	629	72	687	72
514	71	572	72	630	72	688	72
515	71	573	72	631	72	689	72
516	71	574	72	632	72	690	72
517	71	575	72	633	73	691	72
518	71	576	72	634	72	692	72
519	71	577	72	635	72	693	72
520	71	578	71	636	73	694	73
521	71	579	71	637	72	695	72

Tabla 5.6. (Continúa)

Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]
696	72	754	72	812	73	870	73
697	73	755	72	813	74	871	73
698	73	756	72	814	73	872	73
699	73	757	72	815	73	873	73
700	73	758	72	816	73	874	73
701	73	759	72	817	73	875	73
702	73	760	73	818	73	876	73
703	73	761	72	819	73	877	73
704	72	762	72	820	73	878	73
705	72	763	72	821	73	879	73
706	73	764	73	822	73	880	73
707	73	765	73	823	73	881	73
708	73	766	73	824	73	882	73
709	73	767	72	825	73	883	73
710	72	768	73	826	73	884	73
711	72	769	73	827	73	885	73
712	72	770	73	828	73	886	73
713	72	771	73	829	73	887	73
714	72	772	74	830	73	888	73
715	72	773	73	831	73	889	73
716	72	774	73	832	73	890	73
717	72	775	73	833	73	891	73
718	72	776	73	834	73	892	73
719	72	777	73	835	73	893	73
720	72	778	73	836	73	894	73
721	72	779	73	837	73	895	73
722	72	780	73	838	73	896	73
723	73	781	73	839	73	897	73
724	72	782	73	840	73	898	73
725	72	783	73	841	73	899	73
726	72	784	73	842	73	900	73
727	72	785	73	843	73	901	73
728	73	786	73	844	74	902	73
729	72	787	73	845	74	903	73
730	72	788	73	846	74	904	73
731	73	789	73	847	74	905	73
732	73	790	73	848	74	906	73
733	73	791	73	849	75	907	73
734	73	792	73	850	75	908	73
735	73	793	73	851	75	909	73
736	72	794	73	852	74	910	73
737	73	795	73	853	74	911	73
738	72	796	73	854	74	912	73
739	72	797	73	855	74	913	73
740	73	798	74	856	74	914	73
741	72	799	74	857	74	915	73
742	73	800	74	858	73	916	73
743	72	801	74	859	73	917	73
744	73	802	74	860	73	918	73
745	73	803	74	861	73	919	73
746	72	804	73	862	73	920	73
747	72	805	73	863	73	921	73
748	72	806	74	864	73	922	73
749	72	807	74	865	73	923	73
750	72	808	74	866	73	924	73
751	72	809	73	867	73	925	73
752	72	810	74	868	73	926	73
753	72	811	73	869	73	927	73

Tabla 5.6. (Continúa)

Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]
928	72	986	73	1044	74	1102	76
929	73	987	73	1045	75	1103	76
930	73	988	74	1046	75	1104	75
931	73	989	73	1047	75	1105	76
932	73	990	74	1048	75	1106	75
933	73	991	74	1049	75	1107	75
934	73	992	74	1050	75	1108	76
935	73	993	74	1051	75	1109	75
936	73	994	74	1052	75	1110	75
937	73	995	74	1053	75	1111	75
938	73	996	74	1054	75	1112	75
939	73	997	74	1055	75	1113	75
940	73	998	74	1056	75	1114	75
941	73	999	74	1057	75	1115	75
942	73	1000	75	1058	75	1116	76
943	73	1001	75	1059	75	1117	75
944	73	1002	75	1060	75	1118	75
945	73	1003	74	1061	75	1119	75
946	73	1004	75	1062	75	1120	75
947	73	1005	75	1063	75	1121	75
948	73	1006	74	1064	75	1122	75
949	73	1007	74	1065	74	1123	75
950	73	1008	75	1066	75	1124	75
951	73	1009	75	1067	75	1125	75
952	74	1010	74	1068	75	1126	75
953	74	1011	74	1069	74	1127	75
954	74	1012	74	1070	75	1128	75
955	74	1013	75	1071	75	1129	75
956	75	1014	75	1072	75	1130	75
957	75	1015	75	1073	74	1131	75
958	75	1016	75	1074	75	1132	75
959	75	1017	75	1075	75	1133	75
960	75	1018	75	1076	75	1134	75
961	75	1019	75	1077	75	1135	76
962	75	1020	75	1078	75	1136	75
963	75	1021	75	1079	75	1137	75
964	75	1022	75	1080	75	1138	75
965	75	1023	75	1081	75	1139	75
966	74	1024	75	1082	75	1140	76
967	75	1025	75	1083	75	1141	75
968	75	1026	75	1084	75	1142	76
969	74	1027	75	1085	75	1143	76
970	74	1028	75	1086	75	1144	76
971	74	1029	75	1087	75	1145	76
972	74	1030	75	1088	75	1146	76
973	75	1031	75	1089	75	1147	76
974	74	1032	75	1090	75	1148	75
975	74	1033	75	1091	75	1149	75
976	74	1034	75	1092	75	1150	76
977	74	1035	75	1093	75	1151	75
978	74	1036	74	1094	75	1152	76
979	74	1037	74	1095	75	1153	75
980	74	1038	74	1096	75	1154	76
981	74	1039	74	1097	75	1155	76
982	73	1040	74	1098	76	1156	76
983	73	1041	74	1099	76	1157	76
984	74	1042	75	1100	76	1158	76
985	74	1043	74	1101	76	1159	76

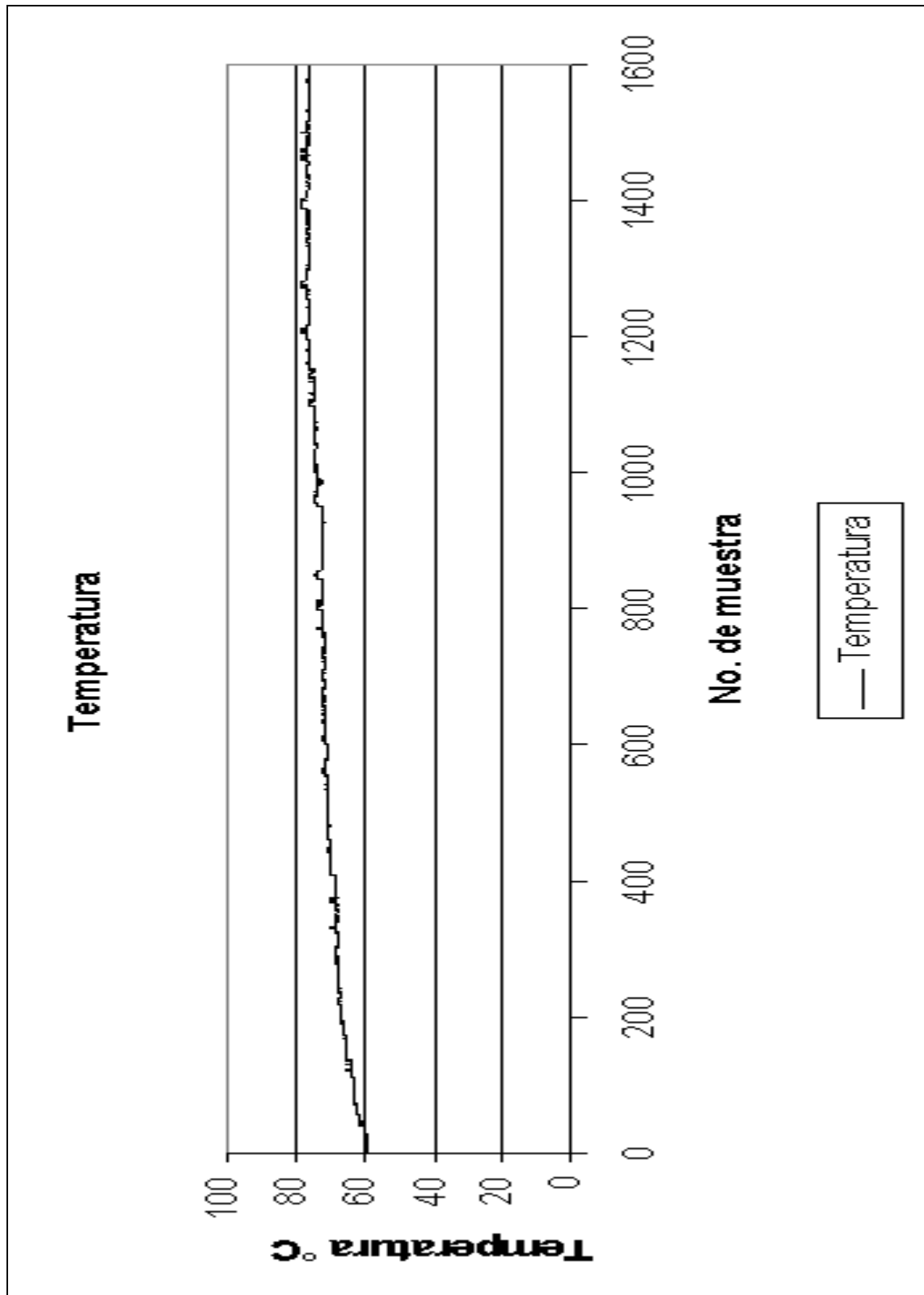
Tabla 5.6. (Continúa)

Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]
1160	76	1218	77	1276	78	1334	76
1161	76	1219	76	1277	78	1335	77
1162	76	1220	76	1278	78	1336	76
1163	77	1221	76	1279	78	1337	76
1164	76	1222	76	1280	78	1338	76
1165	76	1223	76	1281	78	1339	76
1166	76	1224	76	1282	77	1340	76
1167	76	1225	76	1283	77	1341	77
1168	76	1226	76	1284	77	1342	77
1169	76	1227	76	1285	77	1343	77
1170	76	1228	76	1286	77	1344	77
1171	76	1229	76	1287	77	1345	77
1172	76	1230	76	1288	77	1346	76
1173	76	1231	76	1289	77	1347	77
1174	76	1232	76	1290	77	1348	76
1175	76	1233	76	1291	77	1349	76
1176	76	1234	76	1292	77	1350	76
1177	76	1235	76	1293	77	1351	77
1178	76	1236	76	1294	77	1352	77
1179	76	1237	76	1295	77	1353	76
1180	77	1238	76	1296	77	1354	77
1181	76	1239	76	1297	77	1355	77
1182	76	1240	76	1298	76	1356	76
1183	76	1241	76	1299	77	1357	76
1184	76	1242	77	1300	77	1358	77
1185	76	1243	76	1301	76	1359	76
1186	76	1244	76	1302	76	1360	76
1187	76	1245	76	1303	76	1361	76
1188	76	1246	76	1304	76	1362	76
1189	76	1247	76	1305	76	1363	76
1190	76	1248	76	1306	77	1364	77
1191	76	1249	76	1307	76	1365	76
1192	76	1250	76	1308	76	1366	77
1193	76	1251	76	1309	76	1367	77
1194	76	1252	76	1310	76	1368	77
1195	76	1253	77	1311	76	1369	76
1196	76	1254	77	1312	76	1370	77
1197	77	1255	77	1313	76	1371	76
1198	77	1256	77	1314	76	1372	77
1199	77	1257	76	1315	76	1373	77
1200	77	1258	76	1316	76	1374	76
1201	77	1259	77	1317	76	1375	76
1202	77	1260	77	1318	76	1376	77
1203	77	1261	77	1319	76	1377	76
1204	77	1262	77	1320	76	1378	76
1205	77	1263	77	1321	76	1379	76
1206	77	1264	77	1322	76	1380	77
1207	78	1265	76	1323	76	1381	77
1208	77	1266	77	1324	76	1382	76
1209	78	1267	77	1325	76	1383	77
1210	78	1268	77	1326	76	1384	76
1211	77	1269	78	1327	76	1385	76
1212	78	1270	77	1328	76	1386	77
1213	77	1271	78	1329	76	1387	77
1214	77	1272	77	1330	76	1388	77
1215	77	1273	77	1331	76	1389	78
1216	76	1274	77	1332	76	1390	78
1217	76	1275	77	1333	76	1391	78

Tabla 5.6. (Continúa)

Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]	Muestra	Temp [°C]
1392	78	1450	77	1508	76	1566	76
1393	78	1451	77	1509	77	1567	76
1394	78	1452	76	1510	77	1568	76
1395	78	1453	76	1511	76	1569	76
1396	78	1454	76	1512	77	1570	76
1397	78	1455	76	1513	77	1571	76
1398	78	1456	76	1514	77	1572	76
1399	78	1457	77	1515	77	1573	76
1400	78	1458	77	1516	76	1574	76
1401	77	1459	77	1517	76	1575	77
1402	78	1460	78	1518	77	1576	77
1403	78	1461	77	1519	76	1577	76
1404	77	1462	77	1520	76	1578	77
1405	77	1463	77	1521	76	1579	76
1406	77	1464	77	1522	76	1580	76
1407	77	1465	78	1523	76	1581	76
1408	77	1466	76	1524	76	1582	76
1409	77	1467	77	1525	76	1583	76
1410	77	1468	77	1526	76	1584	76
1411	77	1469	77	1527	76	1585	76
1412	77	1470	77	1528	76	1586	76
1413	77	1471	77	1529	76	1587	76
1414	77	1472	78	1530	76	1588	76
1415	77	1473	78	1531	76	1589	76
1416	76	1474	78	1532	77	1590	76
1417	76	1475	77	1533	77	1591	76
1418	76	1476	78	1534	77	1592	76
1419	76	1477	77	1535	76	1593	76
1420	76	1478	77	1536	76	1594	76
1421	76	1479	77	1537	76	1595	76
1422	77	1480	77	1538	76	1596	76
1423	76	1481	76	1539	76	1597	76
1424	76	1482	77	1540	76	1598	76
1425	76	1483	76	1541	76	1599	76
1426	76	1484	77	1542	76	1600	76
1427	76	1485	77	1543	76	1601	
1428	76	1486	76	1544	76	1602	
1429	77	1487	77	1545	76	1603	
1430	77	1488	77	1546	76	1604	
1431	76	1489	76	1547	76	1605	
1432	76	1490	77	1548	76	1606	
1433	76	1491	77	1549	76	1607	
1434	76	1492	76	1550	76	1608	
1435	77	1493	77	1551	76	1609	
1436	77	1494	77	1552	76	1610	
1437	76	1495	76	1553	76	1611	
1438	76	1496	76	1554	76	1612	
1439	77	1497	76	1555	76	1613	
1440	76	1498	76	1556	76	1614	
1441	77	1499	76	1557	76	1615	
1442	77	1500	78	1558	76	1616	
1443	77	1501	76	1559	76	1617	
1444	77	1502	77	1560	76	1618	
1445	77	1503	77	1561	76	1619	
1446	77	1504	77	1562	76	1620	
1447	77	1505	77	1563	76	1621	
1448	77	1506	76	1564	76	1622	
1449	77	1507	77	1565	76	1623	

Tabla 5.6.

*Figura 5.10.*

De acuerdo a la información presentada en la Figura 5.10, se puede concluir que la adquisición de la temperatura del aceite del motor es correcta, ya que el comportamiento de los datos es el esperado, debido a que la temperatura se incrementa y llega un punto en el que se mantiene constante, esto debido al sistema de enfriamiento del motor que no permite que la temperatura del aceite incremente por arriba del valor dado por el fabricante del motor, dicho valor varía dependiendo el tipo y marca de motor.

5.5.PRUEBAS PARA LA ADQUISICIÓN DE HUMEDAD Y TEMPERATURA AMBIENTE

La obtención de temperatura ambiente se realizó con un sensor de circuito integrado LM35, cuyas características se presentaron en el capítulo 3 (diseño del Hardware), dicho sensor entrega $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$. Al tomar lecturas de temperatura ambiente no se encontró error, la etapa de acondicionamiento de este sensor la compone un amplificador operacional en configuración seguidor, que sirve para acoplar impedancias, por lo que no se requiere una calibración por *hardware*. Debido a que el sensor presenta un comportamiento lineal, además de que entrega como señal de salida un voltaje del orden de los milivolts no presentó problema para la adquisición de dicha variable.

Antes de obtener el valor de la humedad ambiente se debe ajustar la variación de voltaje en el intervalo del sensor de humedad (10 a 90 %), esto se realiza mediante la prueba de saturación, dicha prueba asegura que la señal entregada por el acondicionamiento del sensor de humedad no sature en el punto superior o inferior del intervalo de voltajes para los diferentes porcentajes de humedad relativa. Se ajustaron los voltajes con la ayuda del calibrador *Vaisala*, al colocar el sensor en los puntos de prueba (frascos del calibrador) se obtuvieron dos valores de voltaje, con la ayuda de un osciloscopio se determinó si en ambos puntos la señal de voltaje estaba saturada, cuando la señal no satura se aprecia el rizo ocasionado por la descarga del capacitor en la señal. Por el contrario cuando la señal está saturada el rizo no se aprecia y lo único que podemos observar es la señal de corriente directa. En la Figura 5.11. se presenta una fotografía en la cual se puede observar al acondicionamiento del sensor de humedad junto con el calibrador *Vaisala* en la prueba de saturación.

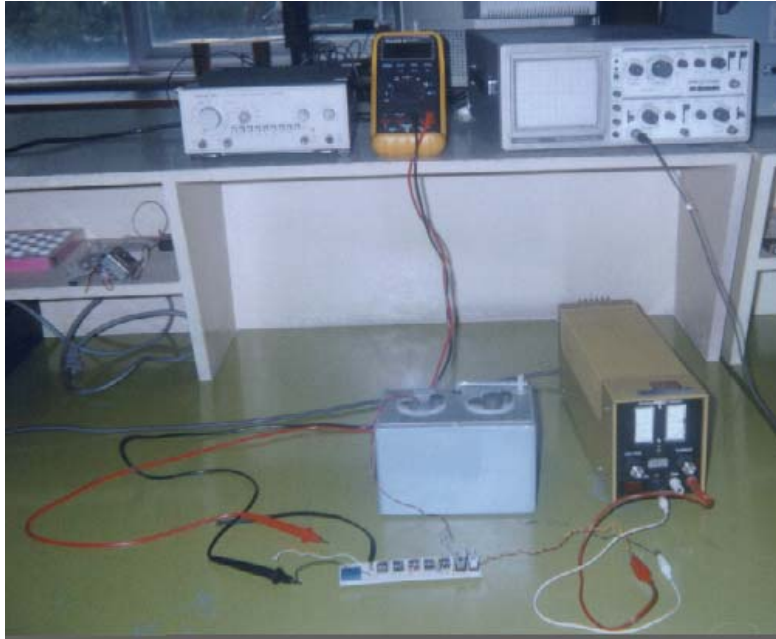


Figura 5.11.

La tarjeta que contiene los componentes que permiten acondicionar la señal entregada por el sensor de humedad, así como el sensor de temperatura colocado en el mismo circuito, se presentan en la Figura 5.12.

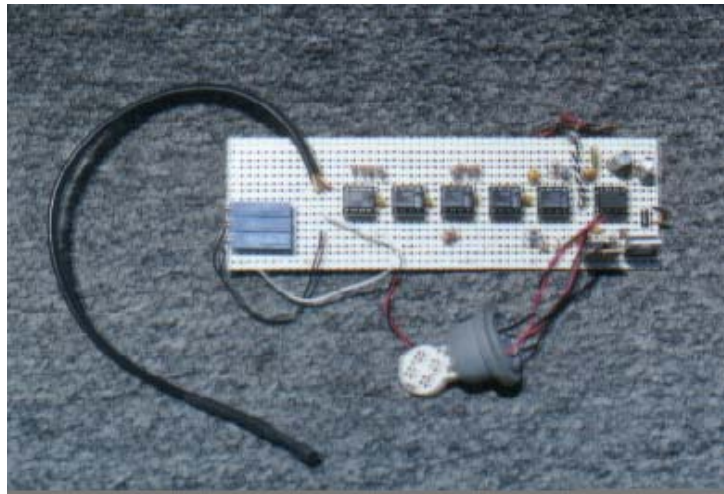


Figura 5.12.

Una vez que se ajustó el sensor de humedad, se conectó al sistema, y para efectos de calibración se puso en operación, algunos de los datos obtenidos durante las pruebas se presentan en la Tabla 5.7.

Muestra	Humedad	Tem-Amb	Muestra	Humedad	Tem-Amb	Muestra	Humedad	Tem-Amb	Muestra	Humedad	Tem-Amb
0	44	20	66	42	20	132	40	20	198	46	19
1	46	20	67	42	20	133	42	20	199	42	20
2	45	20	68	41	20	134	41	20	200	45	20
3	42	20	69	45	20	135	41	20	201	40	20
4	42	20	70	45	20	136	42	20	202	45	20
5	39	20	71	46	20	137	41	20	203	47	20
6	43	20	72	39	20	138	40	20	204	43	20
7	41	20	73	41	20	139	41	20	205	46	20
8	47	20	74	40	20	140	41	20	206	44	20
9	41	20	75	43	20	141	40	20	207	49	20
10	40	20	76	43	20	142	42	20	208	43	20
11	48	20	77	43	20	143	41	20	209	47	20
12	43	20	78	49	20	144	41	20	210	50	20
13	39	20	79	41	20	145	43	20	211	43	20
14	44	20	80	43	20	146	41	20	212	48	20
15	47	20	81	42	20	147	42	20	213	49	20
16	45	20	82	47	20	148	43	20	214	49	20
17	39	20	83	47	20	149	43	20	215	44	20
18	39	20	84	46	20	150	43	20	216	46	20
19	46	20	85	40	20	151	46	20	217	42	20
20	42	20	86	41	20	152	48	20	218	44	20
21	45	20	87	40	20	153	43	20	219	45	20
22	42	20	88	43	20	154	43	20	220	43	20
23	45	20	89	44	19	155	43	20	221	46	20
24	41	20	90	43	20	156	44	20	222	46	20
25	46	20	91	47	20	157	47	20	223	44	20
26	40	20	92	46	20	158	48	20	224	45	20
27	47	20	93	46	20	159	41	20	225	45	20
28	44	20	94	39	20	160	48	20	226	44	20
29	46	20	95	40	20	161	44	20	227	46	20
30	44	20	96	42	20	162	48	20	228	46	20
31	42	20	97	42	20	163	42	20	229	43	20
32	43	20	98	42	20	164	45	20	230	46	20
33	44	20	99	40	20	165	43	20	231	47	20
34	44	20	100	44	20	166	47	20	232	43	20
35	47	20	101	43	20	167	44	20	233	45	20
36	44	19	102	43	20	168	40	20	234	45	20
37	41	20	103	47	20	169	43	20	235	43	20
38	43	20	104	46	20	170	40	20	236	45	20
39	40	20	105	45	20	171	46	20	237	45	20
40	46	20	106	47	20	172	44	19	238	45	20
41	39	20	107	47	20	173	46	20	239	43	20
42	45	20	108	46	20	174	47	20	240	44	20
43	39	20	109	40	20	175	43	20	241	48	20
44	42	20	110	41	20	176	46	20	242	43	20
45	39	20	111	39	20	177	47	20	243	43	20
46	41	20	112	43	20	178	43	20	244	47	20
47	42	20	113	44	20	179	43	20	245	49	20
48	47	20	114	43	20	180	47	20	246	49	20
49	40	20	115	47	20	181	47	20	247	44	20
50	45	20	116	47	20	182	45	20	248	46	20
51	41	20	117	46	20	183	42	20	249	45	20
52	43	20	118	40	20	184	47	20	250	42	20
53	41	20	119	40	20	185	41	20	251	43	20
54	44	20	120	39	20	186	44	20	252	50	20
55	46	20	121	43	20	187	40	20	253	49	20
56	45	20	122	44	20	188	44	20	254	48	20
57	39	20	123	43	20	189	43	20	255	46	20
58	40	20	124	47	20	190	49	20	256	44	20
59	39	20	125	47	20	191	43	20	257	43	20
60	44	20	126	46	20	192	48	20	258	49	20
61	44	20	127	39	20	193	43	20	259	46	20
62	44	20	128	40	20	194	45	20	260	46	20
63	47	20	129	44	20	195	42	20	261	42	20
64	44	20	130	41	20	196	47	20	262	49	20
65	44	20	131	40	20	197	48	20	263	47	20

Tabla 5.7. (Continúa)

muestra	Humedad	Tem-Amb	muestra	Humedad	Tem-Amb	Muestra	Humedad	Tem-Amb	muestra	Humedad	Tem-Amb
264	43	20	330	43	20	396	43	20	462	50	20
265	49	20	331	50	20	397	43	20	463	16	20
266	49	20	332	48	20	398	47	20	464	45	20
267	48	20	333	61	20	399	62	20	465	44	20
268	44	20	334	45	20	400	51	20	466	49	20
269	49	20	335	42	20	401	46	20	467	48	20
270	48	20	336	42	20	402	45	20	468	44	20
271	45	20	337	42	20	403	47	20	469	44	20
272	48	20	338	48	20	404	48	20	470	47	20
273	49	20	339	50	20	405	50	20	471	48	20
274	46	20	340	51	20	406	48	20	472	51	20
275	43	20	341	43	20	407	50	20	473	50	20
276	49	20	342	49	20	408	46	20	474	47	20
277	50	20	343	44	20	409	43	20	475	46	20
278	46	20	344	46	20	410	51	20	476	49	20
279	43	20	345	42	20	411	49	20	477	48	20
280	42	20	346	45	20	412	46	20	478	44	20
281	48	20	347	50	20	413	47	20	479	52	20
282	45	20	348	43	20	414	50	20	480	45	20
283	44	20	349	45	20	415	51	20	481	44	20
284	51	20	350	51	20	416	45	20	482	48	20
285	47	20	351	44	20	417	45	20	483	48	20
286	47	20	352	46	20	418	50	20	484	50	20
287	43	20	353	51	20	419	51	20	485	53	20
288	49	20	354	43	20	420	45	20	486	44	20
289	48	20	355	49	20	421	46	20	487	50	20
290	50	20	356	43	20	422	50	20	488	47	20
291	44	20	357	44	20	423	50	20	489	44	20
292	49	20	358	51	20	424	45	20	490	49	20
293	49	20	359	49	20	425	46	20	491	47	20
294	47	19	360	49	20	426	49	20	492	50	20
295	43	20	361	45	20	427	50	20	493	50	20
296	42	20	362	46	20	428	45	20	494	45	20
297	48	20	363	51	20	429	47	20	495	46	20
298	45	20	364	44	20	430	50	20	496	50	20
299	44	20	365	46	20	431	46	20	497	44	20
300	42	20	366	49	20	432	45	20	498	50	20
301	48	20	367	49	20	433	47	20	499	50	20
302	44	20	368	49	20	434	49	20	500	46	20
303	43	20	369	43	20	435	44	20	501	45	20
304	49	20	370	43	20	436	49	20	502	50	20
305	44	20	371	47	20	437	50	20	503	50	20
306	43	20	372	50	20	438	45	20	504	46	20
307	64	20	373	50	20	439	47	20	505	45	20
308	43	20	374	43	20	440	43	20	506	50	20
309	45	20	375	44	20	441	45	20	507	55	20
310	44	20	376	43	20	442	50	20	508	44	20
311	49	20	377	46	20	443	51	20	509	43	20
312	47	19	378	45	20	444	46	20	510	48	20
313	47	19	379	50	20	445	47	20	511	47	20
314	44	20	380	45	20	446	47	20	512	47	20
315	44	20	381	45	20	447	43	20	513	51	20
316	45	20	382	43	20	448	47	20	514	47	20
317	47	20	383	47	20	449	47	20	515	45	20
318	47	20	384	49	20	450	45	20	516	50	20
319	46	20	385	49	20	451	47	20	517	48	20
320	48	20	386	43	20	452	47	20	518	44	20
321	48	20	387	45	20	453	47	20	519	53	20
322	48	20	388	45	20	454	51	20	520	46	20
323	41	20	389	50	20	455	51	20	521	45	20
324	50	20	390	47	20	456	47	20	522	48	20
325	49	20	391	42	20	457	47	20	523	47	20
326	43	20	392	45	20	458	51	20	524	50	20
327	45	20	393	48	20	459	50	20	525	50	20
328	44	20	394	47	20	460	46	20	526	43	20
329	42	20	395	50	20	461	45	20	527	51	20

Tabla 5.7. (Continúa)

muestra	Humedad	Tem-Amb	muestra	Humedad	Tem-Amb	Muestra	Humedad	Tem-Amb	muestra	Humedad	Tem-Amb
528	45	20	594	51	20	660	45	20	726	46	20
529	46	20	595	49	20	661	46	20	727	54	20
530	48	20	596	53	20	662	51	20	728	46	20
531	45	20	597	48	20	663	46	20	729	45	20
532	50	20	598	51	20	664	48	20	730	46	20
533	48	20	599	48	20	665	51	20	731	45	20
534	52	20	600	52	20	666	52	20	732	46	20
535	50	20	601	48	20	667	48	20	733	46	20
536	46	20	602	51	20	668	49	20	734	51	20
537	44	20	603	48	20	669	53	20	735	46	20
538	48	20	604	50	20	670	45	20	736	47	20
539	48	20	605	50	20	671	49	20	737	49	20
540	51	20	606	45	20	672	51	20	738	50	20
541	51	20	607	48	20	673	47	20	739	45	20
542	48	20	608	45	20	674	47	20	740	47	20
543	49	20	609	48	20	675	49	20	741	49	20
544	46	20	610	52	20	676	49	20	742	44	20
545	46	20	611	45	20	677	50	19	743	46	20
546	53	20	612	51	20	678	52	20	744	50	20
547	44	20	613	44	20	679	51	20	745	47	20
548	49	20	614	50	20	680	48	20	746	49	20
549	50	20	615	51	20	681	49	20	747	45	20
550	45	20	616	48	20	682	52	20	748	45	20
551	45	20	617	51	20	683	52	20	749	50	20
552	51	20	618	47	20	684	51	20	750	45	20
553	44	20	619	50	20	685	53	20	751	51	20
554	49	20	620	47	20	686	53	20	752	45	20
555	48	20	621	51	20	687	45	20	753	50	20
556	45	20	622	45	20	688	45	20	754	51	20
557	47	20	623	50	20	689	48	20	755	62	20
558	51	20	624	51	20	690	48	20	756	45	20
559	51	20	625	48	20	691	47	20	757	47	20
560	48	20	626	51	20	692	50	19	758	50	20
561	47	20	627	48	20	693	49	20	759	50	20
562	45	20	628	50	20	694	53	20	760	45	20
563	44	20	629	47	20	695	52	20	761	45	20
564	49	20	630	61	20	696	45	20	762	53	20
565	49	20	631	45	20	697	48	20	763	45	20
566	45	20	632	50	19	698	47	20	764	46	20
567	44	20	633	47	20	699	49	20	765	48	20
568	49	20	634	50	20	700	49	20	766	48	20
569	47	20	635	47	20	701	51	20	767	50	20
570	47	20	636	51	20	702	53	20	768	45	20
571	51	20	637	48	20	703	52	20	769	48	20
572	46	20	638	51	20	704	45	20	770	45	20
573	45	20	639	48	20	705	45	20	771	50	20
574	50	20	640	50	20	706	48	20	772	48	20
575	48	20	641	51	20	707	47	20	773	47	20
576	44	20	642	45	20	708	48	20	774	43	20
577	51	20	643	51	20	709	49	20	775	50	20
578	47	20	644	47	20	710	49	20	776	45	20
579	45	20	645	44	20	711	50	21	777	44	20
580	50	20	646	48	20	712	50	19	778	45	20
581	49	20	647	45	20	713	51	20	779	46	20
582	53	20	648	49	20	714	45	20	780	45	20
583	50	20	649	45	20	715	52	20	781	48	20
584	45	20	650	48	20	716	46	20	782	46	20
585	51	20	651	47	20	717	45	20	783	43	20
586	47	20	652	50	20	718	47	20	784	46	20
587	48	20	653	48	20	719	47	20	785	43	20
588	48	20	654	49	20	720	54	20	786	45	20
589	45	20	655	53	20	721	45	20	787	42	20
590	49	20	656	48	20	722	46	20	788	48	20
591	46	20	657	51	20	723	45	20	789	41	20
592	50	20	658	47	20	724	44	20	790	46	20
593	48	20	659	49	20	725	48	20	791	48	20

Tabla 5.7.

En la Figura 5.13 se presenta la gráfica de las 200 primeras muestras de temperatura ambiente y en la Figura 5.14 la gráfica de las 200 primeras muestras de humedad relativa.

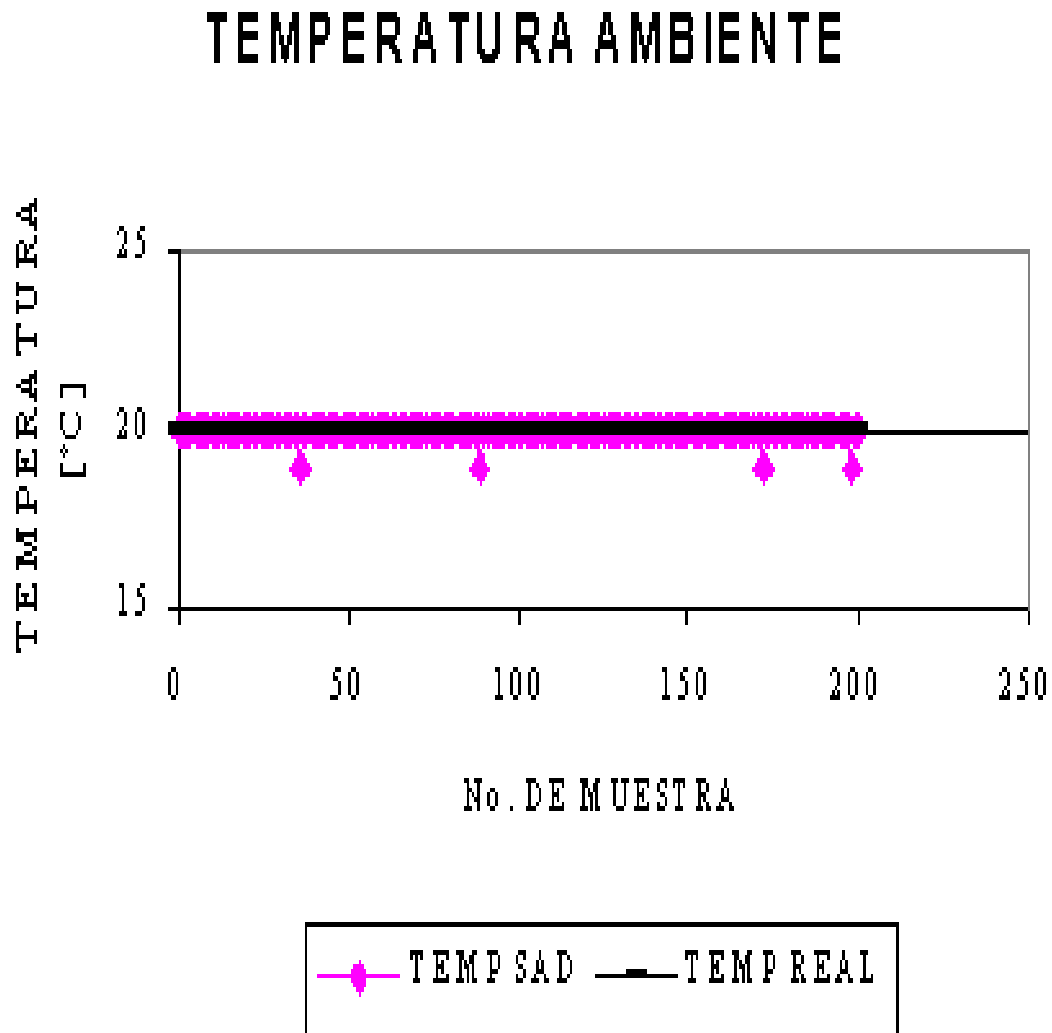


Figura 5.13.

HUMEDAD RELATIVA

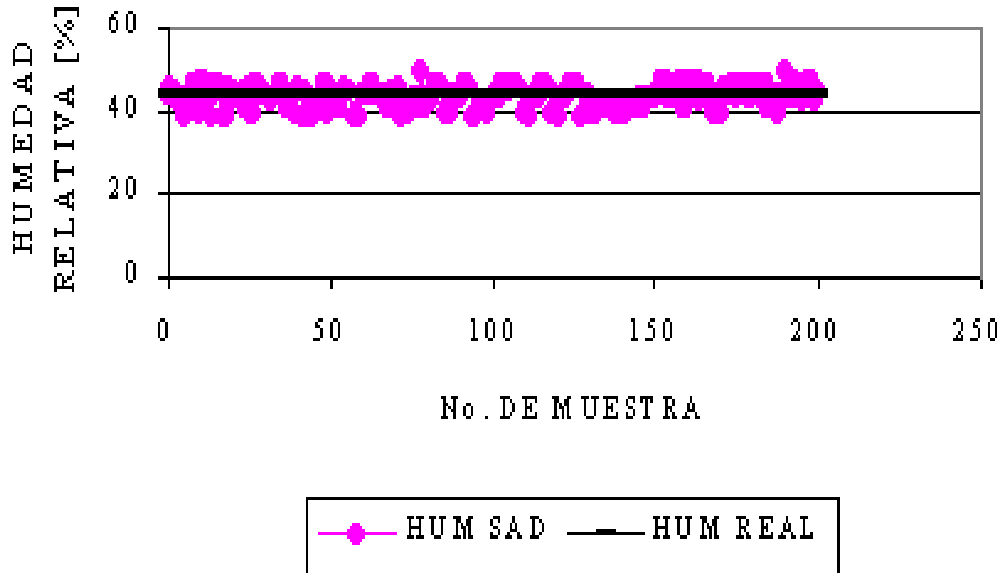


Figura 5.14.

La gráfica de la Figura 5.13 permite ver el error cometido al obtener el valor de temperatura ambiente con respecto a un valor de temperatura tomado como referencia, la temperatura de referencia no varió durante el intervalo de tiempo en el que se realizó la prueba. Por el contrario la gráfica de la Figura 5.14 muestra que a pesar de la humedad no varió los valores entregados por el sensor variaban con respecto a la referencia, lo que indica que el sensor de humedad es demasiado sensible a las perturbaciones externas.

5.6. PRUEBAS PARA LA OBTENCIÓN DE TEMPERATURA CON LOS TERMOPARES

Como se mencionó en el capítulo 3, los canales disponibles para medir temperatura utilizan termopares tipo J y K, la adquisición de los datos de estas variables se realizó a través de un multiplexor. La selección del termopar deseado se realizó mediante una rutina contenida en el programa de adquisición de datos, la salida del multiplexor se conectó a un amplificador de instrumentación el cual le da ganancia a la señal entregada por el termopar, el programa de adquisición obtiene el valor de voltaje y lo divide entre la ganancia del amplificador de instrumentación, para de esta forma poder aplicar las ecuaciones determinadas en el capítulo 3, para cada tipo de termopar. Dentro de este programa existe una rutina que realiza la compensación mediante software, se obtiene la temperatura existente en el punto de contacto de las terminales donde se conectan los termopares mediante un sensor de circuito integrado, el valor encontrado es procesado junto con el valor entregado por los termopares para de esta forma determinar el valor de temperatura. Al realizar pruebas para adquirir la temperatura ambiente con los termopares, se encontró

un valor incorrecto, ya que el termómetro marcaba $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ mientras que el sistema registraba $12\text{ }^{\circ}\text{C}$, el error era debido a un voltaje (-4.8 mV) que entregaba la etapa de acondicionamiento de los termopares, dicho voltaje no se eliminó mediante hardware ya que implicaba realizar otra etapa en el acondicionamiento, lo que incrementaría el número de componentes y el costo de la tarjeta de acondicionamiento. El voltaje no deseado se eliminó mediante software con una rutina en la cual se le da el valor de cero a la variable que contiene el valor de voltaje del termopar, en el caso de que dicha variable tenga un valor negativo de voltaje. Una vez que se realizó la modificación a la rutina de adquisición se conectó nuevamente el sistema y se obtuvo un valor correcto de temperatura ambiente. La siguiente prueba se realizó introduciendo las puntas de los termopares en un recipiente con aceite comestible caliente, se tomo como referencia la temperatura entregada por el sensor del multímetro *Proam* y por el sensor de CI LM 135, que determina la temperatura del aceite del motor, repitiendo el proceso varias veces. En la Tabla 5.8 se presentan los datos obtenidos en una de las pruebas realizadas, en dicha tabla se podrán observar los datos entregados por el multímetro, el sensor de CI, el de un termopar tipo J y el de un termopar tipo K. El sensor de CI se introdujo al aceite caliente cuando este alcanzó una temperatura por debajo de los $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ que es el valor máximo de temperatura a la que se probó dicho sensor, es por eso que la tabla no aparece un dato de temperatura a valores mayores de $120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por otra parte el números de muestra no es consecutivo debido a que se tomaron datos cuando se presentaba un cambio en la temperatura. En las Figuras 5.15 y 5.16 se presentan las gráficas del termopar tipo J y del tipo K con respecto a la temperatura de referencia del sensor de CI LM135.

No. de muestra	Temp_aceite	Multímetro	Termopar J	Termopar K
0	0	220	223	219
7	0	220	222	218
17	0	217	220	216
19	0	216	219	215
26	0	214	218	213
31	0	212	217	213
36	0	211	216	211
40	0	211	215	211
45	0	210	214	211
52	0	210	213	210
59	0	209	212	208
62	0	209	210	208
70	0	208	209	208
76	0	206	208	204
83	0	206	207	205
89	0	204	206	202
95	0	203	204	202
108	0	202	202	200
116	0	200	201	198

Tabla 5.8. (Continúa)

No. de muestra	Temp_aceite	Multímetro	Termopar J	Termopar K	No. de muestra	Temp_aceite	Multímetro	Termopar J	Termopar K
125	0	199	200	197	958	108	108	107	110
129	0	198	199	197	972	107	107	107	109
136	0	197	198	197	982	106	106	105	107
145	0	196	197	194	995	101	102	101	102
148	0	194	196	194	998	98	99	99	99
155	0	194	195	193	1007	95	95	95	95
164	0	192	194	191	1135	93	93	93	94
171	0	191	192	190	1150	90	91	90	92
178	0	190	190	190	1234	89	90	88	91
188	0	189	189	189	1318	88	88	87	88
196	0	187	187	186	1341	86	87	85	87
206	0	186	186	186	1355	85	85	84	85
213	0	185	185	185	1396	83	83	82	83
219	0	183	184	184	1419	81	82	81	82
231	0	181	182	182	1504	79	79	78	79
244	0	180	180	180	1519	77	78	76	78
256	0	178	179	179	1564	76	76	76	76
262	0	177	177	177	1605	75	75	74	75
274	0	176	176	176	1637	74	74	73	74
284	0	175	175	175	1670	72	72	72	72
300	0	174	174	173	1692	71	70	70	71
306	0	171	172	172	1753	69	69	68	69
320	0	170	170	170	1783	68	68	68	68
332	0	168	169	169	1840	67	67	66	67
338	0	167	167	169	1881	64	64	64	65
357	0	165	165	166	1974	62	62	61	62
370	0	164	164	165	2028	61	61	60	61
382	0	161	161	162	2070	60	60	60	60
397	0	160	159	161	2140	58	58	57	58
434	0	156	155	156	2166	57	57	57	57
461	0	152	151	153	2267	55	55	55	55
474	0	151	150	152	2295	50	50	50	50
483	0	150	149	150	2313	48	48	48	48
496	0	148	148	149	2370	47	47	47	47
510	0	147	146	148	2442	44	45	46	45
526	0	146	145	146	2515	43	43	45	44
541	0	145	143	145	2552	42	43	43	43
562	0	143	142	143	2616	42	42	42	42
584	0	141	139	140	2650	41	41	41	41
602	0	139	138	139	3185	37	37	38	38
615	0	138	137	138	3307	36	36	37	37
634	0	135	134	136	3425	35	35	36	36
650	0	134	133	135	3631	34	34	34	34
664	0	133	132	133	3767	33	33	33	33
697	0	131	129	131	4026	31	31	31	31
710	0	129	127	129	4105	30	30	30	30
731	0	128	126	128	4340	28	29	29	29
742	0	126	125	126	4507	27	28	28	28
771	0	124	122	125	4542	26	26	26	26
783	0	123	121	124	4635	26	25	25	25
803	0	121	120	122	4863	25	24	24	24
826	117	120	118	121	5127	24	23	23	23
839	116	119	117	119	5161	23	22	22	22
858	115	118	115	118	5290	21	21	20	20
870	114	116	114	116	6562	20	20	20	20
892	112	114	113	115	6886	20	20	20	20
905	111	112	111	113	7548	20	20	20	20
924	110	110	110	112	7857	20	20	20	20

Tabla 5.8.

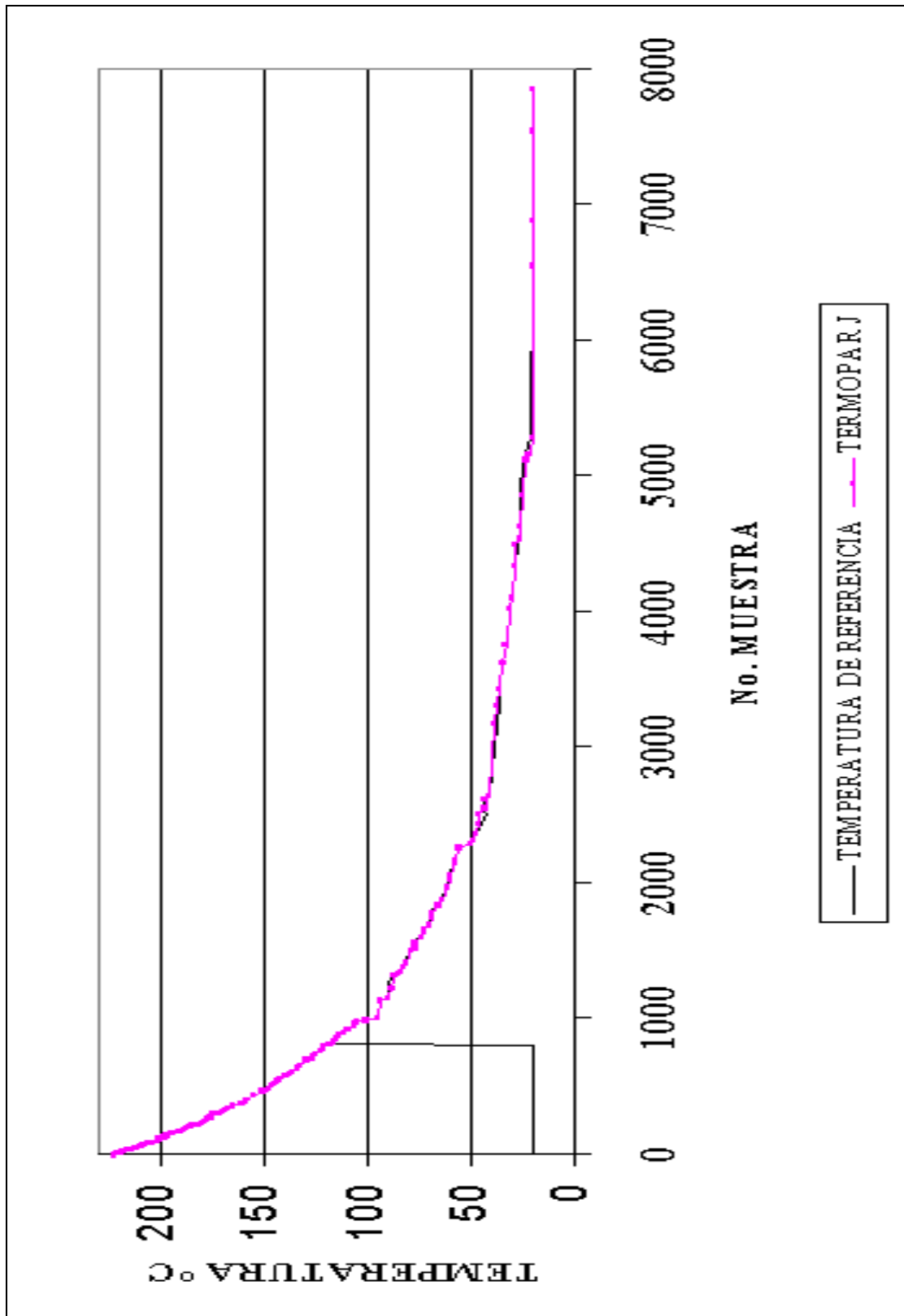


Figura 5.15.

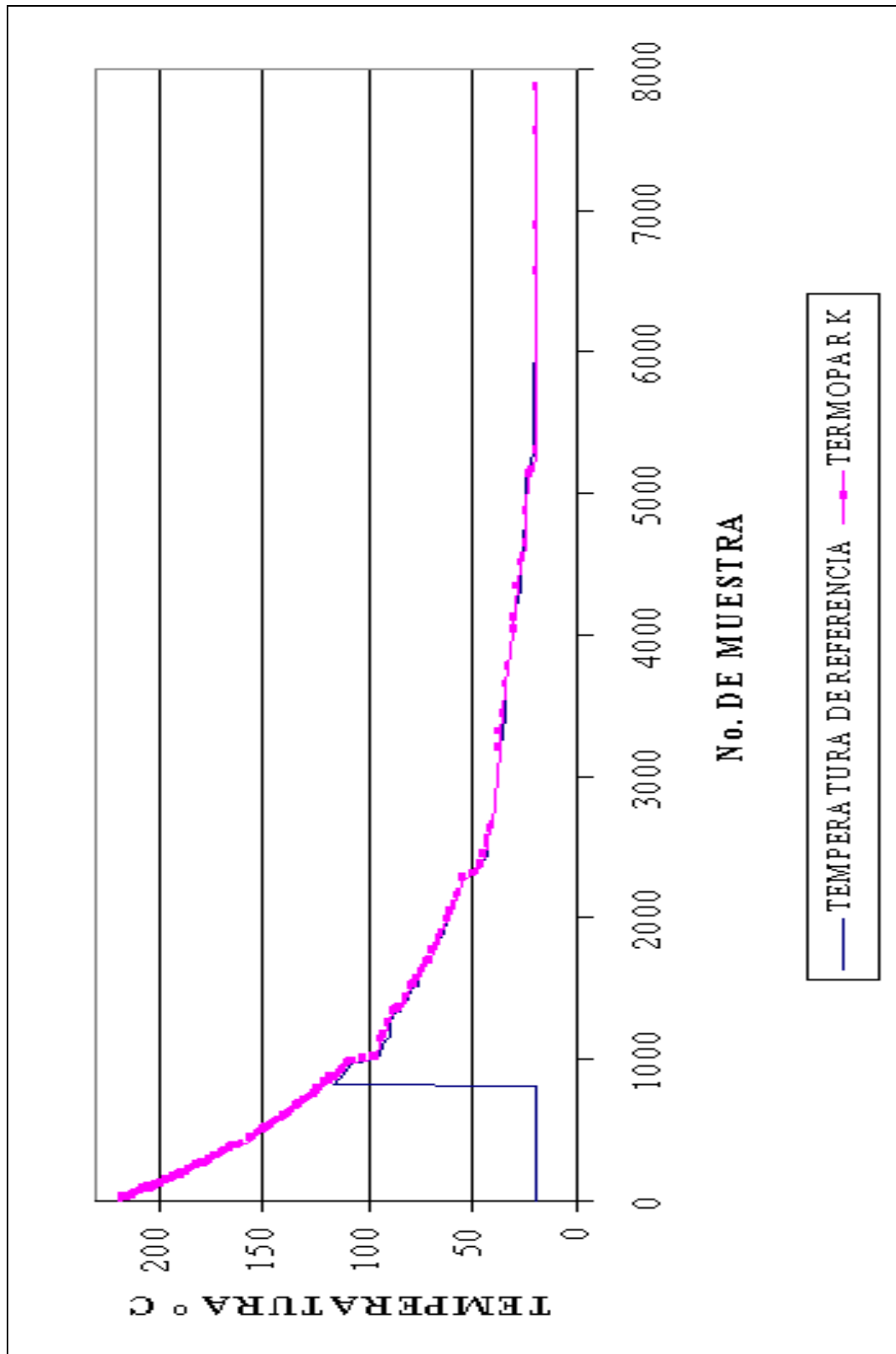


Figura 5.16.

5.7. INTEGRACIÓN DEL SISTEMA EN EL VEHÍCULO

En el diseño original se consideró alimentar al sistema con la batería del vehículo, sin embargo al integrar el sistema al vehículo se tuvieron problemas de armónicos y ruido eléctrico debido a que el cable que llevan la alimentación al *SAD* se conecta a la bobina de ignición, como primer prueba para eliminar las señales no deseadas se colocó un filtro paso bajas, el cual eliminó dichas señales, a excepción de un transitorio que se presentaba al encender el vehículo, dicho transitorio reinicializaba el sistema, con lo cual se perdía la información almacenada en el mismo. Debido a la dificultad que esto presentaba se optó por colocar una batería independiente del vehículo, la cual sería cargada por el alternador del mismo.

Para determinar el valor de la batería que se requiere para el sistema, se necesita saber el tiempo disponible en el cual se puede utilizar la memoria, es decir, el tiempo en el cual se agota la capacidad de almacenamiento de información, además del consumo de corriente en un instante dado. Esto debido a que los fabricantes de baterías nos indican en *ampere-hora* la capacidad de entregar energía de su producto. Para obtener el tiempo de almacenamiento de información, partimos de que se tienen 512 *kbytes* disponibles de memoria *RAM*, se dejan 62 *kbytes* para almacenar parte del programa para la adquisición de las variables (valor obtenido experimentalmente), por lo que el valor resultante de memoria disponible es de 450 *kbytes*. Sabemos que 1 *kbyte* es igual a 1024 bytes, por lo que tenemos 460800 *bytes* de memoria disponibles para datos. El sistema obtiene 11 variables cada segundo, por lo que al dividir la capacidad de la memoria entre el número de variables por segundo obtendremos el tiempo disponible de memoria en segundo (41890.909 [s]), que equivale a 11.6363 horas, aproximadamente once horas y media de memoria disponible. Al multiplicar este valor por el máximo consumo de corriente en un instante (390 *mA*. Valor obtenido experimentalmente), encontramos que la batería debe ser de al menos 4.5381 *A*hora*, para soportar el tiempo de memoria disponible.

La empresa *YUASA* fabrica baterías recargables de plomo-acido, en la tabla 5.9 se presentan las capacidades existentes en el mercado en *ampere-hora* para 12 V.

Baterías a 12V [A*hora]
80
90
0.8
1.2
12
18
2
2.3
2.6
24

Tabla 5.9. (Continúa)

Baterías a 12V [A*hora]
38
4
5
57
7

Tabla 5.9.

Con base en los datos anteriores, la batería que se seleccionó es de 5 A*hora. Al cotizar dicha batería se nos comentó que no había en existencia, por lo que se compró la de 7 A*hora.

Las pruebas realizadas para cada variable (presentadas en los apartados anteriores) se realizaron alimentando el sistema con la batería adquirida, por lo que el problema de los armónicos y transitorios quedó resuelto.

En este capítulo se presentaron las pruebas realizadas a cada uno de los componentes del sistema, en el siguiente capítulo se expondrán los resultados obtenidos así como las conclusiones de este trabajo de investigación.

CAPÍTULO 6

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este capítulo se presentan los resultados y conclusiones que se tuvieron después de desarrollar este trabajo, culminando con comentarios sobre las ventajas y desventajas del sistema desarrollado así como apreciaciones para mejorar el SAD.

6.1. RESULTADOS

El desarrollo de los resultados se manejará de igual forma que los temas vistos en capítulos anteriores, describiendo cada uno de los bloques que componen al SAD.

Después de realizar una investigación sobre las variables que se deberían tomar en cuenta para elaborar un ciclo de manejo, el líder de proyecto proporcionó los parámetros que requería que el sistema de adquisición de datos determinará, para el desarrollo de ciclos de manejo. Es por lo anterior que surge el objetivo de este trabajo, que es diseñar un sistema de adquisición de datos capaz de obtener parámetros de funcionamiento vehicular, además de condiciones climáticas que permitirán obtener ciclos de manejo representativos de la zona Metropolitana de la Ciudad de México. Una vez que se conocían los parámetros a determinar, se realizó un trabajo de investigación sobre los conceptos y dispositivos existentes, además de los diferentes métodos que se pueden utilizar para adquirir las variables requeridas. Con base en este estudio se seleccionaron y se inició con el diseño de las etapas de acondicionamiento, teniendo con esto el material requerido por lo que se prosiguió con la cotización y compra de los diferentes dispositivos que se requería para el armado de los circuitos. Se armaron los circuitos correspondientes a cada etapa probando cada una por separado. La integración en su conjunto se realizó en una camioneta Ichi-Van en la cual se instalaron solamente cuatro sensores, debido a que las variables restantes no

inflúan directamente con la información que se requiere para la elaboración de ciclos de manejo, además de que el tiempo que se tenía para la elaboración de los ciclos era muy corto. De los cuatro sensores que se montaron en el vehículo antes mencionado, tres requieren de una calibración periódica mediante potenciómetros multivoltajes instalados en la tarjeta de acondicionamiento. El potenciómetro de revoluciones del motor ajusta el nivel de comparación en un amplificador operacional en configuración comparador, el potenciómetro de velocidad del vehículo ajusta de igual forma que el de revoluciones del motor un amplificador operacional en configuración comparador, por último la etapa de acondicionamiento del sensor de temperatura del aceite del motor presenta dos potenciómetros, el primero permite calibrar la temperatura en kelvin, el segundo es un divisor que permite tener el voltaje entregado por el sensor en mV para de esta forma poder ser leído por el SAD. Una vez colocados y ajustados los sensores en el vehículo se realizaron diferentes recorridos de prueba, al verificar el correcto funcionamiento del sistema se realizaron los recorridos definidos sobre rutas fijas. Con la información recabada se obtuvieron los ciclos de manejo para cada ruta (dichos ciclos se presentan al final de este apartado). A continuación se enumeran las principales características de los diferentes módulos que conforman el sistema de adquisición de datos (SAD).

6.1.1. GRUPO DE SENSORES

Sensor de efecto Hall

El sensor de efecto Hall seleccionado (Panasonic DN6848-ND) cumplió al 100 % con las pruebas realizadas tanto estáticas como dinámicas, observando en él un excelente comportamiento en condiciones adversas de operación; el lugar donde se colocó presentaba condiciones inhóspitas tales como polvo, lodo, agua y variaciones extremas de temperatura, sin embargo durante el periodo de pruebas no se tuvo, y a la fecha no se ha tenido, ningún problema con el funcionamiento del mismo. En la Figura 6.1 se puede ver el sensor de efecto Hall junto con los imanes utilizados.



Figura 6.1.

Gancho inductivo para medir rpms

Existe en el mercado una gran variedad de ganchos inductivos para medir rpms, de los cuales se probaron tres, y el que presentó un mejor comportamiento, además de su robustez, fue el *Automotive Inductive Pickup RPM80* de *Fluke*, dicho gancho proporciona una señal libre de ruido y de fácil manejo. El gancho se probó en diferentes vehículos, la señal proporcionada por éste no sufrió distorsiones, lo que nos aseguró el buen funcionamiento del mismo. En la Figura 6.2 se presenta el gancho inductivo utilizado.



Figura 6.2.

Sensor para determinar la variación en pedal del acelerador

El sensor utilizado para determinar la variación en el pedal del acelerador es un potenciómetro lineal de $10\text{ k}\Omega$, el principal problema que se encontró con la adquisición de esta variable no fue el sensor, sino la parte mecánica que soportó al mismo. Este problema fue solucionado por personal del LCE enfocado a la parte del diseño mecánico, en la parte electrónica no presento ningún problema, ya que presenta un comportamiento lineal, además de que es un dispositivo que se conoce muy bien debido a que se utiliza de manera constante en circuitos electrónicos. En la Figura 6.3 se presenta el potenciómetro con el cable que lleva la señal entregada por éste al *SAD*.

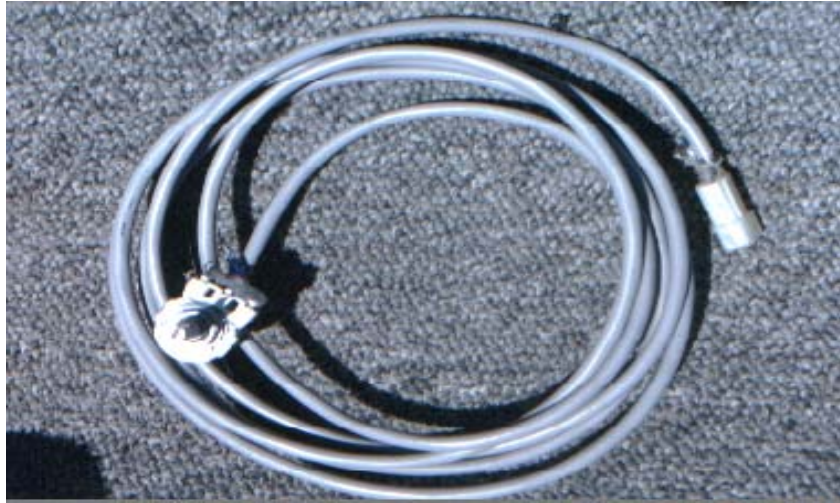


Figura 6.3.

Sensores para determinar la temperatura del aceite del motor y la temperatura ambiente

Los sensores utilizados para determinar la temperatura del aceite del motor así como la temperatura ambiente son el LM135 y LM35 respectivamente, dichos sensores fueron seleccionados debido a su bajo costo y fácil operación, además de que presentan un comportamiento lineal; la diferencia entre ambos es su rango de operación y su encapsulado. No se encontraron problemas en las pruebas que se realizaron con dichos sensores ya que para su operación sólo se requiere polarizarlos y ajustar el voltaje entregado para que pueda ser leído por el convertidor analógico-digital. Alguna dificultad se presentó con el aislamiento del conductor que llevaría las señales hacia el módulo de adquisición. En la Figura 6.4 se presenta al sensor de temperatura LM135 conectado en el conductor que lo alimenta y que lleva la señal de salida al SAD.



Figura 6.4.

Sensor de humedad

El sensor utilizado para determinar la humedad relativa es un higrómetro marca Philips, en el Instituto de ingeniería se había trabajado con dicho sensor además de que se contaba con el equipo que se requería para calibrarlo y caracterizarlo, al realizar pruebas se encontraban errores en las mediciones, variaciones con cualquier pequeña excitación externa, además de que el acondicionamiento de la señal resulto complicada. Otros factores que afectaban al sensor eran el polvo y la suciedad, factores que siempre estarán presentes en un vehículo automotor, por lo cual no operará de manera correcta en el sistema, por lo que se requiere buscar otro sensor que contenga en el mismo encapsulado una etapa previa de acondicionamiento. En la Figura 6.5. se presenta una fotografía de dicho sensor.



Figura 6.5.

Sensores para determinar la temperatura en diferentes puntos del motor

Los sensores utilizados para determinar la temperatura en los diferentes puntos del motor son termopares tipo J y K, la desventaja que se encontró con este tipo de sensores es que entregan voltajes muy pequeños (del orden de los milivolts) por lo que a bajas temperaturas se incrementa el error. Al realizar pruebas con los mismos se comprobó su correcto funcionamiento por lo que la parte más complicada era amplificar los voltajes entregado por estos sensores, a la señal entregada por los termopares se le dio ganancia mediante un amplificador de instrumentación logrando con esto una señal libre de ruido. La compensación de temperatura se realizó mediante software, se colocó un sensor de CI LM 35 en la parte del conector donde se conectan las terminales de los termopares y el

sistema, se realizó la conversión de $^{\circ}\text{C}$ a $m\text{V}$ y el valor resultante se sumo al voltaje entregado por el termopar. En la Figura 6.6 se presentan los termopares utilizados.

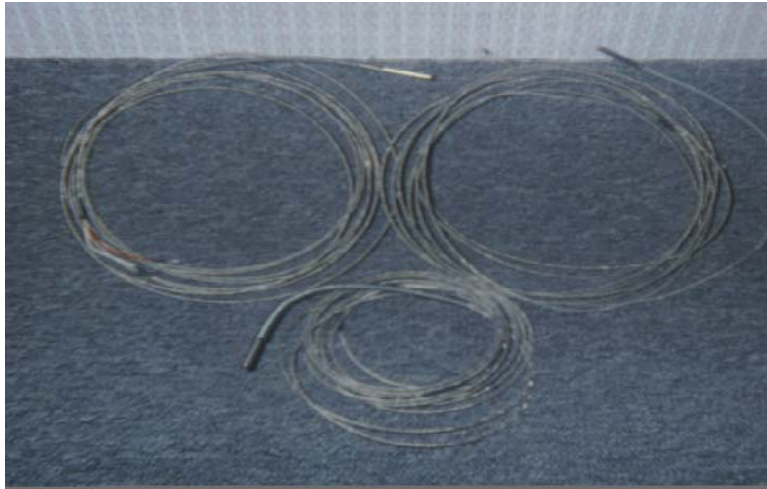


Figura 6.6.

6.1.2. MÓDULO ACONDICIONADOR DE SEÑALES Y MÓDULO DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El módulo acondicionador de señales es una tableta que contiene los componentes que permiten amplificar y acondicionar las señales provenientes del grupo de sensores para que puedan ser procesadas por el módulo de adquisición de datos, éste a su vez soporta al convertidor analógico-digital y a la tarjeta que soporta al microprocesador y a la memoria RAM. En la Figura 6.7 se presenta al módulo de adquisición de datos así como al módulo acondicionador de señales y a la fuente de alimentación, en su gabinete.

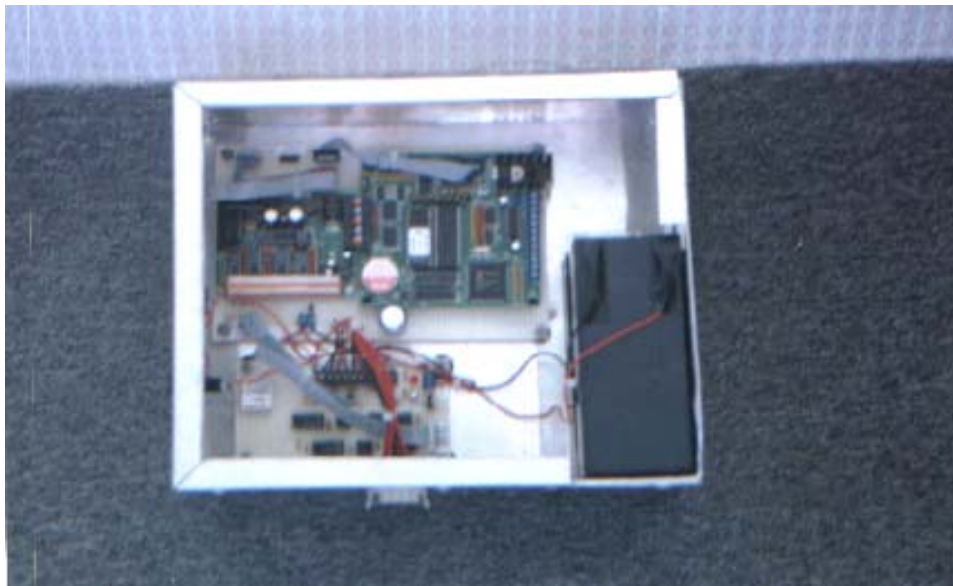


Figura 6.7.

6.1.3. ESTACIÓN DE ANÁLISIS DE DATOS

La estación de análisis de datos es una computadora personal, la cual contiene un programa de comunicación con el módulo de adquisición, lo que permite almacenar la información contenida en dicho módulo en un archivo tipo texto para su posterior análisis. En la Figura 6.8 se presenta a los módulos que conforman al sistema de adquisición de datos en una prueba de comunicación.



Figura 6.8.

Una vez que el sistema quedó en condiciones óptimas de operación y después de realizar una serie de recorridos de prueba, incluso en carretera, se fijaron cinco zonas para desarrollo de pruebas (Centro, Noreste, Noroeste, Sureste y Suroeste). En cada zona se fijó una ruta, de ida y vuelta, del y al mismo punto de inicio. Se realizaron recorridos sobre dichas rutas en tres horarios, mañana, tarde y noche y con diferentes conductores. La información se almacenó en la estación de análisis de datos y mediante un análisis estadístico aplicado a los datos obtenidos se obtuvieron los ciclos que representan la forma de conducción en las cinco zonas en las que se dividió la ciudad. El análisis de la información es parte de un trabajo de tesis para maestría y debido a que no se tienen los elementos suficientes para explicarlo, no es posible ahondar en el mismo. Los ciclos de manejo obtenidos, con base en los datos adquiridos con el SAD desarrollado en este trabajo, se presentan en forma gráfica. En la Figura 6.9 se presenta el ciclo de manejo correspondiente a la zona centro siguiendo los ciclos de manejo de las zonas noreste, noroeste, sureste y suroeste, Figuras 6.10, 6.11, 6.12 y 6.13 respectivamente.

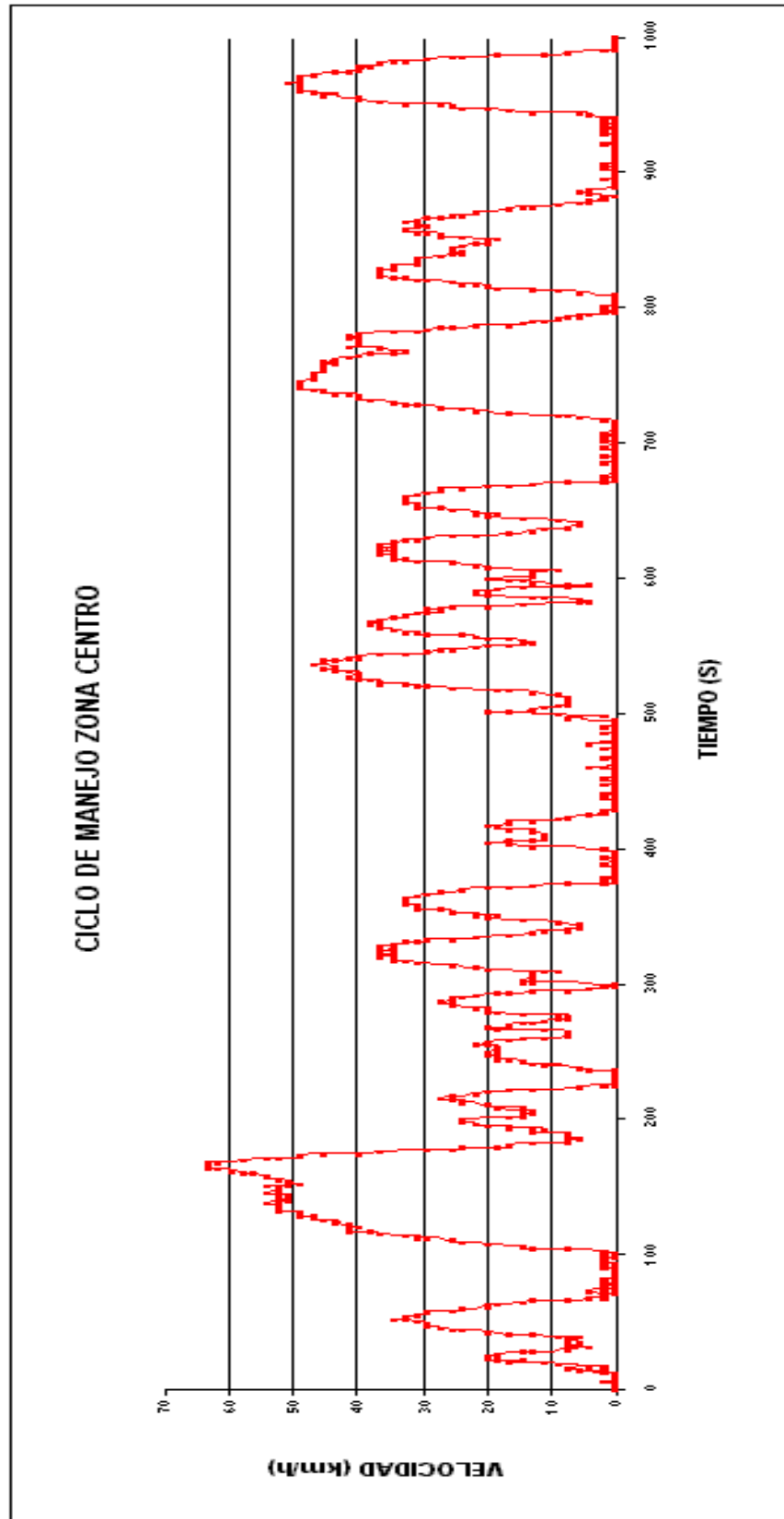


Figura 6.9.

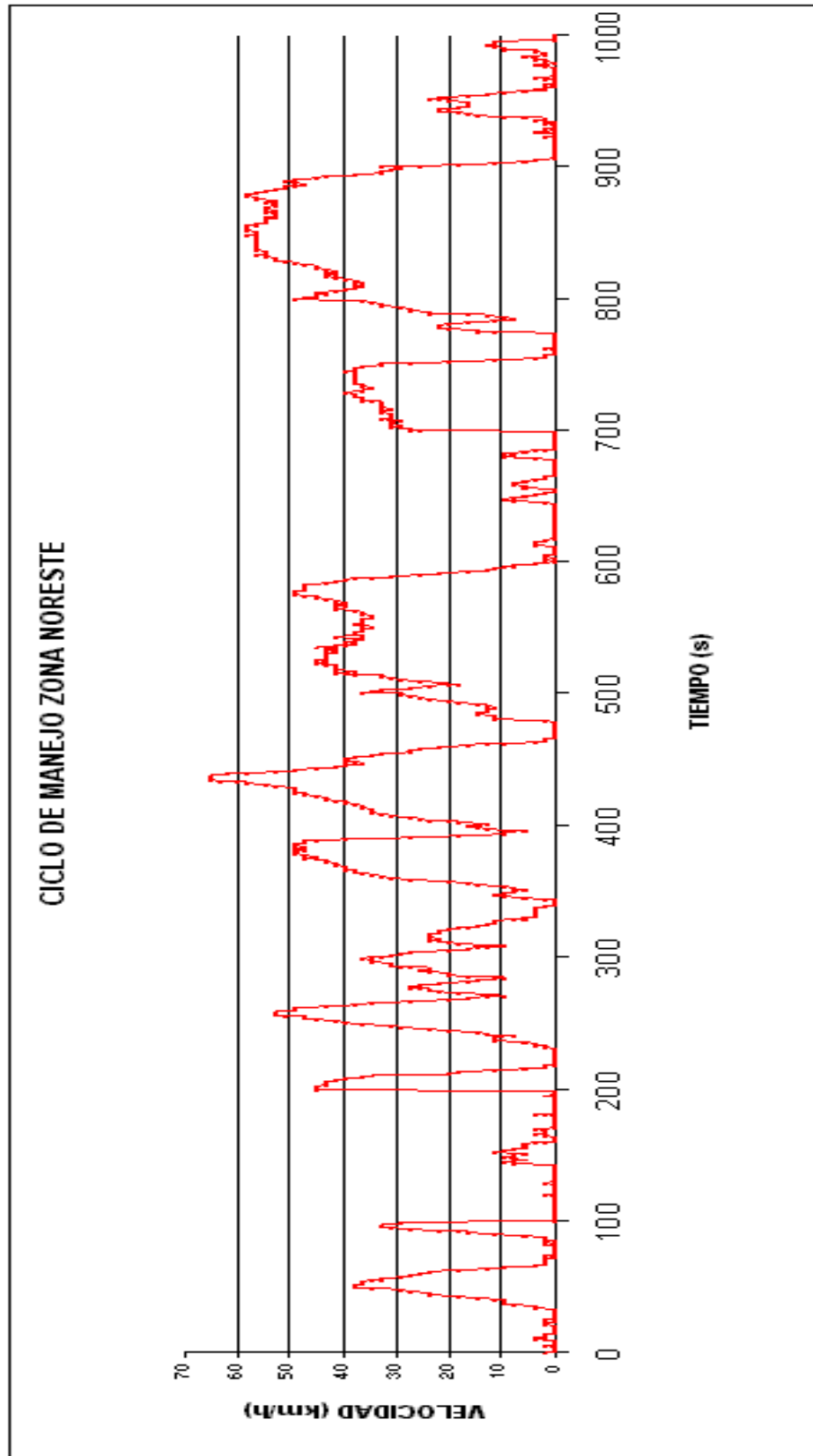


Figura 6.10.

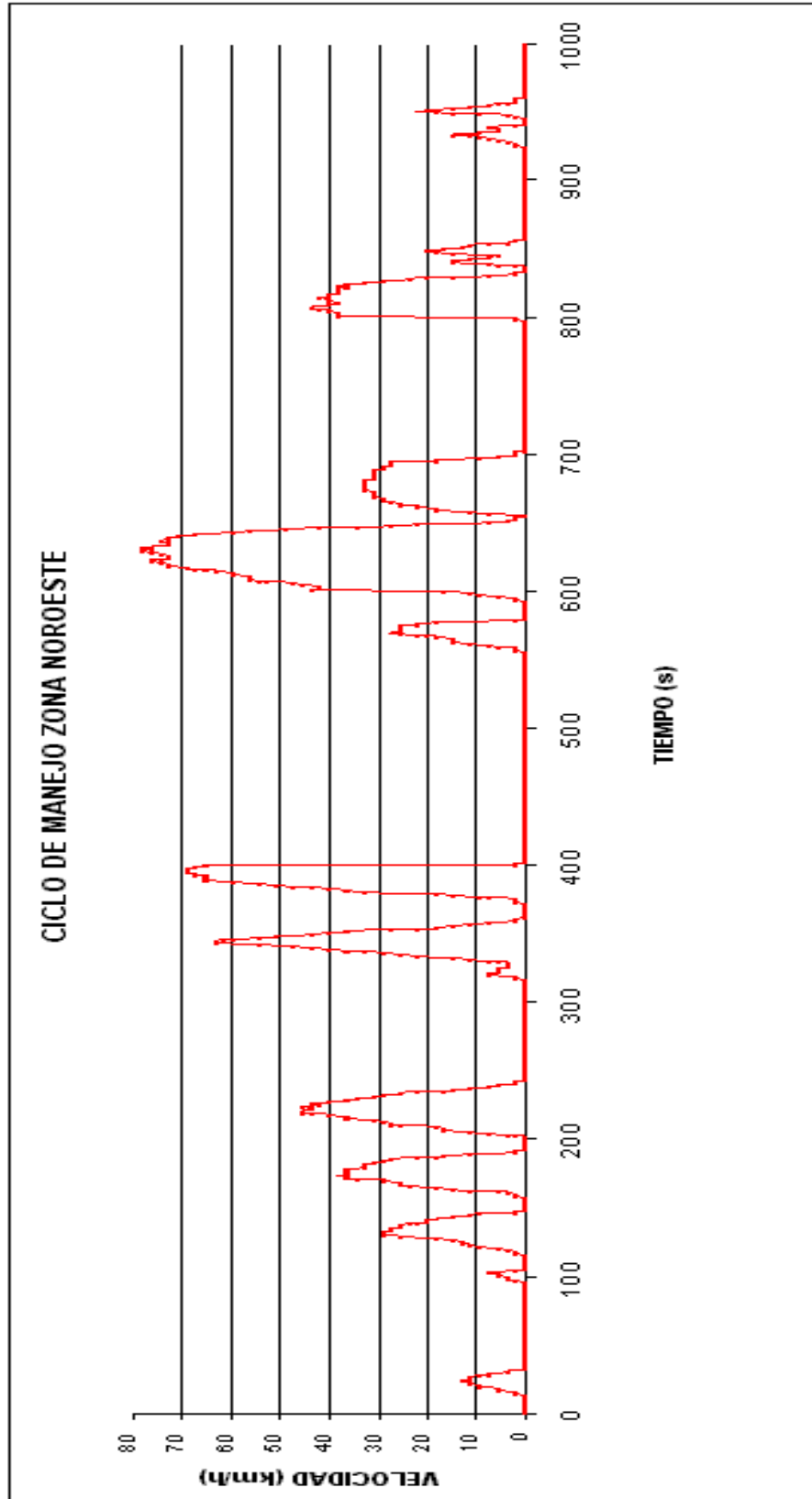


Figura 6.11.

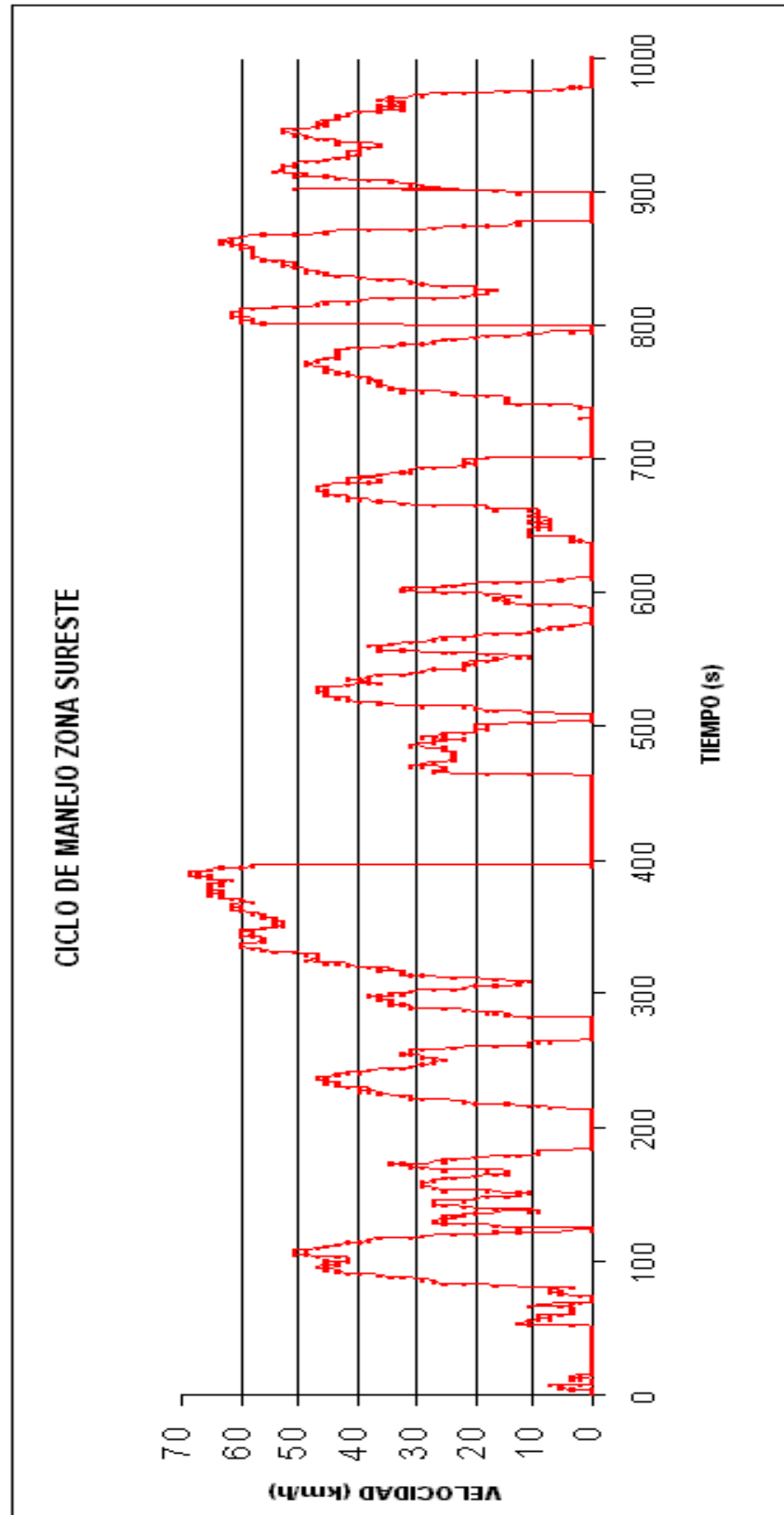


Figura 6.12.

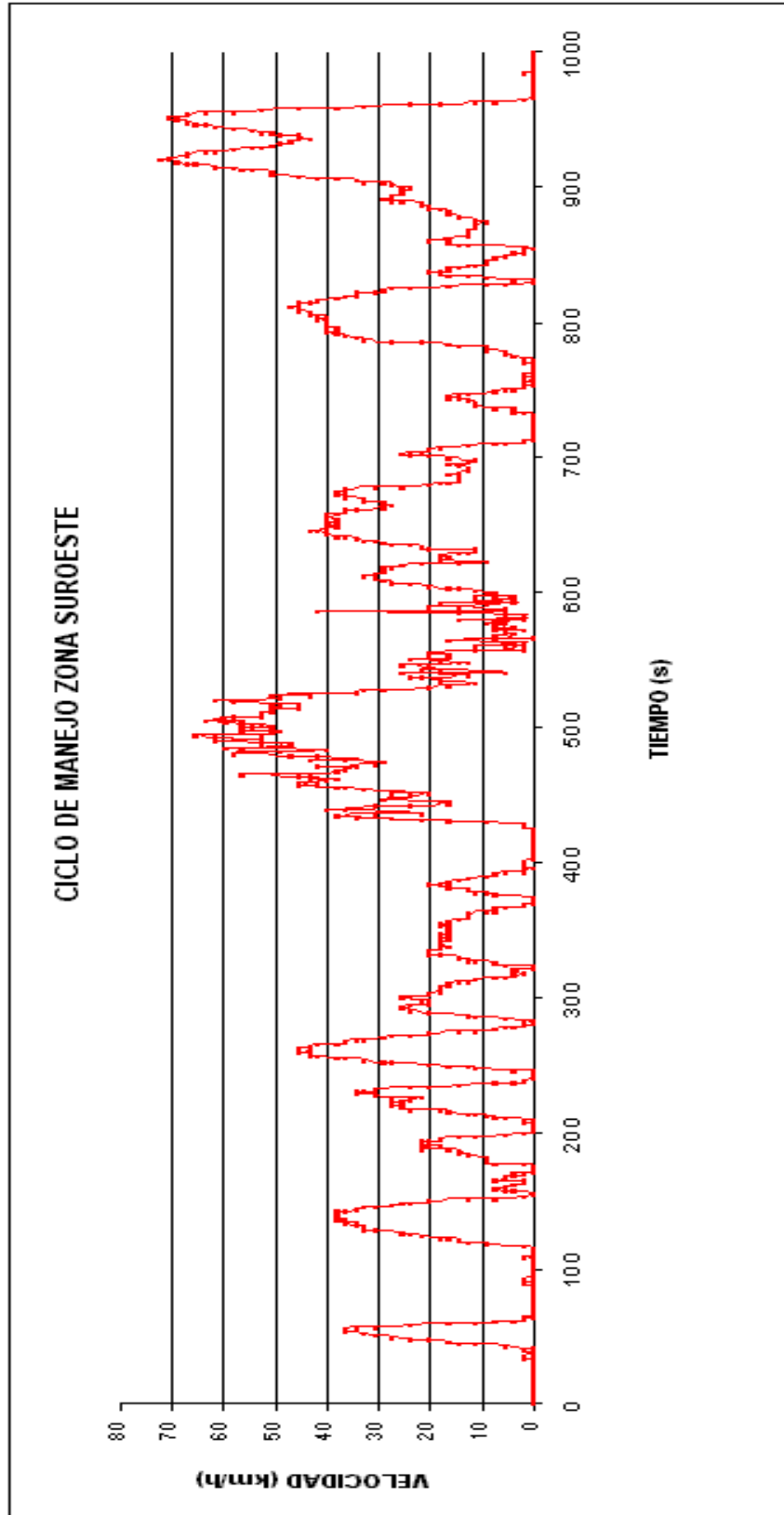


Figura 6.13.

6.2. CONCLUSIONES

El sistema de adquisición de datos desarrollado cumple con el objetivo de este trabajo, que es diseñar un sistema de adquisición de datos capaz de obtener parámetros de funcionamiento vehicular para desarrollar ciclos de manejo. Aunque solamente se utilizaron cuatro sensores, la información que proporcionaron los mismos fue suficiente para desarrollar los ciclos de manejo, a pesar de esto se probaron los sensores restantes en laboratorio y se dejó el programa para la adquisición y para el almacenamiento de la información listo para operar con las once variables. Los sensores que no se probaron en el vehículo son los termopares, los cuales proporcionarían temperaturas en diferentes puntos del motor, el sensor de humedad y el de temperatura ambiente.

De los sensores utilizados se puede decir que la mayoría son confiables en operación bajo condiciones inhóspitas como las que presenta un vehículo automotor, el único sensor que presentó problemas es el de humedad. Este sensor presentaba cambios drásticos de operación a pequeñas excitaciones externas, esto se observó en el laboratorio, por lo que al colocarlo en el vehículo su comportamiento no sería el adecuado, es por esto que dicho sensor debe ser cambiado por otro, que podría ser un sensor de humedad resistivo o un sensor que tenga un acondicionamiento previo y que entregue como señal de salida un voltaje.

El sistema de adquisición de datos es alimentado por una batería de plomo-ácido, la cual es recargada por el generador del vehículo, lo que permite tener la información respaldada.

La interfaz con el usuario es gráfica, lo cual facilita la operación del sistema por parte del usuario y permite la recuperación de la información en la estación de análisis de datos. La única desventaja que presenta la comunicación entre el módulo de adquisición de datos y la estación de análisis de datos, es la velocidad, ya que por ser serial asíncrona, la transferencia de información es lenta.

A continuación se presentan las características del sistema obtenido:

- Confiable en la adquisición de las variables propuestas.
- De fácil manejo.
- Rangos de medición
 - Velocidad 0 a 160 km/h, Resolución de 1 km/h, error máximo de $\pm 2\%$.
 - Revoluciones del motor 0 a 6000 rpm's, resolución de 100 rpm's, variación máxima de $\pm 3\%$.
 - Temperatura ambiente 0 °C a 60 °C, resolución de 1°C, variación máxima de $\pm 1\%$.
 - Temperatura del aceite del motor 0 °C a 150 °C, resolución de 1 °C, variación máxima de $\pm 1\%$.
 - Humedad 10 % a 80 %, resolución de 1 %, variación máxima de $\pm 2\%$ (en pruebas de laboratorio).

- Tres canales para temperaturas de 0 °C a 750 °C, resolución de 1 °C, variación máxima de $\pm 2 \%$ (en pruebas de laboratorio).
- Dos canales para temperatura de 0 °C a 1250 °C, resolución de 12 °C, variación de $\pm 2 \%$ (en pruebas de laboratorio).
- Tiempo máximo de almacenamiento de información:
 - Once horas.
- Periodo de muestreo:
 - 1 segundo.
- Consumo de Potencia:
 - 4.68 W.
- Dimensiones y peso:
 - 20 X 25 X12 cm,
 - 2250 gramos.
- Sensores:
 - Velocidad: Efecto Hall.
 - Revoluciones del motor: gancho inductivo para medir rpm's.
 - Temperatura ambiente: sensor de circuito integrado LM35 (basado en la unión p-n de comportamiento lineal).
 - Temperatura del aceite del motor: sensor de circuito integrado LM135 (basado en la unión p-n de comportamiento lineal).
 - Humedad: tipo capacitivo de comportamiento no lineal.
 - Tres canales para medir temperatura: termopares tipo J (comportamiento no lineal).
 - Dos canales para medir temperatura: termopares tipo K (Comportamiento no lineal).

BIBLIOGRAFÍA

- ◆ Hebert Taub, Donald Schilling, "*Digital Integrated Electronics*", Mc Graw-Hill, Singapore, 1977.
- ◆ Jack P. Holman, "*Métodos experimentales para Ingenieros*", Mc Graw-Hill, cuarta edición, México D.F., 1988.
- ◆ Boylestad, Nashelsky, "*Electrónica teoría de circuitos*", Prentice-Hall Hispanoamericana, México D.F., 1983.
- ◆ Donald L. Schilling, "*Circuitos electrónicos discretos e integrados*", publicaciones Marcombo S.A. de C.V., México D.F., 1987.
- ◆ A. Sedra, K.C. Smith, "*Dispositivos electrónicos y amplificadores de señales*", Mc Graw-Hill, México D. F., 1989.
- ◆ Mano Morris, "*Diseño digital*", Prentice-Hall Hispanoamericana, México D.F., 1987.
- ◆ Broesh James D., "Practical programable circuits", Academic press.
- ◆ White D.E., "Logic design for array – Based Circuits", Academic press.
- ◆ Michael Halvarson, "Aprenda Visual Basic ya", Mc Graw-Hill, México D.F. 1988.
- ◆ Gary Cornell, "Manual de Visual Basic 4 para Windows 95", Mc Graw-Hill, México D.F. 1998.
- ◆ William Stallings, "Data and computer communications", Maxwell Mc Millan international, 1985.
- ◆ John E., "Technical Aspects of Data Communication", Mc Namara, USA, 1982.
- ◆ Tom Mc Govern, "Digital, analog and data communication", Prentice-Hall, New Jersey, 1986.
- ◆ Javier García-Badell, "Turbo C", Macrobit ra-ma, México D.F., 1991

- ◆ Motorola, “High-Speed CMOS Data” , Motorola inc. USA.1996.
- ◆ Z-World, “Manual de usuario Little –G”, Z-world, USA, 1998.
- ◆ Strauss, W., “Contaminación del aire”, Trillas, México D.F., 1990.
- ◆ Autores varios, “Contaminación atmosférica en México”, Comisión Nacional de Derechos Humanos, México D.F., 1992.
- ◆ Bosch, “Manual de la técnica del automovil”, Reverte, segunda edición en español, México, 1996
- ◆ J. González Bernaldo de Quirós, “Ingeniería Electrónica”, Universidad Politecnica de Madrid, España, 1998
- ◆ J. R. Cogdell, “Fundamentos de Electrónica”, Prentice Hall, México D.F.,2000

APÉNDICE A

PROGRAMA DEL MÓDULO DE ADQUISICIÓN

```
/******  
* File   : SADAB11V.C  
* Lenguaje: Dynamic C, by Z-World.  
* Autor  : Gerardo De La Cruz Balleza.  
* Fecha  : 22/FEBRERO/1999  
* Revisión: 21/NOVIEMBRE/1999  
* Descripción: SADAB Sistema de Adquisicion de Datos a Bordo de un vehiculo, 11 Variables.  
* Entradas: DRQ0, DRQ1.  
* Salidas: Contador1, Contador2.  
* Opciones de config. de Dynamic C: stack size, aux size, heap size, free size.  
* Notice: Este programa fue creado por.  
*         Universidad Nacional Autónoma de México.  
*         Facultad de Ingeniería.  
*         Laboratorio de Control de Emisiones.  
*         Gerardo De La Cruz Balleza.  
*  
*         Usa el controlador Little Genius.  
*         fabricadas por:  
*  
* Z-World E, Inc.  
*         1724 Picasso Avenue; Davis California 95616, USA.  
*         Tel   (916) 757-3737  
*         Fax   (916) 753-5141  
*         AutoFax (916) 753-0618  
*         Internet http://www.zworld.com  
*  
*         Derechos reservados 1996  
*         Copyright 1996  
*End*****/
```

```
// *****/
// ***** SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS CON 11 VARIABLES *****/
// *****/

// ***** Constantes globales *****/
#define TRUE 1
#define FALSE 0
float sum;
int num;
int a[60], *pa;
int p,h,q,pd,qri,flag4;
int dia,mes,año,hora,min,seg;
int dy,ms,ao,ha,mn,sg;
struct tm tiempo;
int tiemp_fec;

// ***** Constantes para las salidas digitales *****/
#define on 1
#define off 0
#define ch1 9 //A
#define ch2 10 //B
#define ch3 11 //C

// ***** Tipos global *****/
typedef char BYTE;

// ***** Clases *****/
#define PUERTO_0 0x00
#define PUERTO_1 0x01
unsigned int MAXCUENTA=1;
struct signal_rec adtab[3];

typedef struct
{
    BYTE byCuentas;
    char cPuerto;
} CONTADOR ;

// ***** Funciones de contadores rapidos *****/
xmem SetupContador(CONTADOR *, char Puerto);
xmem ResetContador(CONTADOR *);
xmem DMA_Enable(CONTADOR *);
xmem DMA_Disable(CONTADOR *);
BYTE ResultContador(CONTADOR *);

// ***** Timer *****/
scan( CONTADOR *rpm, CONTADOR *vel);
char SecondLap(long *OldTime);

// ***** Base de datos *****/
#define QUEUE_SIZE 460800 // 450k
#define AND &&
char DBase_inicializado;
long DataIn, DataOut, DataEnd;
xdata DBASE[QUEUE_SIZE];
xmem BYTE InitDBase(void);
```

```

BYTE DataPush(BYTE); //guarda datos de DMA
BYTE DataGet(BYTE *); //Saca datos de DMA
xmem void Inicializa_ADC(void);

// ***** Transmision *****/
xmem void Inicializa_Tx(void);
xmem int TxDBase(void);
int TxDComu(void);

// ***** Estructuras *****/
xmem int TxDComunica(void);
xmem void actual();
int CHSUM();
xmem int Termopares(); //Lee la señal de los termopares
xmem void Apagar();
xmem int Posicion();
xmem int Temperatura();
xmem int TemHumAmb();

// ***** Contadores rapidos *****/
CONTADOR Contador0;
CONTADOR Contador1;
long segs_tx;
long segs;
CONTADOR *rpm, *vel;

/***** Programa principal *****/
/*****

main(){

// ***** Inicialización de parámetros *****/
    BYTE n,m;
    char mes,año,hora; //inicializacion del RTC
    struct tm tiempo;
    char SegsString[25], DataEndStr[25];

    char RxBuffer[25]; //caracter transmision
    segs_tx = segs = n = m = 0;
    rpm=&Contador0;
    vel=&Contador1;
    SetupContador(rpm, PUERTO_0);
    SetupContador(vel, PUERTO_1);

    DMA_Enable(rpm);
    DMA_Enable(vel);
    Apagar();

    InitDBase();
    Inicializa_ADC();
    Inicializa_Tx();

```

```

// *****
// ***** Ciclo principal del sistema *****
// *****
Itoa( DataEnd, DataEndStr);

p=1;
pd=1;
h=0;

tm_rd(&tiempo);
dy=tiempo.tm_mday;
ms=tiempo.tm_mon;
ao=tiempo.tm_year;
ha=tiempo.tm_hour;
mn=tiempo.tm_min;
sg=tiempo.tm_sec;

reset_pbus();
while(1)
{num++;

        if( scan(rpm, vel) )
        {

}

// ***** Lectura del buffer de recepcion *****/

        if(Dread_z11ch(RxBuffer)!=FALSE)
        {
                switch(*RxBuffer)
                {

                        case 'T':
                                TxDBase();
                                break;
                        case 'C':
                                TxDComu();
                                break;
                        case 't':
                                TxDComunica();
                                break;
                        case 'F':
                                actual();
                                break;

                } /*end del switch*/

        } /*end if transmision*/
        hitwd();
} /*end while*/
} /*end main principal*/

```

```

// ***** Adquisición de las once variables *****/

scan(CONTADOR *rpm, CONTADOR *vel)
{
float vol,temp,temp1,hum;
char SegsString[25], DataEndStr[25];
char RxBuffer[25]; //caracter transmision

        if(SecondLap(&segs)){

                DataPush(ResultContador(rpm)); // obtiene las lecturas de revoluciones
                DataPush(ResultContador(vel)); // y de velocidad del vehículo
                Posicion(); // Obtiene la posición del pedal
                Temperatura(); // Obtiene la temperatura del aceite
                TemHumAmb(); // Obtiene la temperatura y humedad ambiente
                Termopares(); // Obtiene las temperaturas de los termopares
                Apagar(); // Apaga las salidas digitales
                ResetContador(rpm);
                ResetContador(vel);

                return TRUE;

        }

return FALSE;
}

// *****/
// ***** FUNCIONES DEL TIMER *****/
// *****/

char SecondLap(long *OldTime)
{

        long    NewTime;
        struct tm Tiempo, *pTiempo;
        char    cResult;
        int     iResult;

        pTiempo=&Tiempo;

        iResult=tm_rd(pTiempo);
        NewTime=mktime(pTiempo);

        if (*OldTime != NewTime)
        {
                *OldTime = NewTime;
                cResult = TRUE;
        }
        else
        {
                cResult=FALSE;
        }
        return cResult;
}

```

```

// *****
// ***** FUNCIONES DE LOS CONTADORES RAPIDOS *****
// *****
xmem SetupContador(CONTADOR *Contador, char cPuerto)
{
    if ( (cPuerto <0) || (cPuerto >1) ) // Si "cPuerto" es dif a 1,0 entonces no inicializa nada
        return (0);

    Contador->cPuerto = cPuerto;
    ResetContador(Contador);
    output(DCNTL, '\B00001100');
        /* /DREQ0 edge sensed, from memory to I/O
        /DREQ1 edge sensed
        0 WAIT STATES
        */
    output(DMODE, '\B00101000'); // DMA0 Origen y Destino fijo,
        // DMA1 Cycle Steal mode

    return (1);
}

// ***** Reset de los contadores rápidos *****

xmem ResetContador(CONTADOR *Contador)
{
    unsigned int nCuentas;
    nCuentas= MAXCUENTA;

    Contador->byCuentas = 0;

    if (Contador->cPuerto==0)
    {
        output(SAR0L,0); //src=0
        output(SAR0H,0);
        output(SAR0B,0);
        output(DAR0L,0); //dst=0
        output(DAR0H,0);
        output(DAR0B,0);
        output(BCR0L, (char) nCuentas);
        output(BCR0H, *( (char *)&nCuentas + 1 ) );
    }
    else
    {
        output(MAR1L,0); //src=0
        output(MAR1H,0);
        output(MAR1B,0);
        output(IAR1L,0); //dst=0
        output(IAR1H,0x18);
        output(BCR1L,(char) nCuentas);
        output(BCR1H,*( (char *)&nCuentas + 1 ) );
    }
}

```

```

// ***** Resultado de los contadores rapidos *****/

BYTE ResultContador(CONTADOR *Contador)
{
    BYTE byCount;
    BYTE byResult;

    byCount=0;

    if (Contador->cPuerto==0)
        byCount=MAXCUENTA-( inport(BCR0H)<<8)+inport(BCR0L) );
    else
        byCount=MAXCUENTA-( inport(BCR1H)<<8)+inport(BCR1L) );

    byResult=Contador->byCuentas*MAXCUENTA + byCount;

    return (byResult);
}

// ***** FUNCION DE INTERRUPCION PARA DMA0 PIN 4/DRQ0 H4 *****/
// *** FUNCION DE INTERRUPCION PARA DMA0 PIN 4/DRQ0 H4 ***/
// ***** FUNCION DE INTERRUPCION PARA DMA0 PIN 4/DRQ0 H4 *****/

xmem DMA_Enable(CONTADOR *Contador)
{
    /*
    7   DE1
    6   DE0
    5   /DWE1
    4   /DWE0
    3   DIE1
    2   DIE0
    1   --
    0   DME
    */
    if (Contador->cPuerto==0)
        outport(DSTAT,inport(DSTAT)&'\B01011110'\B01000101');
    else
        outport(DSTAT,inport(DSTAT)&'\B01011110'\B10001001');
}

// ***** Deshabilita los contadores rápidos *****/

xmem DMA_Disable(CONTADOR *Contador)
{
    if (Contador->cPuerto==0)
        IRES(DSTAT, 2);
    else
        IRES(DSTAT, 3);
}

```

```

// ***** Interrumpe la cuenta *****/

#INT_VEC DMA0_VEC FastCont0;
interrupt FastCont0()
{
    DMA_Disable(&Contador0);
    hitwd();
    output( BCR0L,(char) MAXCUENTA );
    output( BCR0H,*((char *)&MAXCUENTA+1) ); //Interrupcion en 1 cuenta

    Contador0.byCuentas++;
    DMA_Enable(&Contador0);
}

// *****/
// *** FUNCION DE INTERRUPCION PARA DMA1 PIN 6/DRQ1 H4 ***/
// *****/

#INT_VEC DMA1_VEC FastCont1;
interrupt FastCont1()
{
    DMA_Disable(&Contador1);
    hitwd();

    output( BCR1L,(char) MAXCUENTA );
    output( BCR1H,*((char *)&MAXCUENTA+1) ); //Interrupcion en 1 cuenta

    Contador1.byCuentas++;
    DMA_Enable(&Contador1);
}

// *****/
// *****FUNCIONES DE LA BASE DE DATOS *****/
// *****/

xmem BYTE InitDBase(void)
{
    BYTE First_time;

    First_time=DBase_inicializado;
    DataIn= DataOut= 0;
    DataEnd= QUEUE_SIZE;

    return (First_time);
}

// ***** Almacena datos en memoria *****/

BYTE DataPush(BYTE Dato)
{
    BYTE Aux;
    Aux=Dato;

    if( DataIn < DataEnd){
        root2xmem(&Aux, DBASE+DataIn, 1 );
    }
}

```

```

        DataIn++;
    }else{
        DataIn= 0;
    }
}
// ***** Sacar datos de memoria *****/
BYTE DataGet(BYTE *pDato)
{
    BYTE byResult;
    if(DataOut<DataIn ){
        xmem2root(DBASE+DataOut, pDato, 1 );
        if(DataOut<DataEnd)
            DataOut++;
        else
            DataOut=0;
        byResult=TRUE;
    }else{
        *pDato=0xFF;
        byResult=FALSE;
    }
    return byResult;
}

// ***** INICIALIZACION DEL CONVERTIDOR ANALOGICO DIGITAL *****/
// ***** INICIALIZACION DEL CONVERTIDOR ANALOGICO DIGITAL *****/
// ***** INICIALIZACION DEL CONVERTIDOR ANALOGICO DIGITAL *****/

xmem void Inicializa_ADC(void)
{
    reset_pbus();
    add_sig_table(0,plcad_addr(3),0,8,1);
    set_mux(0);
    mxdel18();
}

// ***** FUNCIONES DE TX DE DATOS *****/
// ***** FUNCIONES DE TX DE DATOS *****/
// ***** FUNCIONES DE TX DE DATOS *****/

xmem void Inicializa_Tx(void)
{
    char rbuf[512];
    char tbuf[512];
    int rsize=512; //Tamaño del buffer de recepcion
    int tsize=512; //Tamaño del buffer de transmision
    char mode=4; //Modo de transmision 8 bits, sin paridad
    char baud=8; //Velocidad de transmision en multiplos de 1200
    char ismodem=0; //No se tiene conexion de modem
    char isecho=0; //No se realiza eco despues de transmitir

    Dinit_z1(rbuf,tbuf,rsize,tsize,mode,baud,ismodem,isecho);
}

```

```
// *****/
// *****/
// *****/
xmem void Apagar()
{
    up_setout(ch1,off);
    up_setout(ch2,off);
    up_setout(ch3,off);
}

// *****/
// *****/
// *****/
xmem int Posicion()
{
    float vol;
    int Pos1,Pos2,Pos3,Pos4,Pos5,Pos6,Pos7,Pos8,Pos9,Pos10;
    Pos1=0;
    Pos2=1;
    Pos3=2;
    Pos4=3;
    Pos5=4;
    Pos6=5;
    Pos7=6;
    Pos8=7;
    Pos9=8;
    Pos10=9;
    add_sig_table(0,plcad_addr(3),0,0,1);
    set_mux(0);
    mxdel18();
    vol=ad_conv(0,plad_rd12(adch(0)));
    if (vol<=0.0119)
    {
        DataPush(Pos1);
    }
    if ((vol>=0.0120)&&(vol<=0.0239))
    {
        DataPush(Pos2);
    }
    if ((vol>=0.0240)&&(vol<=0.0359))
    {
        DataPush(Pos3);
    }
    if ((vol>=0.0360)&&(vol<=0.0479))
    {
        DataPush(Pos4);
    }
    if ((vol>=0.0480)&&(vol<=0.0599))
    {
        DataPush(Pos5);
    }
    if ((vol>=0.0600)&&(vol<=0.0719))
    {
        DataPush(Pos6);
    }
}
```



```

    if ((vol>=0.0720)&&(vol<=0.0839))
    {
        DataPush(Pos7);
    }
    if ((vol>=0.0840)&&(vol<=0.0959))
    {
        DataPush(Pos8);
    }
    if ((vol>=0.0960)&&(vol<=0.1079))
    {
        DataPush(Pos9);
    }
    if (vol>=0.1080)
    {
        DataPush(Pos10);
    }

    return;
}

// *****/
// ***** TEMPERATURA DEL ACEITE DEL MOTOR *****/
// *****/
xmem int Temperatura()
{
    int temp;
    add_sig_table(0,plcad_addr(3),0,1,1);
    set_mux(0);
    mxdel18();
    temp=ad_conv(0,plad_rd12(adch(0)));
    temp=((temp-0.273)*1000);
    DataPush(temp);

    return;
}

// *****/
// ***** TEMPERATURA Y HUMEDAD AMBIENTE *****/
// *****/
xmem int TemHumAmb()
{
    int temp1,hum;
    add_sig_table(0,plcad_addr(3),1,0,1);
    set_mux(0);
    mxdel18();
    temp1=ad_conv(0,plad_rd12(adch(0)));
    temp1=(temp1*100)-3;
    DataPush(temp1);
    add_sig_table(0,plcad_addr(3),1,1,1);
    set_mux(0);
    mxdel18();
    hum=ad_conv(0,plad_rd12(adch(0)));
    hum=(336.4546*hum)-243.203-(87.565*hum*hum);
    DataPush(hum);
    return;
}

```

```

// *****/
// *****/
// *****/
xmem int Termopares()
{
float termop;
float temamb;
float voltK;
float voltJ;
float tempJ;
float tempK;

    add_sig_table(0,plcad_addr(3),2,1,1);
    set_mux(0);
    mxdel18();
    temamb=ad_conv(0,plad_rd12(adch(0)));
    temamb=(temamb*100)-5;
    voltJ=((5.1941e-5)*temamb)-(1.4626e-5);
    voltK=((4.06255e-5)*temamb)-(1.05664e-5);

    add_sig_table(0,plcad_addr(3),2,0,1);

//termopar J 1  x0
up_setout(ch1,off); //A 0
up_setout(ch2,off); //B 0
up_setout(ch3,off); //C 0
set_mux(0);
mxdel18();
termop=ad_conv(0,plad_rd12(adch(0)));
termop=((termop+(12e-3))/21)+voltJ;
tempJ=(19873.145*termop)-(21864.5353*termop*termop)-0.0488682;
DataPush(tempJ);

//termopar J 2  x1
up_setout(ch1,on); //A 1
up_setout(ch2,off); //B 0
up_setout(ch3,off); //C 0
set_mux(0);
mxdel18();
termop=ad_conv(0,plad_rd12(adch(0)));
termop=((termop+(12e-3))/21)+voltJ;
tempJ=(19873.145*termop)-(21864.5353*termop*termop)-0.0488682;
DataPush(tempJ);

//termopar J 3  x2
up_setout(ch1,off); //A 0
up_setout(ch2,on); //B 1
up_setout(ch3,off); //C 0
set_mux(0);
mxdel18();
termop=ad_conv(0,plad_rd12(adch(0)));
termop=((termop+(12e-3))/21)+voltJ;
tempJ=(19873.145*termop)-(21864.5353*termop*termop)-0.0488682;
DataPush(tempJ);

```

```

//termopar K 1   x3
up_setout(ch1,on); //A 1
up_setout(ch2,on); //B 1
up_setout(ch3,off); //C 0
set_mux(0);
mxdel18();
termop=ad_conv(0,plad_rd12(adch(0)));
termop=((termop+(10.8e-3))/21)+voltK;
tempK=(24152.109*termop)+(67233.4248*termop*termop)+0.2265846;
DataPush(tempK);

//termopar K 2   x4
up_setout(ch1,off); //A 0
up_setout(ch2,off); //B 0
up_setout(ch3,on); //C 1
set_mux(0);
mxdel18();
termop=ad_conv(0,plad_rd12(adch(0)));
termop=((termop+(10.8e-3))/21)+voltK;
tempK=(24152.109*termop)+(67233.4248*termop*termop)+0.2265846;
DataPush(tempK);

return;
}

// *****
// ** HABRE PUERTO DE COMUNICACION CON LA ESTACION DE ANALISIS DE DATOS **/
// *****
int TxDComu(void)
{
    TxChar('C');
    TxChar(',');

    return;
}

// *****
// ***** TRANSFIERE LA INFORMACION MEDIANTE HIPERTERMINAL *****/
// *****
xmem int TxDBase(void)
{
    char rep;
    BYTE e_datos;
    int check,i,n,q;
    rep=0;
    q=0;
    check=0;

    while(DataOut!=DataIn)
    {
        while(p!=FALSE)
        {
            TxByte(dy);
            TxChar("/");
            TxByte(ms);
            TxChar("/");

```

```
TxByte(ao);
TxChar(',');
TxChar(0x0D);    //coloca un CR
TxChar(0x0A);    //coloca un LF
TxByte(ha);
TxChar(':');
TxByte(mn);
TxChar(':');
TxByte(sg);
TxChar(',');
TxChar(0x0D);    //coloca un CR
TxChar(0x0A);    //coloca un LF
TxChar(0x0A);    //coloca un LF

TxString("Tiempo[seg],RPM,Velocidad,Voltaje,Temp_aceite,Temp_ambiente,Humedad_relativa,TJ1,TJ2,TJ
3,TK1,TK2");
    TxChar(0x0D);    //coloca un CR
    TxChar(0x0A);    //coloca un LF

    p=0;
} //end del while

if(q==0)
{
    TxLong(segs_tx++);
    TxChar(',');
}

DataGet(&e_datos);
TxByte(e_datos);
TxChar(',');
q++;

if (q==11)
{
    TxChar(0x0D);    //coloca un CR
    TxChar(0x0A);    //coloca un LF
    q=0;
}
}

TxString("*****FIN_DE_DATOS*****");
TxChar(0x0D);    //coloca un CR
TxChar(0x0A);    //coloca un LF

return;
}
```

```
// *****/
// ** TRANSFIERE LA INFORMACION MEDIANTE EL PROGRAMA EN VISUAL BASIC **/
// *****/
xmem int TxDComunica(void)
{
  BYTE e_datos;
  int chek,qr,ch,ad,n,rep,muestras;
  rep=0;
  qr=0;
  chek=0;

  while(DataOut!=DataIn)
  {
    while(pd!=FALSE)
    {
      if(pd==1)
      {
        TxChar('U');
        TxChar(',');

      }

      TxByte(dy);
      TxChar('/');
      TxByte(ms);
      TxChar('/');
      TxByte(ao);
      TxChar(',');
      TxByte(ha);
      TxChar(':');
      TxByte(mn);
      TxChar(':');
      TxByte(sg);
      TxChar(',');

      pd=0;
      rep=0;
      chek=0;
      muestras=0;

    } //end del while

    if(qr==0)
    {
      TxLong(segs_tx++);
      TxChar(',');
    }

    DataGet(&e_datos);

    pa=&a[rep];
    *pa=e_datos;
```

```
chek=chek+e_datos;

TxByte(e_datos);
TxChar(',');
rep++;
qr++;
if(rep==55)
{
    TxByte(rep);
    rep=0;
    muestras++;
    CHSUM();
    chek=0;

}
if(qr==11)
{
    qr=0;
}

}

TxString("FinDatos");
TxChar(0x0D);    //coloca un CR
TxChar(0x0A);    //coloca un LF

return;
}

// ***** Habilita la variable como cadena *****/

xmem int TxString(char *cString)

{

    while(Dwrite_z1(cString,strlen(cString))!=1)
        NULL;

    return ;
}

// ***** Convierte la variable en entero para transmitir *****/

xmem int TxByte(BYTE byData)

{

    char cString[15]; //Variable para transmitir.
    itoa(byData, cString); //Convierte de int a char para transmision
    while(Dwrite_z1(cString,strlen(cString))!=1)
        NULL;

    return ;
}
```

```

// ***** Convierte de entero a caracter para transmitir *****/

xmem int TxLong(long loData)
{
    char cString[15]; //Variable para transmitir.

    ltoa(loData, cString); //Convierte de int a char para transmision
    while(Dwrite_z1(cString,strlen(cString))!=1)
        NULL;

    return ;
}

// ***** Habilita la variable como caracter*****/

xmem int TxChar(char cData)
{
    while(Dwrite_z1 ch(cData)!=1)
        NULL;

    return ;
}

// ***** REALIZA EL CONTROL DE ERROR DURANTE LA TRANSMISION *****/
// ***** REALIZA EL CONTROL DE ERROR DURANTE LA TRANSMISION *****/
// ***** REALIZA EL CONTROL DE ERROR DURANTE LA TRANSMISION *****/
int CHSUM()
{
    int con, chec, k, result;
    char v;
    char RxBuffer[30];
    result=0;
    k=0;
    con=1;
    while(con==1)
    {
        if(Dread_z1 ch(RxBuffer)!=FALSE)
        {
            switch(*RxBuffer)
            {
                case'A': //si se da este caso se recibio bien el dato
                    con=0;
                    break;

                case'B':
                    chec=0;//si se da este caso se vuelve a mandar el dato

                    for(k=0;k<60;k++)
                    {

                        pa=&a[k];
                        v=*pa;
                        chec++;
                        TxByte(v);
                        TxChar(',');
                    }
            }
        }
    }
}

```

```

    }

    TxByte(chec);

    default:break;
}
}
}
return;
}

// **** MODIFICA LA HORA Y FECHA DEL RELOJ DE TIEMPO REAL ****/
// **** MODIFICA LA HORA Y FECHA DEL RELOJ DE TIEMPO REAL ****/
// **** MODIFICA LA HORA Y FECHA DEL RELOJ DE TIEMPO REAL ****/
xmem void actual()
{
    char RxBuffer[25],hora;
    int con,VAL,bandera;
    con=1;
    bandera=TRUE;
    VAL=1;

    tm_rd(&tiempo);
    dia=tiempo.tm_mday;
    mes=tiempo.tm_mon;
    año=tiempo.tm_year;
    hora=tiempo.tm_hour;
    min=tiempo.tm_min;
    seg=tiempo.tm_sec;

    TxByte(dia);TxChar('/');
    TxByte(mes);TxChar('/');
    TxByte(año);
    TxChar(',');
    TxByte(hora);TxChar(':');
    TxByte(min);TxChar(':');
    TxByte(seg);

while(con==1)
{
    if(Dread_z11ch(RxBuffer)!=FALSE)
    {
        while(VAL==1)
        {

            while(bandera==TRUE)
            {
                Dread_z11ch(RxBuffer);
                switch(*RxBuffer)
                {
                    case'M':
                    {
                        TxChar(0x4D);

                        VAL=0;
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```



```
bandera=0;
break;
}

case'S':
{

TxString("segundos");
TxChar(',');
while(Dread_z11ch(RxBuffer)==FALSE)
{
NULL;
}
tiempo.tm_sec=*RxBuffer;

TxString("horas");
TxChar(',');
while(Dread_z11ch(RxBuffer)==FALSE)
{
NULL;
}
if (*RxBuffer==0x38)
{
hora=8;
tiempo.tm_hour=hora;
}
else
{
tiempo.tm_hour=*RxBuffer;
}

TxString("minutos");
TxChar(',');

while(Dread_z11ch(RxBuffer)==FALSE)
{
NULL;
}
if (*RxBuffer==0x38)
{
hora=8;
tiempo.tm_min=hora;
}
else
{
tiempo.tm_min=*RxBuffer;
}

TxString("No_dia ");
TxChar(',');

while(Dread_z11ch(RxBuffer)==FALSE)
{
NULL;
}
```

```
if (*RxBuffer==0x38)
{
    hora=8;
    tiempo.tm_mday=hora;
}
else
{
    tiempo.tm_mday=*RxBuffer;
}

TxString("mes");
TxChar(',');

while(Dread_z11ch(RxBuffer)==FALSE)
{
    NULL;
}
if (*RxBuffer==0x38)
{
    hora=8;
    tiempo.tm_mon=hora;
}
else
{
    tiempo.tm_mon=*RxBuffer;
}

TxString("año");
TxChar(',');

while(Dread_z11ch(RxBuffer)==FALSE)
{
    NULL;
}
if (*RxBuffer==0x38)
{
    hora=8;
    tiempo.tm_year=hora;
}
else
{
    tiempo.tm_year=*RxBuffer;
}

TxString("dia");
TxChar(',');

while(Dread_z11ch(RxBuffer)==FALSE)
{
    NULL;
}

TxChar(0x4D);
TxChar(',');
```

```
        bandera=FALSE;
        }
        tm_wr(&tiempo);

        VAL=0;
        con=0;
        }
        }
        }
        break;
    }
}

hitwd();
return;

}
// *****/
// ***** FIN DEL PROGRAMA DE ADQUISICION DE DATOS *****/
// *****/
```

APÉNDICE B

PROGRAMA DE LA ESTACIÓN DE ANÁLISIS DE DATOS

En este apéndice se presenta el código generado para el programa de comunicación entre la estación de análisis de datos y el módulo de adquisición de datos, desarrollado en lenguaje *Visual Basic 4.0*.

VENTANA DE INICIO

Botón SALIR

```
Private Sub Command2_Click()  
    End  
    F_Presentacion.Visible = False  
End Sub
```

Botón INICIAR

```
Private Sub Command1_Click()  
  
    F_Menu.Show  
    F_Presentacion.Visible = False  
    espera = 100  
End Sub
```

VENTANA DE MENÚ PRINCIPAL**Botón CONFIGURAR PUERTO**

```
Private Sub ConfigurarPuerto_Click()
```

```
    F_Menu.Enabled = False
```

```
    F_Puerto.Show
```

```
End Sub
```

Botón EXCEL

```
Private Sub excel_Click()
```

```
    Set Application = CreateObject("Excel.Application")
```

```
    Application.Visible = True
```

```
    Application.Workbooks.OpenText filename:="C:\windows\system\sadab.xls"
```

```
    Application.Run ("ady")
```

```
    F_Menu.Enabled = True
```

```
    F_Menu.ConfigurarPuerto.Enabled = False
```

```
    F_Menu.bajarinformacion.Enabled = False
```

```
End Sub
```

Botón SALIR

```
Private Sub sal_Click()
```

```
    End
```

```
    F_Menu.Visible = False
```

```
End Sub
```

Botón MODIFICAR FECHA

```
Private Sub datosdemuestreo_Click()
```

```
    F_Fecha.Visible = True
```

```
    I = EnviarInformacion("F")
```

```
End Sub
```

Botón BAJAR INFORMACION

```
Private Sub BajarInformacion_Click()
```

```
    F_Bajar.Visible = True
```

```
    F_Menu.datosdemuestreo.Enabled = True
```

```
End Sub
```

VENTANA DE CONEXIÓN AL PUERTO
Botón CONEXION

```
Private Sub ConPto_Conexcion_Click()
```

```
    On Error GoTo Error_ConPto_Conexcion
```

```
    Dim informacion As String
    Dim Titulo As String           ' Menu
    Dim estado As String          ' Muestreando
    Dim modo As String            ' BD
    Dim Hora As String            ' Hora de inicio
    Dim Fecha As String           ' Fecha de inicio de muestreo
    Dim tempo As Integer          ' Tiempo de muestreo
    Dim vuelta As Integer         ' Numero de muestras
    Dim vuelta1 As Double         ' Numero total muestras
    Dim auxiliar As Integer
```

```
    ConPto_Puerto.DTREnable = True      ' Deshabilita la linea DTR (Lectura)
    ConPto_Puerto.RTSEnable = True      ' Deshabilita la linea RTS (Peticon)
    ConPto_Puerto.RThreshold = 1        ' # de chars recibidos antes de la comunicacion
    ConPto_Puerto.SThreshold = 1        ' # chars minimo en la transmision antes de la comunicacion
    ConPto_Puerto.Settings = "9600,n,8,1" ' Baud-Rate=9600 No-parid 8 bits de datos 1 bits de stop
    ConPto_Puerto.InputLen = 1
    ConPto_Puerto.CommPort = NumeroPuerto
    ConPto_Puerto.PortOpen = True
```

```
    If True = ConPto_Puerto.PortOpen Then
        informacion = EnviarInformacion("C")
```

```
        espera = 200
```

```
        If "" = informacion Then
```

```
            MsgBox " EL MODULO NO SE ENCUENTRA" + Chr(13) + Chr(10) + "CONECTADO POR EL  
PUERTO # " + Str(NumeroPuerto), 0, "MENSAJE DE PUERTO"
```

```
            ConPto_Puerto.PortOpen = False
            ConPto_Conexcion.Enabled = True
            ConPto_Desconexcion.Enabled = False
```

```
            F_Menu.bajarinformacion.Enabled = False
```

```
            F_Menu.datosdemuestreo.Enabled = False
```

```
            ConPto_Comm1.Enabled = True
```

```
            ConPto_Comm2.Enabled = True
```

```
            ConPto_Comm3.Enabled = True
```

```
            ConPto_Comm4.Enabled = True
```

```
            Exit Sub
```

```
        End If
```

```
        MsgBox "COMUNICACION ESTABLECIDA POR PUERTO " + Str(NumeroPuerto), 0, "MENSAJE  
DE PUERTO"
```

```
        ConPto_Desconexcion.Enabled = True
```

```
        ConPto_Conexcion.Enabled = False
```

```
        auxiliar = InStr(informacion, ",")
```

```
        estado = Mid(informacion, 1, auxiliar - 1)
```

```
informacion = Mid(informacion, auxiliar + 1, Len(informacion))

    If "C" = estado Then

        F_Menu.bajarinformacion.Enabled = True
        F_Menu.datosdemuestreo.Enabled = False
    End If

    F_Menu.Enabled = True
    F_Puerto.Visible = False

Else
    MsgBox "COMUNICACION NO ESTABLECIDA POR PUERTO " + Str(NumeroPuerto), 0,
"MENSAJE DE PUERTO"
    ConPto_Desconecion.Enabled = False
    ConPto_Coneccion.Enabled = True
    F_Menu.bajarinformacion.Enabled = False
    F_Menu.datosdemuestreo.Enabled = False

Exit Sub
End If

Select Case NumeroPuerto
Case 1
    ConPto_Comm2.Enabled = False
    ConPto_Comm3.Enabled = False
    ConPto_Comm4.Enabled = False
Case 2
    ConPto_Comm1.Enabled = False
    ConPto_Comm3.Enabled = False
    ConPto_Comm4.Enabled = False
Case 3
    ConPto_Comm1.Enabled = False
    ConPto_Comm2.Enabled = False
    ConPto_Comm4.Enabled = False
Case 4
    ConPto_Comm1.Enabled = False
    ConPto_Comm2.Enabled = False
    ConPto_Comm3.Enabled = False
End Select

Exit Sub

Error_ConPto_Coneccion:

Select Case (Err)
Case 8000 To 8020
    MsgBox "COMUNICACION NO ESTABLECIDA POR PUERTO " + Str(NumeroPuerto), 0,
"MENSAJE DE PUERTO"
    Exit Sub
Case Else
    MsgBox "ERROR " + Str$(Err), 0, "ERROR"
End
End Select

End Sub
```

Botón DESCONEXION

```
Private Sub ConPto_Desconexcion_Click()
```

```
    If True = ConPto_Puerto.PortOpen Then  
        ConPto_Puerto.PortOpen = False
```

```
    MsgBox "COMUNICACION POR PUERTO " + Str(NumeroPuerto) + " FINALIZADA", 0, "MENSAJE DE  
    PUERTO"
```

```
        ConPto_Conexcion.Enabled = True  
        ConPto_Desconexcion.Enabled = False  
        F_Menu.bajarinformacion.Enabled = False  
        F_Menu.datosdemuestreo.Enabled = False  
        ConPto_Comm1.Enabled = True  
        ConPto_Comm2.Enabled = True  
        ConPto_Comm3.Enabled = True  
        ConPto_Comm4.Enabled = True
```

```
    Exit Sub
```

```
End If
```

Botón SALIR

```
Private Sub ConPto_Cerrar_Click()
```

```
    F_Menu.Enabled = True  
    F_Puerto.Visible = False
```

```
End Sub
```

Puertos de comunicación

```
Private Sub ConPto_Comm1_Click(Value As Integer)
```

```
    NumeroPuerto = 1  
    espera = 100
```

```
End Sub
```

```
Private Sub ConPto_Comm2_Click(Value As Integer)
```

```
    NumeroPuerto = 2  
    espera = 1000
```

```
End Sub
```

```
Private Sub ConPto_Comm3_Click(Value As Integer)
```

```
    NumeroPuerto = 3  
    espera = 1000
```

```
End Sub
```

```
Private Sub ConPto_Comm4_Click(Value As Integer)
```

```
NumeroPuerto = 4
espera = 1000
```

```
End Sub
```

VENTANA PARA BAJAR LA INFORMACIÓN

Botón BAJAR DATOS

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
Dim Tx As String
Dim informacion As String
Dim auxiliar As Integer
Dim TIEMPO As Variant
Dim Fecha As Variant
Dim Hora As Variant
Dim Titulo As Variant
Dim Minutos As Variant
Dim Velocidad As Integer
Dim variable As String
Dim I1 As Integer
Dim I2 As Integer
Dim Vt As Integer
Dim Dato As Variant
Dim T1 As Integer
Dim T2 As Integer
Dim ssuma As String
Dim tem As Variant
Dim Bajar_Auxiliar As String
F_Bajar.Command1.Enabled = False
```

```
Tx = "t"
espera = 500
informacion = EnviarInformacion(Tx)
Bajar_Auxiliar = informacion
ssuma = ""
```

```
If "U" = Mid(informacion, 1, 1) Then ' entonces Primer Dato primer if
```

```
MousePointer = 11
J = 0
auxiliar = InStr(informacion, ",")
TIEMPO = Mid(informacion, 1, auxiliar - 1)
informacion = Mid(informacion, auxiliar + 1, Len(informacion))
auxiliar = InStr(informacion, ",")
Fecha = Mid(informacion, 1, auxiliar - 1)
informacion = Mid(informacion, auxiliar + 1, Len(informacion))
auxiliar = InStr(informacion, ",")
Hora = Mid(informacion, 1, auxiliar - 1)
informacion = Mid(informacion, auxiliar + 1, Len(informacion))
```

```
For ii% = 0 To 59
```

```
    auxiliar = InStr(informacion, ",")
```

```
variable = Mid(informacion, 1, auxiliar - 1)
informacion = Mid(informacion, auxiliar + 1, Len(informacion))

Next ii%
ssuma = Val(informacion)
Do
If ssuma = 55 Then 'segundo if
TMP = TABLADATOS(Bajar_Auxiliar)
informacion = EnviarInformacion("A")
Bajar_Auxiliar = informacion

ssuma = 0

If InStr(1, informacion, "FinDatos") Then 'cuarto if
TMP = TABLADATOS(Bajar_Auxiliar)

MsgBox "Oprima el botón GUARDAR para crear el archivo tipo texto"
F_Bajar.Guardar.Enabled = True
F_Bajar.Command1.Enabled = False
Exit Do
End If 'fin cuarto if

For ii% = 0 To 59

auxiliar = InStr(informacion, ",")
variable = Mid(informacion, 1, auxiliar - 1)
informacion = Mid(informacion, auxiliar + 1, Len(informacion))

Next ii%

ssuma = Val(informacion)

Else 'else del segundo if

Do
informacion = EnviarInformacion("B")
Bajar_Auxiliar = informacion
'temp = 0
For ii% = 0 To 59

auxiliar = InStr(informacion, ",")
variable = Mid(informacion, 1, auxiliar - 1)
informacion = Mid(informacion, auxiliar + 1, Len(informacion))

Next ii%
ssuma = Val(informacion)
If ssuma = temp Then 'quinto if
TMP = TABLADATOS(Bajar_Auxiliar)
Exit Do

End If 'fin quinto if

Loop
```

```

End If 'fin segundo if

Loop

End If 'fin primer if
  MousePointer = 0

End Sub

```

Botón GUARDAR

```

Private Sub Guardar_Click()
Dim Archive As String
Dim Etiqueta As Variant
Dim Fecha As Variant
Dim Hora As Variant
Dim aux As Integer
Dim NumFichero As Integer
Dim Seg As Variant
Dim RPM As Variant
Dim VV As Variant
Dim Pot As Variant
Dim Temperatura As Variant
Dim Recibir As Variant
Dim TA As Variant
Dim HR As Variant
Dim TJ1 As Variant
Dim TJ2 As Variant
Dim TJ3 As Variant
Dim TK1 As Variant
Dim TK2 As Variant

F_Bajar.Guardar.Enabled = False
'Si ocurre un error ejecutar ManipularErrorGuardar
On Error GoTo ManipularErrorGuardar
'Filtros
CommonDialog1.Filter = "Archivos de texto (*.txt; *.doc)" & _
    "*.txt;*.doc|Todos los Archivos (*.*)*.*"

'Filtros por defecto
CommonDialog1.FilterIndex = 2
'Visualizar la caja de diálogo
CommonDialog1.ShowSave
'Obtener un número de Archivo libre
NumFichero = FreeFile
'Abrir el archivo para escribir
Open CommonDialog1.FileTitle For Output As NumFichero
J = 0
  Archive = tporal(J)
  If "U" = Mid(Archive, 1, 1) Then 'primer If
    aux = InStr(Archive, ",")
    Etiqueta = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    Fecha = Mid(Archive, 1, aux - 1)

```

```

Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
aux = InStr(Archive, ",")
Hora = Mid(Archive, 1, aux - 1)
Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))

```

```

Print #NumFichero, "Fecha", Fecha
Print #NumFichero, "Hora", Hora

```

```

Print#NumFichero, "Tiempo,RPM's, Velocidad, Posición, Temp_Aceite, Temp_Ambiente, Humedad_Relativa, T
J1, TJ2, TJ3, TK1, TK2,"

```

```

If Val(radio.Text) = 0 Then
    radio.Text = 32
End If

```

```

For ii% = 0 To 4

```

```

    aux = InStr(Archive, ",")
    Seg = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    RPM = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    RPM = RPM * 100
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    VV = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    VV = VV * 0.015707963 * Val(radio.Text)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    Pot = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    Temperatura = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))

```

```

    aux = InStr(Archive, ",")
    TA = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    HR = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    TJ1 = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    TJ2 = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    TJ3 = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    TK1 = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    TK2 = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))

```

```

Print #NumFichero, Seg; ", "; RPM; ", "; VV; ", "; Pot; ", "; Temperatura; ", "; TA; ", "; HR; ", "; TJ1; ", "; TJ2;
", "; TJ3; ", "; TK1; ", "; TK2; ", "
Next ii%

Recibir = Val(Archive)
Do
  If Recibir = 55 Then 'Segundo If
    J = J + 1
    Archive = tporal(J)
    Recibir = 0

    If InStr(1, Archive, "FinDatos") Then 'tercer If
      MsgBox "Los datos fueron almacenados"
      J = J + 1
      Archive = tporal(J)
      'Close NumFichero
      'Exit Do
    End If 'fin del tercer If

  If "U" = Mid(Archive, 1, 1) Then 'primer If
    aux = InStr(Archive, ",")
    Etiqueta = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    Fecha = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    Hora = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
Print #NumFichero, "Fecha", Fecha
Print #NumFichero, "Hora", Hora
Print#NumFichero,"Tiempo,RPM's,Velocidad,Posición,Temp_Aceite,Temp_Ambiente,Humedad_Relativa,T
J1,TJ2,TJ3,TK1,TK2,"
End If

  If "" = Mid(Archive, 1, 1) Then
    Close NumFichero
    F_Bajar.Guardar.Enabled = False
    Exit Do
  End If

For ii% = 0 To 4

  aux = InStr(Archive, ",")
  Seg = Mid(Archive, 1, aux - 1)
  Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
  aux = InStr(Archive, ",")
  RPM = Mid(Archive, 1, aux - 1)
  RPM = RPM * 100
  Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
  aux = InStr(Archive, ",")
  VV = Mid(Archive, 1, aux - 1)
  VV = VV * 0.015707063 * Val(radio.Text)
  Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))

```

```

    aux = InStr(Archive, ",")
    Pot = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    Temperatura = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))

    aux = InStr(Archive, ",")
    TA = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    HR = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    TJ1 = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    TJ2 = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    TJ3 = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    TK1 = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))
    aux = InStr(Archive, ",")
    TK2 = Mid(Archive, 1, aux - 1)
    Archive = Mid(Archive, aux + 1, Len(Archive))

Print #NumFichero, Seg; ", "; RPM; ", "; VV; ", "; Pot; ", "; Temperatura; ", "; TA; ", "; HR; ", "; TJ1; ", "; TJ2;
", "; TJ3; ", "; TK1; ", "; TK2; ", "
    Next ii%

    Recibir = Val(Archive)

    End If ' fin del segundo If
    Loop
    End If 'fin del tercer If

F_Menu.Enabled = True
F_Bajar.Visible = False
F_Menu.ConfigurarPuerto.Enabled = False
F_Menu.bajarinformacion.Enabled = False

SalirGuardar:
Exit Sub
ManipularErrorGuardar:
'Manipula el error
MsgBox Err.Description
Resume SalirGuardar

End Sub

```

VENTANA MODIFICAR FECHA**Botón MODIFICAR**

Private Sub Fecha_Modificar_Click()

```
Dim FecMod_Cadenita As Date
Dim fecmod_mensaje As String
Dim informacion As String
Dim cadenita As String
MousePointer = 11
Do
    informacion = EnviarInformacion("S")
    If "segundos," = informacion Then
        Exit Do
    End If
Loop

Do
    cadenita = Chr(0)
    informacion = EnviarInformacion(cadenita)

    If "horas," = informacion Then
        Exit Do
    End If
Loop

Do
    cadenita = Val(Fecha_Hora)
    If cadenita = 8 Then
        cadenita = Hex(cadenita)
        informacion = EnviarInformacion(cadenita)
        If "minutos," = informacion Then
            Exit Do
        End If
    Else
        cadenita = Chr(cadenita)
        informacion = EnviarInformacion(cadenita)
        If "minutos," = informacion Then
            Exit Do
        End If
    End If
Loop

Do
    cadenita = Val(Fecha_Minutos)

    If cadenita = 8 Then
        cadenita = Hex(cadenita)
        informacion = EnviarInformacion(cadenita)
        If "No_dia ," = informacion Then
            Exit Do
        End If
    End If
Loop
```

```
End If
ElseIf ("56" = Fecha_Minutos) Then
    cadenita = Val(66)
    cadenita = Chr(cadenita)
    informacion = EnviarInformacion(cadenita)
    If "No_dia," = informacion Then
        Exit Do
    End If
Else
    cadenita = Chr(cadenita)
    informacion = EnviarInformacion(cadenita)
    If "No_dia," = informacion Then
        Exit Do
    End If
End If
Loop

Do
    cadenita = Val(Fecha_NumDia)

    If cadenita = 8 Then
        cadenita = Hex(cadenita)
        informacion = EnviarInformacion(cadenita)
        If "mes," = informacion Then
            Exit Do
        End If
    Else
        cadenita = Chr(cadenita)
        informacion = EnviarInformacion(cadenita)
        If "mes," = informacion Then
            Exit Do
        End If
    End If
Loop

Do
    cadenita = Val(Mes)
    If cadenita = 8 Then
        cadenita = Hex(cadenita)
        informacion = EnviarInformacion(cadenita)
        If "año," = informacion Then
            Exit Do
        End If
    Else
        cadenita = Chr(cadenita)
        informacion = EnviarInformacion(cadenita)
        If "año," = informacion Then
            Exit Do
        End If
    End If
Loop

Do
    cadenita = Val(Fecha_Ano)
```



```
If cadenita = 8 Then
    cadenita = Hex(cadenita)
    informacion = EnviarInformacion(cadenita)
    If "dia," = informacion Then
        Exit Do
    End If

ElseIf ("56" = Fecha_Ano) Then
    cadenita = &H66
    informacion = EnviarInformacion(cadenita)
    If "dia," = informacion Then
        Exit Do
    End If
Else
    cadenita = Chr(cadenita)
    informacion = EnviarInformacion(cadenita)
    If "dia," = informacion Then
        Exit Do
    End If
End If
Loop
```

Do

```
cadenita = Val(Dia)
    If cadenita = 8 Then
        cadenita = Hex(cadenita)
        informacion = EnviarInformacion(cadenita)
        If "M," = informacion Then
            Exit Do
        End If
    Else
        cadenita = Chr(cadenita)
        informacion = EnviarInformacion(cadenita)
        If "M," = informacion Then
            Exit Do
        End If
    End If
Loop
    MousePointer = 0
    Fecha_Modificar.Enabled = False
    informacion = EnviarInformacion("M")
```

End Sub

Botón VER FECHA

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
    Dim informacion As String
    Dim auxiliar As Integer
    MousePointer = 11
    informacion = EnviarInformacion("M")
    informacion = EnviarInformacion("M")
```

```
informacion = EnviarInformacion("F")
auxiliar = InStr(informacion, ",")
Fecha_FechaActual.Text = Mid(informacion, 1, auxiliar - 1)
informacion = Mid(informacion, auxiliar + 1, Len(informacion))
Fecha_HoraActual.Text = informacion
Fecha_Modificar.Enabled = True

MsgBox temp, 0, "FECHA Y HORA"
MousePointer = 0
End Sub
```

Botón SALIR

```
Private Sub Command2_Click()

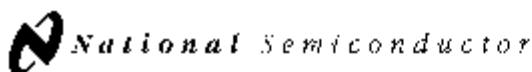
    F_Fecha.Visible = False

End Sub
```

APÉNDICE C

HOJAS DE ESPECIFICACIONES DE COMPONENTES UTILIZADOS

En este apéndice se presentan las hojas de especificaciones de los diferentes circuitos integrados utilizados para el desarrollo de este trabajo.



December 1994

LM131A/LM131, LM231A/LM231, LM331A/LM331 Precision Voltage-to-Frequency Converters

General Description

The LM131/LM231/LM331 family of voltage-to-frequency converters are ideally suited for use in simple low-cost circuits for analog-to-digital conversion, precision frequency-to-voltage conversion, long-term integration, linear frequency modulation or demodulation, and many other functions. The output when used as a voltage-to-frequency converter is a pulse train at a frequency precisely proportional to the applied input voltage. Thus, it provides all the inherent advantages of the voltage-to-frequency conversion techniques, and is easy to apply in all standard voltage-to-frequency converter applications. Further, the LM131A/LM231A/LM331A attains a new high level of accuracy versus temperature which could only be attained with expensive voltage-to-frequency modules. Additionally the LM131 is ideally suited for use in digital systems at low power supply voltages and can provide low-cost analog-to-digital conversion in microprocessor-controlled systems. And, the frequency from a battery powered voltage-to-frequency converter can be easily channeled through a simple photoisolator to provide isolation against high common mode levels.

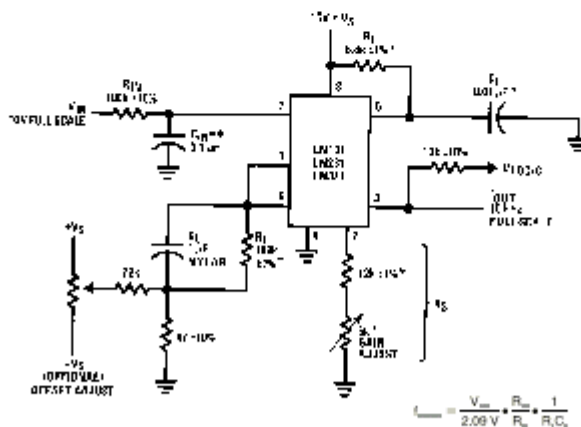
The LM131/LM231/LM331 utilizes a new temperature-compensated band-gap reference circuit, to provide excellent accuracy over the full operating temperature range, at power supplies as low as 4.0V. The precision timer circuit

has low bias currents without degrading the quick response necessary for 100 kHz voltage-to-frequency conversion. And the output is capable of driving 3 TTL loads, or a high voltage output up to 40V, yet is short-circuit-proof against V_{CC} .

Features

- Guaranteed linearity 0.01% max
- Improved performance in existing voltage-to-frequency conversion applications
- Split or single supply operation
- Operates on single 5V supply
- Pulse output compatible with all logic forms
- Excellent temperature stability, ± 50 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ max
- Low power dissipation, 15 mW typical at 5V
- Wide dynamic range, 100 dB min at 10 kHz full scale frequency
- Wide range of full scale frequency, 1 Hz to 100 kHz
- Low cost

Typical Applications



*Use stable components with low temperature coefficients. See Typical Applications section.

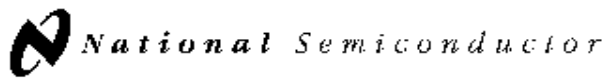
**0.1µF or 1µF. See "Principles of Operation."

FIGURE 1. Simple Stand-Alone Voltage-to-Frequency Converter with $\pm 0.03\%$ Typical Linearity ($f = 10$ Hz to 11 kHz)

LM131A/LM131, LM231A/LM231, LM331A/LM331 Precision Voltage-to-Frequency Converters

Absolute Maximum Ratings (Note 1)						
If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.						
	LM131A/LM131	LM231A/LM231	LM331A/LM331			
Supply Voltage	40V	40V	40V			
Output Short Circuit to Ground	Continuous	Continuous	Continuous			
Output Short Circuit to V_{CC}	Continuous	Continuous	Continuous			
Input Voltage	$-0.2V$ to $+V_S$	$-0.2V$ to $+V_S$	$-0.2V$ to $+V_S$			
Operating Ambient Temperature Range	T_{MIN} T_{MAX} $-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$	T_{MIN} T_{MAX} $-25^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$	T_{MIN} T_{MAX} $0^{\circ}C$ to $+70^{\circ}C$			
Power Dissipation (P_D at $25^{\circ}C$) and Thermal Resistance (θ_{JA})						
(H Package) P_D	670 mW					
θ_{JA}	150 $^{\circ}C/W$					
(N Package) P_D		1.25W		1.25W		
θ_{JA}		100 $^{\circ}C/W$		100 $^{\circ}C/W$		
(M Package) P_D		1.25W				
θ_{JA}		85 $^{\circ}C/W$				
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)						
Dual-In-Line Package (Plastic)	260 $^{\circ}C$	260 $^{\circ}C$		260 $^{\circ}C$		
Metal Can Package (TO-5)	260 $^{\circ}C$					
ESD Susceptibility (Note 4)						
Metal Can Package (TO-5)	2000V					
Other Packages		500V				500V
Electrical Characteristics $T_A = 25^{\circ}C$ unless otherwise specified (Note 2)						
Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units	
VFC Non-Linearity (Note 3)	$4.5V \leq V_S \leq 20V$ $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$		± 0.003 ± 0.006	± 0.01 ± 0.02	% Full-Scale % Full-Scale	
VFC Non-Linearity In Circuit of Figure 1	$V_S = 15V, f = 10\text{ Hz to }11\text{ kHz}$		± 0.024	± 0.14	% Full-Scale	
Conversion Accuracy Scale Factor (Gain) LM131, LM131A, LM231, LM231A LM331, LM331A	$V_{IN} = -10V, R_S = 14\text{ k}\Omega$	0.95 0.90	1.00 1.00	1.05 1.10	kHz/V kHz/V	
Temperature Stability of Gain LM131/LM231/LM331 LM131A/LM231A/LM331A	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}, 4.5V \leq V_S \leq 20V$		± 30 ± 20	± 150 ± 50	ppm/ $^{\circ}C$ ppm/ $^{\circ}C$	
Change of Gain with V_S	$4.5V \leq V_S \leq 10V$ $10V \leq V_S \leq 40V$		0.01 0.006	0.1 0.06	%/V %/V	
Rated Full-Scale Frequency	$V_{IN} = -10V$	10.0			kHz	
Gain Stability vs Time (1000 Hrs)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$		± 0.02		% Full-Scale	
Overrange (Beyond Full-Scale) Frequency	$V_{IN} = -11V$	10			%	
INPUT COMPARATOR						
Offset Voltage LM131/LM231/LM331 LM131A/LM231A/LM331A	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$		± 3 ± 4 ± 3	± 10 ± 14 ± 10	mV mV mV	
Bias Current			-80	-300	nA	
Offset Current			± 8	± 100	nA	
Common-Mode Range	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	-0.2		$V_{CC} - 2.0$	V	

Electrical Characteristics $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified (Note 2) (Continued)					
Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
TIMER					
Timer Threshold Voltage, Pin 5		0.63	0.667	0.70	$\times V_S$
Input Bias Current, Pin 5	$V_S = 15\text{V}$ $0\text{V} \leq V_{\text{PIN } 5} \leq 9.9\text{V}$		± 10	± 100	nA
All Devices	$V_{\text{PIN } 5} = 10\text{V}$		200	1000	nA
LM131/LM231/LM331	$V_{\text{PIN } 5} = 10\text{V}$		200	500	nA
LM131A/LM231A/LM331A					
$V_{\text{SAT PIN } 5}$ (Reset)	$I = 5\text{ mA}$		0.22	0.5	V
CURRENT SOURCE (Pin 1)					
Output Current	$R_S = 14\text{ k}\Omega$, $V_{\text{PIN } 1} = 0$	126	135	144	μA
LM131, LM131A, LM231, LM231A		116	136	156	μA
LM331, LM331A					
Change with Voltage	$0\text{V} \leq V_{\text{PIN } 1} \leq 10\text{V}$		0.2	1.0	μA
Current Source OFF Leakage			0.01	1.0	nA
LM131, LM131A			0.02	10.0	nA
LM231, LM231A, LM331, LM331A			2.0	50.0	nA
All Devices	$T_A = T_{\text{MAX}}$				
Operating Range of Current (Typical)			(10 to 500)		μA
REFERENCE VOLTAGE (Pin 2)					
LM131, LM131A, LM231, LM231A		1.76	1.89	2.02	V_{DC}
LM331, LM331A		1.70	1.89	2.08	V_{DC}
Stability vs Temperature			± 60		ppm/ $^\circ\text{C}$
Stability vs Time, 1000 Hours			± 0.1		%
LOGIC OUTPUT (Pin 3)					
V_{SAT}	$I = 5\text{ mA}$		0.15	0.50	V
OFF Leakage	$I = 3.2\text{ mA}$ (2 TTL Loads), $T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$		0.10	0.40	V
			± 0.05	1.0	μA
SUPPLY CURRENT					
LM131, LM131A, LM231,	$V_S = 5\text{V}$	2.0	3.0	4.0	mA
LM231A	$V_S = 40\text{V}$	2.5	4.0	6.0	mA
LM331, LM331A	$V_S = 5\text{V}$	1.5	3.0	6.0	mA
	$V_S = 40\text{V}$	2.0	4.0	8.0	mA
<p>Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.</p> <p>Note 2: All specifications apply in the circuit of Figure 3, with $4.0\text{V} \leq V_{\text{in}} \leq 40\text{V}$, unless otherwise noted.</p> <p>Note 3: Nonlinearity is defined as the deviation of f_{zero} from $V_{\text{zero}} \times (10\text{ kHz} / -10\text{ V}_{\text{zero}})$ when the circuit has been trimmed for zero error at 10 Hz and at 10 kHz, over the frequency range 1 Hz to 11 kHz. For the timing capacitor, C_{int} use NPO ceramic, Teflon®, or polystyrene.</p> <p>Note 4: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.</p>					



May 1999

LM135/LM235/LM335, LM135A/LM235A/LM335A Precision Temperature Sensors

General Description

The LM135 series are precision, easily-calibrated, integrated circuit temperature sensors. Operating as a 2-terminal zener, the LM135 has a breakdown voltage directly proportional to absolute temperature at +10 mV/K. With less than 1Ω dynamic impedance the device operates over a current range of 400 μA to 5 mA with virtually no change in performance. When calibrated at 25°C the LM135 has typically less than 1°C error over a 100°C temperature range. Unlike other sensors the LM135 has a linear output.

Applications for the LM135 include almost any type of temperature sensing over a -55°C to +150°C temperature range. The low impedance and linear output make interfacing to readout or control circuitry especially easy.

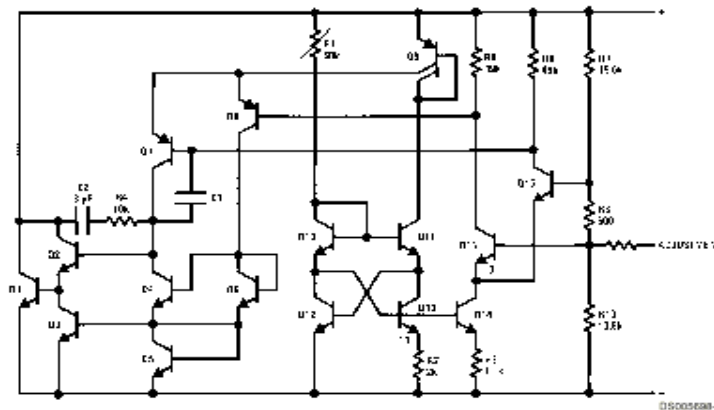
The LM135 operates over a -55°C to +150°C temperature range while the LM235 operates over a -40°C to +125°C

temperature range. The LM335 operates from -40°C to +100°C. The LM135/LM235/LM335 are available packaged in hermetic TO-46 transistor packages while the LM335 is also available in plastic TO-92 packages.

Features

- Directly calibrated in °Kelvin
- 1°C initial accuracy available
- Operates from 400 μA to 5 mA
- Less than 1Ω dynamic impedance
- Easily calibrated
- Wide operating temperature range
- 200°C overrange
- Low cost

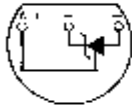
Schematic Diagram



LM135/LM235/LM335, LM135A/LM235A/LM335A Precision Temperature Sensors

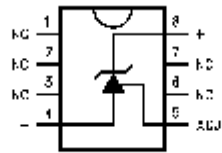
Connection Diagrams

**TO-92
Plastic Package**



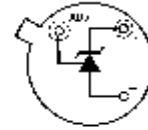
Bottom View
Order Number LM335Z
or LM335AZ
See NS Package
Number Z03A

**SO-8
Surface Mount Package**



Order Number LM335M
See NS Package
Number M08A

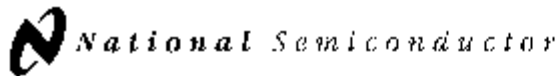
**TO-46
Metal Can Package***



*Case is connected to negative pin

Bottom View
Order Number LM135H,
LM135H-MIL, LM235H,
LM335H, LM135AH,
LM235AH or LM335AH
See NS Package
Number H03H

<p>Absolute Maximum Ratings (Note 4)</p> <p>If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.</p>		<p>Specified Operating Temp. Range</p> <table border="0"> <tr> <td></td> <td>Continuous</td> <td>Intermittent (Note 2)</td> </tr> <tr> <td>LM135, LM135A</td> <td>-55°C to +150°C</td> <td>150°C to 200°C</td> </tr> <tr> <td>LM235, LM235A</td> <td>-40°C to +125°C</td> <td>125°C to 150°C</td> </tr> <tr> <td>LM335, LM335A</td> <td>-40°C to +100°C</td> <td>100°C to 125°C</td> </tr> </table>							Continuous	Intermittent (Note 2)	LM135, LM135A	-55°C to +150°C	150°C to 200°C	LM235, LM235A	-40°C to +125°C	125°C to 150°C	LM335, LM335A	-40°C to +100°C	100°C to 125°C
	Continuous	Intermittent (Note 2)																	
LM135, LM135A	-55°C to +150°C	150°C to 200°C																	
LM235, LM235A	-40°C to +125°C	125°C to 150°C																	
LM335, LM335A	-40°C to +100°C	100°C to 125°C																	
Reverse Current	15 mA	Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)																	
Forward Current	10 mA	TO-92 Package: 260°C																	
Storage Temperature		TO-46 Package: 300°C																	
TO-46 Package	-60°C to +180°C	SO-8 Package: 300°C																	
TO-92 Package	-60°C to +150°C	Vapor Phase (60 seconds): 215°C																	
SO-8 Package	-65°C to +150°C	Infrared (15 seconds): 220°C																	
<p>Temperature Accuracy (Note 1)</p> <p>LM135/LM235, LM135A/LM235A</p>																			
Parameter	Conditions	LM135A/LM235A			LM135/LM235			Units											
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max												
Operating Output Voltage	T _C = 25°C, I _R = 1 mA	2.97	2.98	2.99	2.95	2.98	3.01	V											
Uncalibrated Temperature Error	T _C = 25°C, I _R = 1 mA		0.5	1		1	3	°C											
Uncalibrated Temperature Error	T _{MIN} ≤ T _C ≤ T _{MAX} , I _R = 1 mA		1.3	2.7		2	5	°C											
Temperature Error with 25°C Calibration	T _{MIN} ≤ T _C ≤ T _{MAX} , I _R = 1 mA		0.3	1		0.5	1.5	°C											
Calibrated Error at Extended Temperatures	T _C = T _{MAX} (Intermittent)		2			2		°C											
Non-Linearity	I _R = 1 mA		0.3	0.5		0.3	1	°C											
<p>Temperature Accuracy (Note 1)</p> <p>LM335, LM335A</p>																			
Parameter	Conditions	LM335A			LM335			Units											
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max												
Operating Output Voltage	T _C = 25°C, I _R = 1 mA	2.95	2.98	3.01	2.92	2.98	3.04	V											
Uncalibrated Temperature Error	T _C = 25°C, I _R = 1 mA		1	3		2	6	°C											
Uncalibrated Temperature Error	T _{MIN} ≤ T _C ≤ T _{MAX} , I _R = 1 mA		2	5		4	9	°C											
Temperature Error with 25°C Calibration	T _{MIN} ≤ T _C ≤ T _{MAX} , I _R = 1 mA		0.5	1		1	2	°C											
Calibrated Error at Extended Temperatures	T _C = T _{MAX} (Intermittent)		2			2		°C											
Non-Linearity	I _R = 1 mA		0.3	1.5		0.3	1.5	°C											
<p>Electrical Characteristics (Note 1)</p>																			
Parameter	Conditions	LM135/LM235 LM135A/LM235A			LM335 LM335A			Units											
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max												
Operating Output Voltage Change with Current	400 μA ≤ I _R ≤ 5 mA At Constant Temperature		2.5	10		3	14	mV											
Dynamic Impedance	I _R = 1 mA		0.5			0.6		Ω											
Output Voltage Temperature Coefficient			+10			+10		mV/°C											
Time Constant	Still Air		80			80		sec											
	100 ft/Min Air		10			10		sec											
	Stirred Oil		1			1		sec											
Time Stability	T _C = 125°C		0.2			0.2		°C/chr											



July 1999

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in $^{\circ}$ Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^{\circ}$ C at room temperature and $\pm 3/4^{\circ}$ C over a full -55 to $+150^{\circ}$ C temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60 \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1° C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^{\circ}$ C temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^{\circ}$ C range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available packaged in

hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in $^{\circ}$ Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/ $^{\circ}$ C scale factor
- 0.5° C accuracy guaranteeable (at $+25^{\circ}$ C)
- Rated for full -55° to $+150^{\circ}$ C range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60 \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08° C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^{\circ}$ C typical
- Low impedance output, 0.1Ω for 1 mA load

Typical Applications

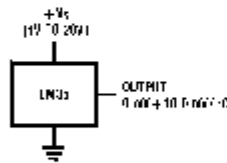
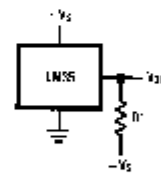


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^{\circ}$ C to $+150^{\circ}$ C)



Choose $R_1 = -V_S/50 \mu\text{A}$
 $V_{OUT} = +1,500 \text{ mV}$ at $+150^{\circ}\text{C}$
 $= +250 \text{ mV}$ at $+25^{\circ}\text{C}$
 $= -550 \text{ mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

TRI-STATE[™] is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

Connection Diagrams

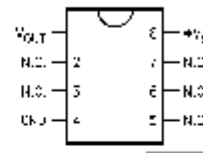
**TO-46
Metal Can Package***



*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH
See NS Package Number H03H

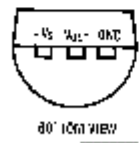
**SO-8
Small Outline Molded Package**



N.C. = No Connection

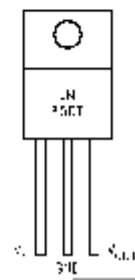
Top View
Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

**TO-92
Plastic Package**



Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

**TO-220
Plastic Package***

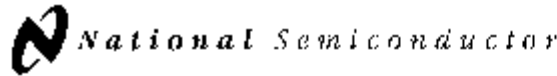


*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT
See NS Package Number TA03F

Absolute Maximum Ratings (Note 10)									
If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.									
Supply Voltage	+35V to -0.2V			TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)				260°C	
Output Voltage	+6V to -1.0V			SO Package (Note 12)				215°C	
Output Current	10 mA			Vapor Phase (60 seconds)				220°C	
Storage Temp.:				Infrared (15 seconds)				2500V	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C			ESD Susceptibility (Note 11)					
TO-92 Package,	-60°C to +150°C			Specified Operating Temperature Range: T _{MIN} to T _{MAX}					
SO-8 Package,	-65°C to +150°C			(Note 2)					
TO-220 Package,	-65°C to +150°C			LM35, LM35A				-55°C to +150°C	
Lead Temp.:				LM35C, LM35CA				-40°C to +110°C	
TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C			LM35D				0°C to +100°C	
Electrical Characteristics									
(Notes 1, 6)									
Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)	
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)		
Accuracy (Note 7)	T _A =+25°C	±0.2	±0.5		±0.2	±0.5		°C	
	T _A =-10°C	±0.3			±0.3		±1.0	°C	
	T _A =T _{MAX}	±0.4	±1.0		±0.4	±1.0		°C	
	T _A =T _{MIN}	±0.4	±1.0		±0.4		±1.5	°C	
Nonlinearity (Note 8)	T _{MIN} ≤ T _A ≤ T _{MAX}	±0.18		±0.35	±0.15		±0.3	°C	
Sensor Gain (Average Slope)	T _{MIN} ≤ T _A ≤ T _{MAX}	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C	
Load Regulation (Note 3) 0 ≤ I _L ≤ 1 mA	T _A =+25°C	±0.4	±1.0		±0.4	±1.0		mV/mA	
	T _{MIN} ≤ T _A ≤ T _{MAX}	±0.5		±3.0	±0.5		±3.0	mV/mA	
Line Regulation (Note 3)	T _A =+25°C	±0.01	±0.05		±0.01	±0.05		mV/V	
	4V ≤ V _{ES} ≤ 30V	±0.02		±0.1	±0.02		±0.1	mV/V	
Quiescent Current (Note 9)	V _{ES} =+5V, +25°C	56	67		56	67		µA	
	V _{ES} =+5V	105		131	91		114	µA	
	V _{ES} =+30V, +25°C	56.2	68		56.2	68		µA	
	V _{ES} =+30V	105.5		133	91.5		116	µA	
Change of Quiescent Current (Note 3)	4V ≤ V _{ES} ≤ 30V, +25°C	0.2	1.0		0.2	1.0		µA	
	4V ≤ V _{ES} ≤ 30V	0.5		2.0	0.5		2.0	µA	
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	µA/°C	
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, I _L =0	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C	
Long Term Stability	T _J =T _{MAX} , for 1000 hours	±0.08			±0.08			°C	



September 1999

LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers

General Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

The LM358 is also available in a chip sized package (8-Bump micro SMD) using National's micro SMD package technology.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.
- The unity gain cross frequency is temperature compensated.
- The input bias current is also temperature compensated.

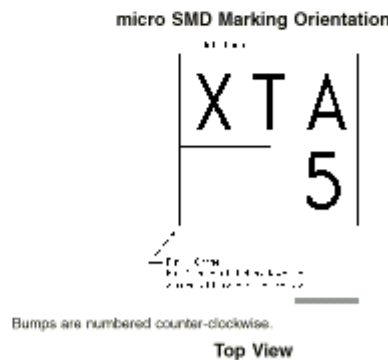
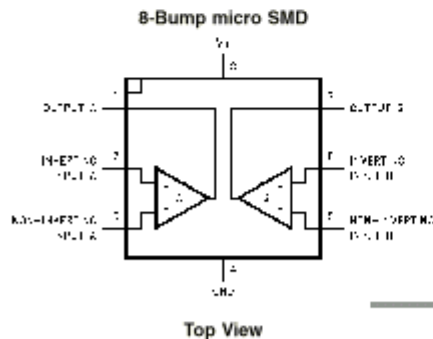
Advantages

- Two internally compensated op amps
- Eliminates need for dual supplies
- Allows direct sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation
- Pin-out same as LM1558/LM1458 dual op amp

Features

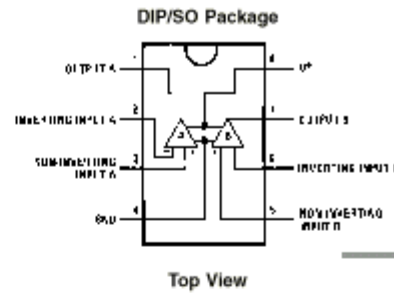
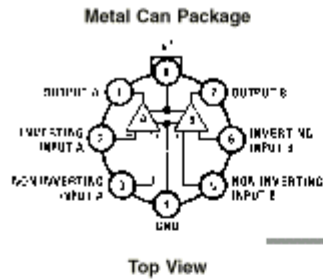
- Available in 8-Bump micro SMD chip sized package, (See AN-1112)
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large dc voltage gain: 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain): 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
 - Single supply: 3V to 32V
 - or dual supplies: $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very low supply current drain (500 μA) — essentially independent of supply voltage
- Low input offset voltage: 2 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing: 0V to $V^+ - 1.5V$

Connection Diagrams



LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers

Connection Diagrams (Continued)



Ordering Information

Package	Temperature Range				NSC Drawing
	-55°C to 125°C	-25°C to 85°C	0°C to 70°C	-40°C to 55°C	
SO-8			LM358AM LM358M	LM2904M	M08A
8-Pin Molded DIP			LM358AN LM358N	LM2904N	N08E
8-Pin Ceramic DIP	LM158AJ/883(Note 1) LM158J/883(Note 1) LM158J LM158AJLQML(Note 2) LM158AJQMLV(Note 2)				J08A
TO-5, 8-Pin Metal Can	LM158AH/883(Note 1) LM158H/883(Note 1) LM158AH LM158H LM158AHLQML(Note 2) LM158AHLQMLV(Note 2)	LM258H	LM358H		H08C
8-Bump micro SMD			LM358BP LM358BPX		BPA08AAA

Note 1: LM158 is available per SMD #5962-8771001
LM158A is available per SMD #5962-8771002
Note 2: See STD MI DWG 5962L87710 for Radiation Tolerant Devices

Absolute Maximum Ratings (Note 11)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

	LM158/LM258/LM358 LM158A/LM258A/LM358A	LM2904
Supply Voltage, V*	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Power Dissipation (Note 3)		
Molded DIP	830 mW	830 mW
Metal Can	550 mW	
Small Outline Package (M)	530 mW	530 mW
micro SMD	435mW	
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 4) V* ≤ 15V and T _A = 25°C	Continuous	Continuous
Input Current (V _{IN} < -0.3V) (Note 5)	50 mA	50 mA
Operating Temperature Range		
LM358	0°C to +70°C	-40°C to +85°C
LM258	-25°C to +85°C	
LM158	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature, DIP (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Lead Temperature, Metal Can (Soldering, 10 seconds)	300°C	300°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 12)	250V	250V

Electrical Characteristics

V* = +5.0V, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 7), T _A = 25°C	1	2		2	3		2	5		mV
Input Bias Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , T _A = 25°C, V _{CM} = 0V, (Note 8)	20	50		45	100		45	150		nA
Input Offset Current	I _{IN(+)} - I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C	2	10		5	30		3	30		nA
Input Common-Mode Voltage Range	V* = 30V, (Note 9) (LM2904, V* = 26V), T _A = 25°C	0	V*-1.5		0	V*-1.5		0	V*-1.5		V
Supply Current	Over Full Temperature Range R _L = ∞ on All Op Amps V* = 30V (LM2904 V* = 26V) V* = 5V	1	2		1	2		1	2		mA
		0.5	1.2		0.5	1.2		0.5	1.2		mA

SDLS043

**SN54122, SN54123, SN54130, SN54LS122, SN54LS123,
SN74122, SN74123, SN74130, SN74LS122, SN74LS123
RETRIGGERABLE MONOSTABLE MULTIVIBRATORS**

DECEMBER 1983 — REV SED MARCH 1988

- D-C Triggered from Active-High or Active-Low Gated Logic Inputs
- Retriggerable for Very Long Output Pulses, Up to 100% Duty Cycle
- Overriding Clear Terminates Output Pulse
- '122 and 'LS122 Have Internal Timing Resistors

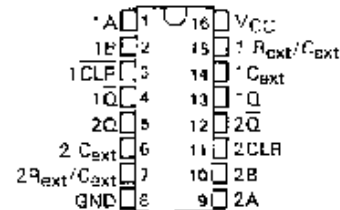
description

These d-c triggered multivibrators feature output pulse-duration control by three methods. The basic pulse time is programmed by selection of external resistance and capacitance values (see typical application data). The '122 and 'LS122 have internal timing resistors that allow the circuits to be used with only an external capacitor, if so desired. Once triggered, the basic pulse duration may be extended by retriggering the gated low-level-active (A) or high-level-active (B) inputs, or be reduced by use of the overriding clear. Figure 1 illustrates pulse control by retriggering and early clear.

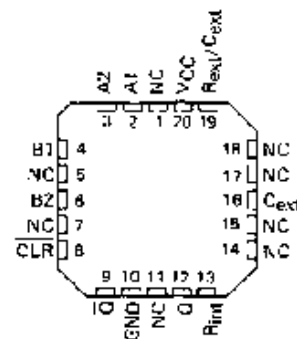
The 'LS122 and 'LS123 are provided enough Schmitt hysteresis to ensure jitter-free triggering from the B input with transition rates as slow as 0.1 millivolt per nanosecond.

The R_{int} is nominal 10 kΩ for '122 and 'LS'22.

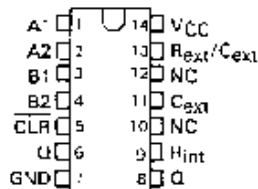
SN54123, SN54130, SN54LS123 . . . J OR W PACKAGE
SN74123, SN74130 . . . N PACKAGE
SN74LS123 . . . D OR N PACKAGE
(TOP VIEW) (SEE NOTES 1 THRU 4)



SN54LS122 . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW) (SEE NOTES 1 THRU 4)

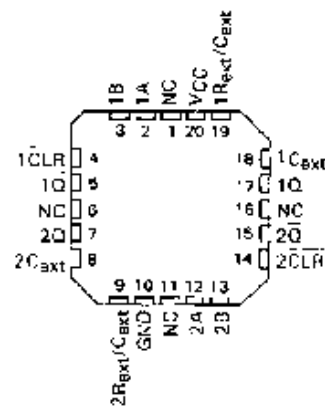


SN54122, SN54LS122 . . . J OR W PACKAGE
SN74122 . . . N PACKAGE
SN74LS122 . . . D OR N PACKAGE
(TOP VIEW) (SEE NOTES 1 THRU 4)



- NOTES: 1. An external timing capacitor may be connected between C_{ext} and R_{ext}/C_{ext} (positive).
2. To use the internal timing resistor of '122 or 'LS122, connect R_{int} to VCC.
3. For improved pulse duration accuracy and repeatability, connect an external resistor between R_{ext}/C_{ext} and VCC with R_{int} open-circuited.
4. To obtain variable pulse durations, connect an external variable resistance between R_{int} or R_{ext}/C_{ext} and VCC.

SN54LS123 . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW) (SEE NOTES 1 THRU 4)



NC: No internal connection

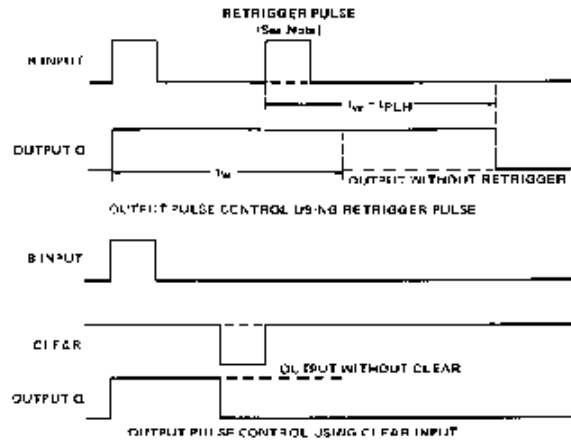
PRODUCTION DATA documents contain information current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



PRINTED IN U.S.A. 304 855303 - DALLAS, TEXAS 75266

**SN54122, SN54123, SN54130, SN54LS122, SN54LS123,
SN74122, SN74123, SN74130, SN74LS122, SN74LS123
RETRIGGERABLE MONOSTABLE MULTIVIBRATORS**

description (continued)



NOTE: Retrigger pulses starting before $0.22 C_{EXT}$ (in picoseconds) nanoseconds after the initial trigger pulse will be ignored and the output duration will remain unchanged.

FIGURE 1—TYPICAL INPUT/OUTPUT PULSES

'122, 'LS122
FUNCTION TABLE

CLEAR	INPUTS				OUTPUTS	
	A1	A2	B1	B2	Q	\bar{Q}
L	X	X	X	X	L	H
X	H	H	X	X	L [†]	H [†]
X	X	X	L	X	L [†]	H [†]
X	X	X	X	L	L [†]	H [†]
H	L	X	†	H	\bar{Q}	Q
H	L	X	†	†	\bar{Q}	Q
H	X	L	†	H	\bar{Q}	Q
H	X	L	†	†	\bar{Q}	Q
H	H	X	†	H	\bar{Q}	Q
H	X	X	†	H	\bar{Q}	Q
H	†	†	†	H	\bar{Q}	Q
H	†	H	H	H	\bar{Q}	Q
†	L	X	H	H	\bar{Q}	Q
†	X	L	H	H	\bar{Q}	Q

'123, '130, 'LS123
FUNCTION TABLE

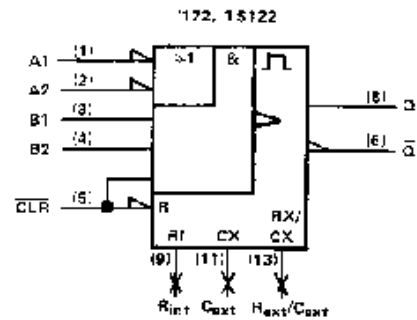
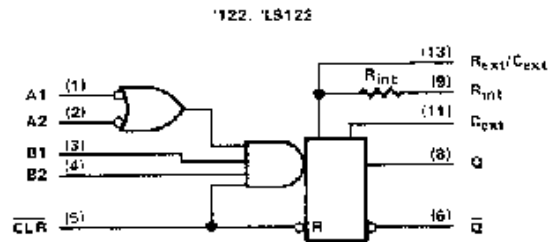
CLEAR	INPUTS		OUTPUTS	
	A	B	Q	\bar{Q}
L	X	X	L	H
X	H	X	L [†]	H [†]
X	X	L	L [†]	H [†]
H	L	†	\bar{Q}	Q
H	†	†	\bar{Q}	Q

see explanation of function tables on page
† These lines of the functional table assume that the indicated steady-state conditions at the A and B inputs have been set up long enough to complete any pulse started before this set up.

**SN54122, SN54123, SN54130, SN54LS122, SN54LS123,
SN74122, SN74123, SN74130, SN74LS122, SN74LS123
RETRIGGERABLE MONOSTABLE MULTIVIBRATORS**

logic diagram (positive logic)

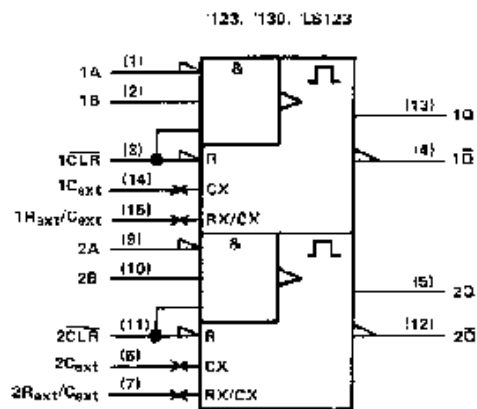
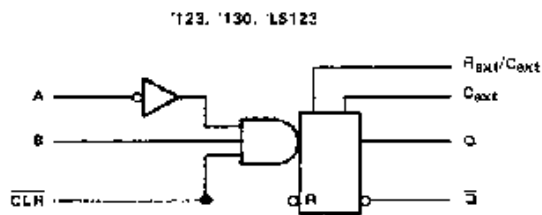
logic symbol†



R_{int} is nominally 10 kΩ for 122 and LS122

logic diagram (positive logic) (each multivibrator)

logic symbol†



Pin numbers shown are for C, J, N, and W packages.

† These symbols are in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication B17-12.

8-channel analogue multiplexer/demultiplexer

HEF4051B MSI

DESCRIPTION

The HEF4051B is an 8-channel analogue multiplexer/demultiplexer with three address inputs (A_0 to A_2), an active LOW enable input (\bar{E}), eight independent inputs/outputs (Y_0 to Y_7) and a common input/output (Z).

The device contains eight bidirectional analogue switches, each with one side connected to an independent input/output (Y_0 to Y_7)

and the other side connected to a common input/output (Z).

With \bar{E} LOW, one of the eight switches is selected (low impedance ON-state) by A_0 to A_2 . With \bar{E} HIGH, all switches are in the high impedance OFF-state, independent of A_0 to A_2 .

V_{DD} and V_{SS} are the supply voltage connections for the digital control inputs (A_0 to A_2 , and \bar{E}).

The V_{DD} to V_{SS} range is 3 to 15 V.

The analogue inputs/outputs (Y_0 to Y_7 , and Z) can swing between V_{DD} as a positive limit and V_{EE} as a negative limit. $V_{DD}-V_{EE}$ may not exceed 15 V.

For operation as a digital multiplexer/demultiplexer, V_{EE} is connected to V_{SS} (typically ground).

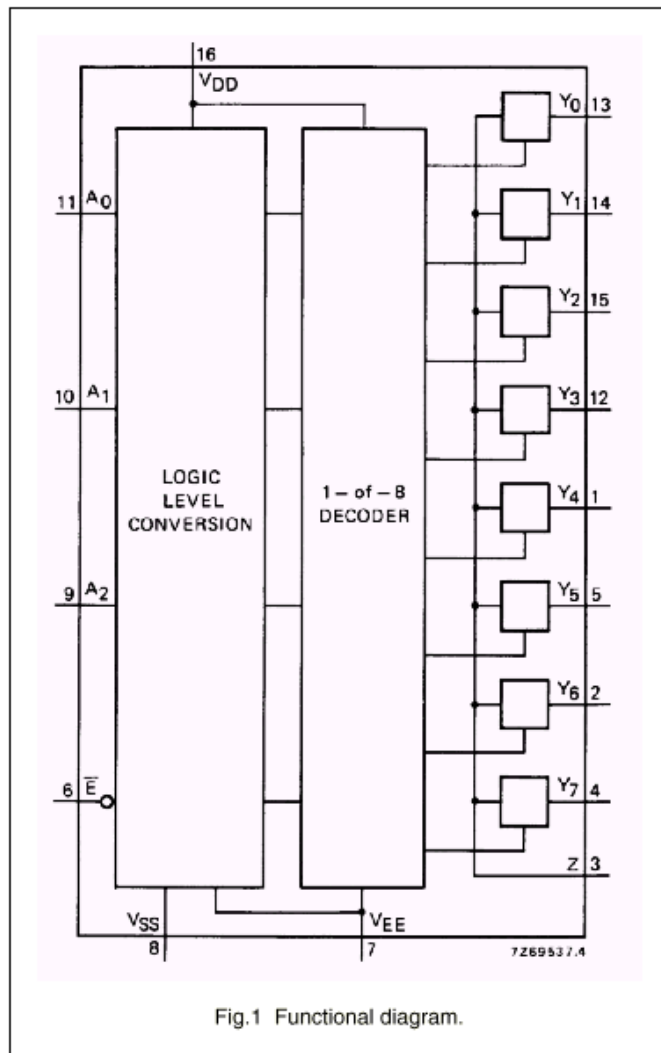


Fig.1 Functional diagram.

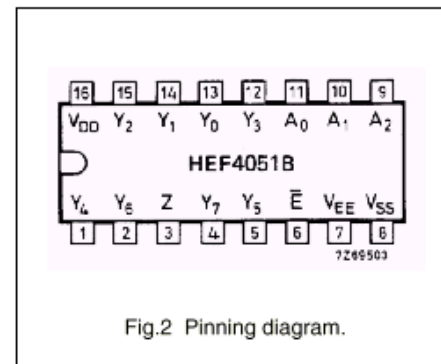


Fig.2 Pinning diagram.

- HEF4051BP(N): 16-lead DIL; plastic (SOT38-1)
- HEF4051BD(F): 16-lead DIL; ceramic (cerdip) (SOT74)
- HEF4051BT(D): 16-lead SO; plastic (SOT109-1)
- (): Package Designator North America

PINNING

- Y_0 to Y_7 independent inputs/outputs
- A_0 to A_2 address inputs
- \bar{E} enable input (active LOW)
- Z common input/output

FAMILY DATA, I_{DD} LIMITS category MSI

See Family Specifications.

8-channel analogue multiplexer/demultiplexer

HEF4051B
MSI

DC CHARACTERISTICS

T_{amb} = 25 °C

	V _{DD} -V _{EE} V	SYMBOL	TYP.	MAX.		CONDITIONS
ON resistance	5	R _{ON}	350	2500	Ω	V _{IS} = 0 to V _{DD} -V _{EE} see Fig.6
	10		80	245	Ω	
	15		60	175	Ω	
ON resistance	5	R _{ON}	115	340	Ω	V _{IS} = 0 see Fig.6
	10		50	160	Ω	
	15		40	115	Ω	
ON resistance	5	R _{ON}	120	365	Ω	V _{IS} = V _{DD} -V _{EE} see Fig.6
	10		65	200	Ω	
	15		50	155	Ω	
'Δ' ON resistance between any two channels	5	ΔR _{ON}	25	-	Ω	V _{IS} = 0 to V _{DD} -V _{EE} see Fig.6
	10		10	-	Ω	
	15		5	-	Ω	
OFF-state leakage current, all channels OFF	5	I _{OZZ}	-	-	nA	E ₁ at V _{DD} V _{SS} = V _{EE}
	10		-	-	nA	
	15		-	1000	nA	
OFF-state leakage current, any channel	5	I _{OZY}	-	-	nA	E ₁ at V _{SS} V _{SS} = V _{EE}
	10		-	-	nA	
	15		-	200	nA	

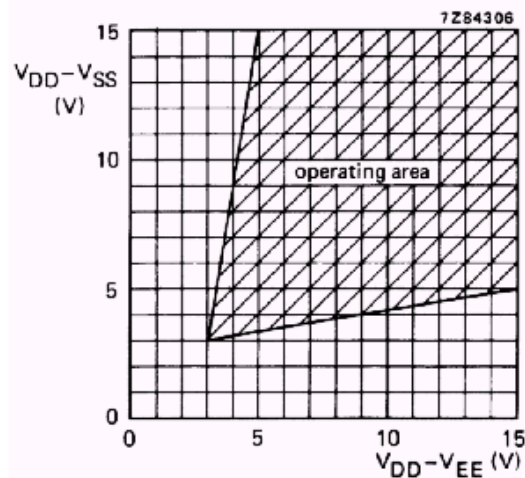


Fig.5 Operating area as a function of the supply voltages.

APÉNDICE D

LIBRERÍAS DEL SISTEMA DE DESARROLLO DYNAMIC C

Las librerías del sistema *Dynamic C (SYS.LIB)* consisten en una colección de funciones que pueden ser llamadas desde el ambiente de programación *Dynamic C*. El tamaño total de todas las funciones no incluye librerías de la tarjeta controladora, es cerca de 20 K bytes de código.

Las funciones que se describen en este apéndice utilizan los tipos de variable que se presentan a continuación:

uint entero sin signo (*int*).
ulong largo sin signo (*long*).
byte tipo *char* el cual no es carácter.

HARDWARE DEL Z180 PARA FUNCIONES DE INTERFACE

El siguiente grupo de funciones desempeña instrucciones de entradas y salidas y colocan y prueban los registros especiales y banderas del microprocesador *Z180*.

- ◆ *void DI ()*
void EI ()

DI deshabilita interrupciones.

El habilita interrupciones.

- ◆ *int hitwd ()*
int werror ()

El contador de seguridad (*watchdog*) desempeñara la función de un interruptor que reinicializa el programa si es habilitado. La función *hitwd* reinicializa el *watchdog*. La función *werror* regresa 1 cuando la última reinicialización por hardware fue hecha por el contador *watchdog* y 0 en otro caso.

- ◆ *uint address (uint inport)*
Void outport (uint address, byte value)

Estas funciones, usan 16 bits de direcciones. Estas trabajarán con los registros de entrada/salida del microcontrolador Z-180.

SALIDAS DIGITALES

- ◆ *int up_setout (int channel, int value)*

Esta función habilita la salida digital, *channel* puede tomar valores de 1 a 14 (número de salida digital) y *value* puede tomar el valor de 0 o 1 (encendido y apagado respectivamente).

CONTADORES RÁPIDOS DMA

- ◆ *void DMAAnCount (uint count)*

Carga el canal *n* (0 o 1) con el valor de *count* y habilita la interrupción del canal *n*. La función coloca en cero la bandera *DMAFLAGn*. Cuando un valor negativo de *count* ha sido detectado, el canal causará una interrupción y la rutina de servicio de interrupción colocará un uno en la bandera *DMAFLAGn*. Un programa puede monitorear esta bandera y determinar el número de cuentas que han ocurrido.

- ◆ *uint DMASnapShot (byte channel, uint *counter)*

Esta función lee el número de pulsos del canal *DMA* (0 o 1) que han sido contados. El contador *DMA* es inicializado con una o dos funciones precedentes. Si el canal *DMA* esta contando rápidamente para establecer una lectura con el valor de la cuenta, la función regresa un cero, por el contrario si la función lee valores de cuenta estables regresa un uno y coloca el parámetro *count*.

RELOJ CON BATERÍA DE RESPALDO

El reloj con batería de respaldo es un *Epson 72421*. Almacena la fecha y hora con resolución de un segundo y precisión de un segundo por día. La siguiente estructura es utilizada para modificar la fecha y hora:

```
struct tm {
    char tm_sec;        // 0-59
    char tm_min;        // 0-59
    char tm_hour;       // 0-23
    char tm_mday;       // 1-31
    char tm_mon;        // 1-12
    char tm_year;       // 0-150 (1900-2050)
    char tm_wday;       // 0-6 donde 0 es Domingo
};
```

Las siguientes rutinas leen y escriben en el reloj:

```
int tm_wr (struct tm *x);    // escribe al reloj

int tm_rd (struct tm *x);    // lee el reloj
```

CONTROLADOR VIRTUAL

El controlador virtual es un *software* que es activado mediante interrupciones periódicas (25 milisegundos), la cual proporciona servicios para los programas de aplicación, estos servicios incluyen:

- ◆ Correr en tiempo real, segundos o milisegundos de reloj.
- ◆ Explorar las entradas digitales y colocar las salidas digitales.
- ◆ Proporcionar contadores de seguridad virtuales “*Watchdog*”.
- ◆ Proporcionar conductor de reloj para la opción kernel de tiempo real.
- ◆ Proporciona más de 10 contadores por software.

Los siguientes interruptores encienden el servicio del controlador virtual. Si deshabilita el servicio sale el interruptor indefinidamente.

- ◆ *#define NOTIMERS*

Deshabilita los contadores virtuales.

- ◆ *#define N_WATCHDOG nn*

Especifica el número de contadores virtuales a utilizar.

◆ *#define RUNKERNEL*

Peticiona el kernel de tiempo real, el cual será inicializado.

COMUNICACIÓN SERIAL RS232

La *Z-World* cuenta con dos puertos de comunicación serial RS232 que soporta librerías para el Z-180 puertos 0 y 1, y la tarjeta de expansión RS232 a través del *PLCBus*. Las funciones soportan comunicación serial incluyendo:

- ◆ Inicialización del puerto serial.
- ◆ Monitoreo y lectura del *buffer* de recepción circular.
- ◆ Monitoreo y escritura en el *buffer* de transmisión circular.
- ◆ Opción de *echo*.
- ◆ Control CTS (clear to send) y RTS (request to send).
- ◆ Protocolo *XMODEM*.
- ◆ Opción de *MODEM*.

SOFTWARE DE SOPORTE RS232

- ◆ *int Dinit_Z0 (void *rbuf, void *tbuf, int rsize, int tsize, byte mode, byte baud, byte modem, byte echo);*

Esta función inicializa el puerto 0 del *Z-180* para comunicación.

rbuf apuntador del *buffer* de recepción.

tbuf apuntador del *buffer* de transmisión.

rsize tamaño del *buffer* de recepción.

tsize tamaño del *buffer* de transmisión.

mode selecciona el modo de operación entre los siguientes:

bit 0	0	1 bit de stop.
	1	2 bits de stop.
bit 1	0	sin paridad.
	1	con paridad.
bit 2	0	7 bits de datos.
	1	8 bits de datos.
bit 3	0	paridad par.
	1	paridad impar.
bit 4	0	CTS, RTS deshabilitada.
	1	CTS, RTS habilitada.

baud la velocidad de transmisión/recepción es por multiples de 1200 (para 9600 es 8).

modem 1 con *modem*, 0 sin *modem*.

echo 1 todos los caracteres con *echo*, 0 sin *echo*.

◆ `int Dread_z01ch (char *ch)`

Lee el carácter del *buffer* de recepción circular. La función regresa 0 cuando el *buffer* esta vacío y 1 cuando el *byte* ha sido extraído.

◆ `int Dwrite_z01ch (char ch)`

Coloca un carácter en el buffer de transmisión, si no esta inicializada la transmisión, la función la habilita y regresa 0 cuando el buffer no tiene espacio para el carácter y 1 cuando ha sido escrita.

SOFTWARE PARA EL CONVERTIDOR ANALÓGICO-DIGITAL EXP-A/D 12

El uso de las funciones de la tarjeta de expansión generan una tabla de señal, ésta se declara con la siguiente estructura:

```
struct signal_rec adtab[size];
```

La constante *size* es el número de señal en la tabla, el valor de esta variable lo determina el tamaño de la aplicación.

Las funciones de librería definen varias constantes las cuales son:

```
#define BREG 0x0200 //suma la diorección para S3B  
#define BIPOLAR 0  
#define UNIPOLAR 1
```

◆ `int add_sig_table(int entry, uint addr, byte in_ch, byte mode, byte comp)`

Llena la tabla de señal de entrada, pasando los siguientes argumentos:

entry selecciona la tabla de entrada.
addr convertidor de 12 bits.
in_ch canal de lectura de entrada, 0-7.
mode modo de conversión, 0-17.
comp 1 usar coeficiente de compensación *EEPROM*.
0 sin compensación.

◆ `int plcad_addr (int board)`

Regresa los *12 bits* del *bus* de direcciones de la tarjeta de expansión, convertidor analógico-digital. Identificado por las direcciones lógicas 0-63.

◆ *float ad_conv (int entry, int value)*

Regresa el voltaje representado por 12 bits de entrada, asumiendo 2.5 V de escala, el termino *entry* identifica la señal en la tabla de señal de entrada.

◆ *int plad_rd12 (int mode)*

Regresa 12 bits del valor leído por el convertidor analógico-digital. El término *mode* especifica uno de los modos de conversión (0-17).

◆ *void set_mux (int entry)*

Coloca el multiplexor de la tarjeta de expansión de acuerdo con la señal de la tabla de entrada.

- ◆ *void mxdel18 ()*
- void mxdel19 ()*
- void mxdel120 ()*

Genera retardos de 450 μ s para procesadores de 18 MHz, 9 MHz y 20 MHz respectivamente.