

Escuela Politécnica Nacional
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

**CONTROL DE UN SISTEMA DE CAPTACION DE ENERGIA EOLICA
POR MEDIO DE UN COMPUTADOR**

Tesis Previa a la Obtención del Título de
Ingeniero en la especialización de Electrónica y Control

MARCELO PATRICIO OROZCO ALLAUCA

Quito, Noviembre de 1996

AGRADECIMIENTO

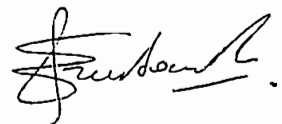
Un sincero agradecimiento al director de este trabajo, Ing. Patricio Burbano, por su ayuda incondicional; así como también a todas y cada una de las personas que colaboraron para la culminación de este trabajo.

DEDICATORIA

Al sacrificio de mis padres, por su inmenso apoyo brindado durante toda mi vida

CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo ha sido realizado en su totalidad por el señor Marcelo Patricio Orozco Allauca.



Ing. Patricio Burbano.
Director de Tesis

CAPITULO 1: INTRODUCCION

1.1 INTRODUCCION.....	1
1.2 ENERGIA EOLICA: FUENTE ALTERNATIVA DE ENERGIA.....	3
1.2.1 POTENCIA Y ENERGIA DEL VIENTO.....	3
1.2.1.1 Ecuaciones de Potencia y Energía.....	4
1.2.1.2 Curvas de Frecuencia de Velocidades.....	8
1.2.1.3 Curvas de duración de Potencia.....	10
1.2.2 CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA.....	10
1.2.3 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE LAS CARACTERISTICAS DEL VIENTO.....	11
1.2.3.1 Escala de Beaufort.....	11
1.2.3.2 Anemómetros.....	13
1.2.3.3 Anemoscopios o Medidores de Dirección.....	18
1.2.3.4 Anemocinemógrafos.....	21
1.2.3.5 Rosa de los Vientos.....	22
1.3 PROSPECCION DE ZONAS Y SITIOS DE INTERES CON POTENCIAL EOLICO.....	24
1.3.1 METODOLOGÍAS PARA LA PROSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE SITIOS.....	27
1.3.2 MEDICIONES IN SITU.....	29
1.4 APLICACIONES.....	30

CAPITULO 2 : DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL HARDWARE

2.1 DESCRIPCION GENERAL DEL EQUIPO.....	32
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS TRANSDUCTORES UTILIZADOS.....	35
2.2.1 ANEMOSCOPIO.....	35
2.2.2 TRANSDUCTOR DE VELOCIDAD.....	36
2.3 CIRCUITOS ACONDICIONADORES DE SEÑAL.....	38
2.3.1 ACONDICIONADOR DEL SENSOR DE DIRECCIÓN.....	38
2.3.2 ACONDICIONADOR PARA EL SENSOR DE VELOCIDAD.....	41

2.3.3 ACONDICIONADOR DEL VENTILADOR.....	44
2.3.4 ACONDICIONADOR PARA EL MOTOR DE PASOS.....	46
2.4 FUENTES DE ALIMENTACION.....	48
2.5 INTERFACE AL COMPUTADOR.....	49
2.5.1 PUERTO PARALELO DEL COMPUTADOR.....	49
2.5.1.1 Puerto Paralelo Original.....	49
2.5.1.2 Líneas de Datos.....	50
2.5.1.3 Líneas de Entrada.....	51
2.5.1.4 Líneas de Control.....	52
2.5.1.5 Pórticos Bidireccionales de Datos.....	53
2.5.1.6 Velocidad.....	54
2.5.1.7 Cables del Puerto Paralelo.....	55
2.5.1.8 Transmisión a largas distancias.....	56
2.5.2 INTERFACE AL PUERTO PARALELO.....	57
Tarjeta de Adquisición de Datos.....	57
2.6 MOTORES DE PASOS.....	62
2.6.1 CARACTERÍSTICAS Y PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES PASO A PASO.....	62
2.6.1.1 Motor tipo reluctancia variable.....	63
2.6.1.2 Motor paso a paso tipo imán permanente.-.....	66
2.6.2 APLICACIONES DE LOS MOTORES PASO A PASO.....	67
2.7 CARACTERISTICAS DE LOS ELEMENTOS ULIZADOS.....	68
2.7.1 CONVERTOR ANALOGO/DIGITAL.....	68
2.7.2 SWITCHES DIGITALES - CD 4066B.....	68
2.7.3 CONVERTOR DE FRECUENCIA / VOLTAJE - MC2917N.....	70
2.7.4 CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR DE PASOS UTILIZADO.....	72
2.7.5 DRIVER PARA EL MOTOR DE PASOS - MC 3479.....	73
2.7.6 SENSOR DE DIRECCIÓN - ANEMOSCOPIO TIPO 200P.....	74
2.7.7 SENSOR DE VELOCIDAD - ANEMÓMETRO MAXIMUM #40.....	74
2.8 ESQUEMA GENERAL DEL CIRCUITO.....	75
2.9 MONTAJE DEL PROTOTIPO.....	76

CAPITULO 3: DESARROLLO DEL SOFTWARE

3.1 GENERALIDADES	77
3.2 PROGRAMA EN BORLAND C++ PARA EL MANEJO DEL PUERTO PARALELO BAJO WINDOWS.....	80
3.3 DESCRIPCION GENERAL DE LOS FLUJOGRAMAS	84
3.3.1 PANTALLA DE PRESENTACION	84
3.3.2 PANTALLA PRINCIPAL.....	84
3.3.3 FLUJOGRAMA PARA LA TOMA DE INFORMACION DE LOS SENSORES.....	87
3.3.3.1 Lectura del Sensor de Velocidad	87
3.3.3.2 Lectura de la Dirección del Viento.....	87
3.3.3.3 Lectura de la velocidad del ventilador.	90
3.3.4 INICIALIZACION DEL MOTOR DE PASOS.....	90
3.3.5 CONTROL PARA EL POSICIONAMIENTO DEL VENTILADOR.....	90
3.3.6 ALMACENAMIENTO DE DATOS.....	94
3.4 INTERFACE GRAFICA INTERACTIVA.....	95
3.5 RUTINA DE INGRESO Y SALIDA DE DATOS	100
3.6 RUTINA DE GRAFICACION DE DATOS.....	106
3.6.1 GRÁFICO DE LA VELOCIDAD.....	106
3.6.2 GRAFICO DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO.....	114
3.6.3 MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VENTILADOR.....	111
3.7 RUTINA DE ALMACENAMIENTO EN UNA BASE DE DATOS	111
3.8 RUTINA DE CONTROL DE POSICION.....	112
3.9 RUTINA DE ESCALAS DE DATOS.....	115

CAPITULO 4 : PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 PRUEBAS Y RESULTADOS.....	115
4.1.1 PRUEBAS DE LOS SENSORES.....	115
4.1.1.1 Sensor de Dirección o Anemoscopio.....	115
4.1.1.2 Sensor de Velocidad o Anemómetro.....	117

4.1.2 PRUEBA DEL MOTOR A PASOS.....	118
4.1.3 PRUEBA DEL VENTILADOR.....	120
4.1.4 PRUEBAS DEL SISTEMA COMPLETO.....	120
4.1.5 PRUEBA DEL ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	125
4.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	125
4.2.1 CONCLUSIONES.....	125
4.2.2 RECOMENDACIONES.....	128
BIBLIOGRAFIA.....	130
ANEXOS.	
ANEXO 1	
Manual de uso del programa	132
ANEXO 2	
Características de los elementos	140
ANEXO 3	
Listado del programa	150

CAPITULO 1: INTRODUCCION

1.1 INTRODUCCION.....	1
1.2 ENERGIA EOLICA: FUENTE ALTERNATIVA DE ENERGIA.....	3
1.2.1 POTENCIA Y ENERGIA DEL VIENTO.....	3
1.2.1.1 Ecuaciones de Potencia y Energía.....	4
1.2.1.2 Curvas de Frecuencia de Velocidades.....	8
1.2.1.3 Curvas de duración de Potencia.....	10
1.2.2 CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA.....	10
1.2.3 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE LAS CARACTERISTICAS DEL VIENTO.....	11
1.2.3.1 Escala de Beaufort.....	11
1.2.3.2 Anemómetros.....	13
1.2.3.3 Anemoscopios o Medidores de Dirección.....	18
1.2.3.4 Anemocinemógrafos.....	21
1.2.3.5 Rosa de los Vientos.....	22
1.3 PROSPECCION DE ZONAS Y SITIOS DE INTERES CON POTENCIAL EOLICO.....	24
1.3.1 METODOLOGÍAS PARA LA PROSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE SITIOS.....	27
1.3.2 MEDICIONES IN SITU.....	29
1.4 APLICACIONES.....	30

1.1 INTRODUCCION.

La evolución y uso masivo de los computadores personales en aplicaciones industriales y domésticas permiten que éstos sean utilizados en control.

Se ha considerado conveniente utilizar uno de sus periféricos como es el caso del pórtico paralelo, para controlar la posición de un sistema de captación de la energía eólica, y así obtener mayor eficiencia todo el tiempo. Este trabajo se justifica dada la importancia que ha tomado en la actualidad la utilización del potencial eólico nacional y la factibilidad técnica de su utilización para el suministro de energía eléctrica. El objetivo de este trabajo es el de diseñar y construir un prototipo para el control de un instrumento de captación de energía eólica, lo cual permite un óptimo rendimiento de un sistema de generación.

En el presente trabajo se incluirá motores de pasos, los mismos que permiten construir sistemas muy simples de control de movimiento; por lo cual, se utilizan en una gran variedad de aplicaciones. La más cercanas a todos los usuarios de computadores es el manejo de cabezas de discos duros y flexibles de almacenamiento magnético, el mecanismo que controla el avance y posición de la cabeza en una impresora, robots industriales y didácticos. En fin, la naturaleza digital de este motor facilita el control de la posición del eje en muchas aplicaciones, porque se reduce a llevar la cuenta de los pasos o ángulos que avanza. Este sistema es más simple que los servomecanismos, en los cuales se debe detectar, en cada momento, la posición del eje del motor, lo que requiere de hardware y software un poco más

complejos. De allí que se ha decidido emplear éste, como elemento terminal para la consecución del presente objetivo.

Cabe señalar que la mayoría de trabajos realizados utilizan el pórtico serie a través del protocolo RS232 y muy poco se ha utilizado el pórtico paralelo. Para esta aplicación se utilizará el pórtico paralelo por su velocidad de transmisión y manejo de información por bytes.

Como ente manipulador de todo el sistema se usa un computador, éste recibe información de los sensores de velocidad y dirección del viento, y como elemento final de actuación se usa motores de pasos. Con este fin se procederá a diseñar y construir los circuitos de interface y acondicionamiento de señal.

En el capítulo 1, se hace un estudio de las características, prospección, medición y evaluación de la energía eólica, así como se especifican sus aplicaciones en la actualidad.

En el capítulo 2, se desarrolla un estudio de las características de los sensores de dirección y velocidad utilizados en el presente trabajo, así como un estudio de las características del pórtico y de los motores a pasos. Además se presenta el diseño y la construcción de la interface que enlaza al computador con los elementos antes mencionados; se utiliza para ello circuitos integrados nuevos, tal que agilicen y reduzcan el tamaño de la interface. Con esto se pretende aprovechar el surgimiento de nueva tecnología. Para tal efecto se ha conseguido elementos digitales (MC3479) que manejan y controlan directamente el motor a pasos.

Por otro lado, se añaden las protecciones adecuadas para prevenir posibles daños al pórtico y por ende al computador.

En el capítulo 3, se elabora un software interactivo bajo windows, que permita el control de posición de un instrumento de captación de energía eólica; así como el registro de la velocidad y dirección del viento. Se visualizan también la dirección y velocidad del viento, los estados de las líneas de control y botones que facilitan una rápida navegación, haciendo precisamente un software amigable para su manejo.

Adicionalmente se implementan rutinas para el ingreso y salidas de datos. Se trabaja en Visual Basic y Borland C++ para el desarrollo de las rutinas correspondientes.

En el capítulo 4, se realizan las pruebas pertinentes. Además se comentan los resultados y problemas que aparecieron en el desarrollo de este trabajo de tesis.

1.2 ENERGIA EOLICA: FUENTE ALTERNATIVA DE ENERGIA

1.2.1 POTENCIA Y ENERGIA DEL VIENTO.

En cuanto al fenómeno viento, el punto que interesa es el aprovechamiento energético del mismo. Visto el potencial eólico de un sitio como un recurso energético, es necesario evaluarlo y caracterizarlo para poder establecer las condiciones óptimas de operación del Sistema Conversor de Energía Eólica (SCEE), destinado a aprovechar este recurso bajo restricciones técnico -

económicas, fijadas por los límites prácticos como:

- Área de la sección transversal al flujo de aire, que es posible abarcar para extraer energía del viento; y,
- Altura sobre el nivel del suelo a la que es práctico realizar esta obtención de energía.

Por razones de tipo tecnológicas y económicas, únicamente el viento que fluye en los primeros 150 metros sobre el nivel del suelo es factible aprovechar con la actual tecnología, limitándose también el área unitaria barrida a la de una circunferencia con un diámetro de 100 metros [1].

A continuación se exponen las características de potencia y energía del viento.

1.2.1.1 Ecuaciones de Potencia y Energía.

El viento es aire en movimiento [2]. El aire tiene masa, aunque su densidad es baja y cuando ésta masa lleva cierta velocidad, el viento resultante tiene una energía cinética proporcional al producto $\frac{1}{2}$ masa x (velocidad)²

si ρ = La masa por unidad de volumen de aire (densidad)

V = Velocidad del viento.

[1] Serie: Documentos OLADE No.10. pág 19

[2] Serie: Documentos OLADE No. 10. pág 19

A = Una área que atraviese el viento.

La masa de aire que pasa por unidad de tiempo es ρAV , y la energía cinética que atraviesa el área por unidad de tiempo es :

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 \quad \text{Ec.1.1}$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad \text{Ec. 1.2}$$

Esta es la potencia total disponible por unidad de tiempo.

La densidad de potencia del viento, expresada en watts/m^2 en el plano vertical y a 10 m de altura, es una manera de definir el **potencial eólico** de un punto. Esta potencia por unidad de área es función directa del cubo de la velocidad del viento:

$$P/A = K \cdot V^3 \quad \text{Ec. 1.3}$$

donde K es una constante que depende de la densidad del aire y de las unidades en que se expresa la potencia y la velocidad. Esta expresión se conoce como la **ley del cubo** y es indicativa de porqué es necesario un registro continuo de velocidades para hacer una estimación correcta de su contenido energético, ya que existe una diferencia entre el cubo de la velocidad media y el promedio de los cubos de un conjunto de velocidades en una distribución dada. La figura 1.1 muestra gráficamente la relación entre velocidad y potencia.

Si matemáticamente se expresa el viento como un vector, éste en la realidad se

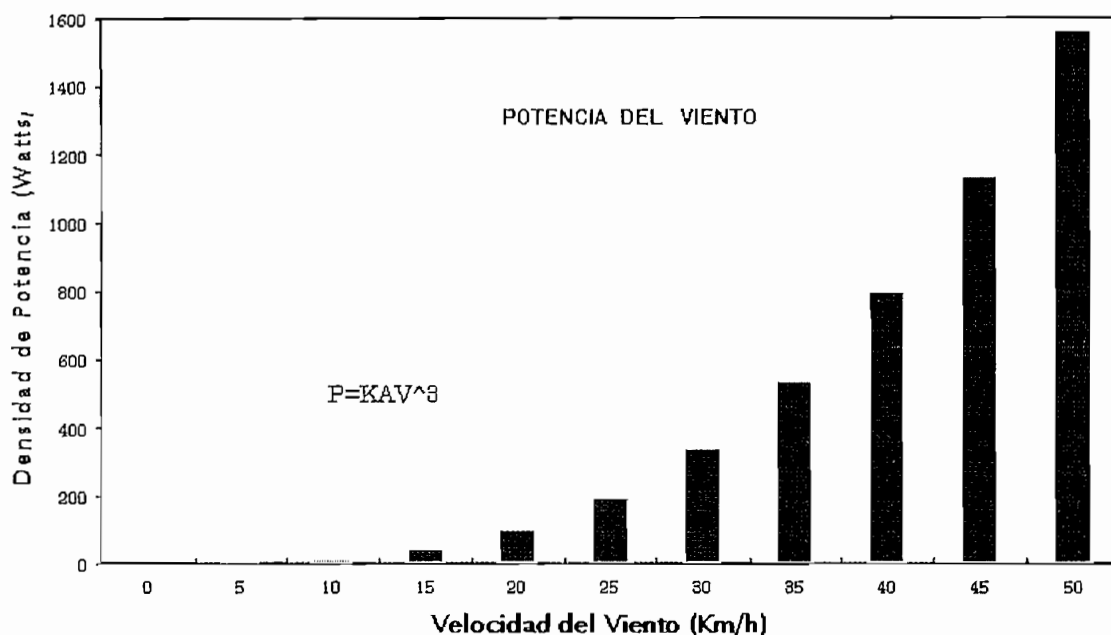


Fig. 1.1. Potencia en el viento

comporta de una manera aleatoria, variando su rumbo y velocidad de tal suerte que, cuando se expresa su potencia por unidad de área, se refiere a promedios estadísticos, obtenidos a partir de mediciones continuas anemográficas, por un período de un año al menos [3].

Siendo la potencia del viento proporcional al cubo de su velocidad, se aprecia que variaciones porcentualmente pequeñas en la velocidad del viento tienen una fuerte repercusión en cuanto a su potencia.

De toda la potencia del viento sólo es posible obtener una fracción, la que tiene un límite teórico establecido por el alemán Betz en 1927, por el cual un

[3] Serie: Documentos OLADE No.10. pág. 20

aeromotor ideal sólo puede extraer $16/27$ ó 59.3% de la potencia del viento[4] . Para obtener el 100% de la energía cinética del viento, sería necesario que el equipo conversor suprimiera el movimiento, reduciendo su velocidad hasta cero, lo cual es imposible.

De esta manera la ecuación que define la potencia aprovechable del viento, para condiciones ideales es:

$$P=0.593 K.A.V^3 \quad \text{Ec. 1.4}$$

Dadas las características aleatorias del viento, determinar su potencia y energía en un periodo de tiempo, será resultado de un análisis estadístico del rango de velocidad observado, y de la duración total de cada intervalo de velocidad. En esta forma, la energía del viento que atraviesa una unidad de área en un plano vertical, siempre perpendicular al viento, durante un período de tiempo, está dada por la expresión:

$$E = \sum_i^n P_i t_i \quad \text{Ec. 1.5}$$

$i=1.....n$, intervalos de velocidad de viento a los que corresponde una potencia (P_i) y una duración acumulada t_i .

La potencia media durante el período T será por tanto:

[4] Serie: Documentos OLADE No. 10. pág. 21

$$\bar{P} = \frac{E}{T} \quad \text{Ec. 1.6}$$

Para realizar el análisis de energía y potencia del viento, en un período dado, de la información obtenida de las velocidades del viento en el lugar bajo estudio, hacen uso de las siguientes representaciones gráficas:

- Curvas de frecuencia de velocidad
- Curvas de duración de velocidad
- Curvas de duración de potencia.

1.2.1.2 Curvas de frecuencia de velocidades.

Los registros continuos de velocidad del viento se traducen a una curva de frecuencia de velocidades, que en realidad corresponden a un histograma de velocidades, ver figura 1.2. Esta curva de distribución se hace para cada mes y para el año completo. Esto permite conocer, por rangos de velocidades, el porcentaje del tiempo total que le corresponde. Al agrupar los datos mensualmente, se determinan las variaciones estacionales y finalmente el comportamiento del viento a lo largo del año. Hacer una buena caracterización de la distribución de velocidades a lo largo del año, requiere de mediciones anemográficas por 5 años al menos, aunque se puede prescindir de éstas si se cuenta con información que permita establecer correlaciones. Esta información es indispensable para establecer la energía que contiene el viento y poder estimar así la que es potencialmente aprovechable en un período determinado.

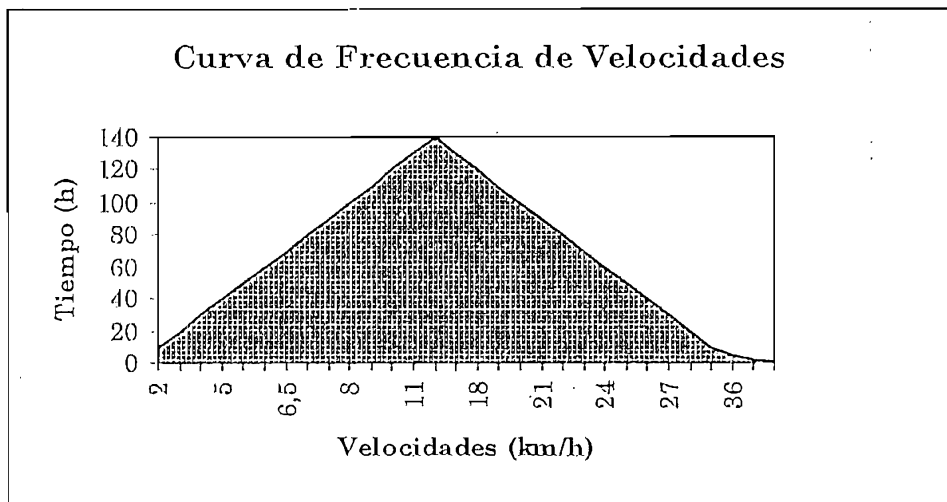


Fig.1.2 Curva de Frecuencia de Velocidades

Una forma útil de representar la distribución de frecuencia de velocidades durante un período dado, es con la curva de duración de velocidades, la misma que indica progresivamente el número de horas en que el viento tuvo una velocidad superior a los valores de cada ordenada. En la figura 1.3 se muestra la curva de duración de velocidades.

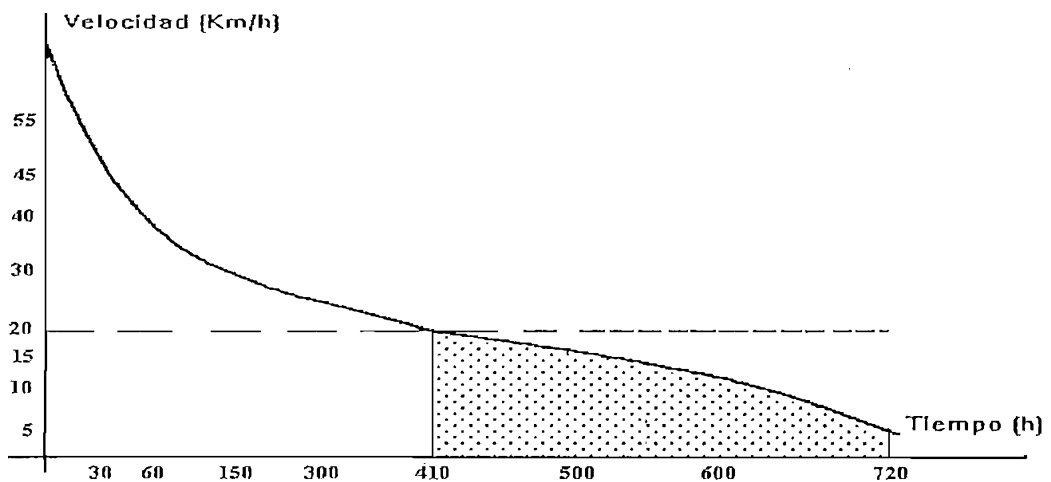


Figura 1.3 Curva de Duración de Velocidades

1.2.1.3 Curvas de duración de potencia.

La curva de duración de velocidades puede ser convertida en una curva de duración de potencia al cubrir los valores de las ordenadas y aplicar el coeficiente de proporcionalidad K , de esta forma se hace patente la importancia energética de un sitio relativo a otro al comparar las áreas bajo la curva que son indicativas de la energía del viento.

El uso de procedimientos computacionales para procesar información del viento, a partir de registros anemométricos continuos, ha desplazado este método de evaluación energética.

1.2.2 CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA.

La obtención de energía del viento se efectúa a través de sistemas aerodinámicos conversores, conocidos como Sistemas Conversores de Energía Eólica (SCEE). Un SCEE convierte la energía cinética del aire en energía mecánica de rotación. Esta energía puede a su vez ser convertida en otras formas de energía: eléctrica o térmica, o ser utilizada directamente como energía mecánica.

En todo cambio de una forma de energía a otra, se incurre en ciertas pérdidas. La relación de la energía disponible para su utilización y la energía primaria de donde se obtuvo, define la eficiencia del sistema de conversión.

En el caso de una turbina eólica, las pérdidas en el rotor pueden atribuirse a dos factores: al movimiento rotacional comunicado al aire por las aspas y a la

fricción contra el aire.

Para entender de mejor manera la conversión de la energía eólica se hace un breve estudio de los instrumentos de medición de las características del viento

1.2.3 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL VIENTO.

1.2.3.1 ESCALA DE BEAUFORT.

El objetivo principal de esta escala es una cuantificación preliminar y sencilla de las variables más directas del viento o sea, dirección y velocidad. Como es conocido, el viento se define como la componente horizontal del movimiento del aire atmosférico, y su velocidad se mide en m/s, km/h, mills/h. El rumbo del viento es la dirección angular respecto a los cuatro puntos cardinales a la cual sopla el viento.

A fin de aprovechar la energía del viento es necesario evaluar sus variables en un determinado lugar. Este procedimiento comprende varias etapas, las cuales van en orden ascendente en complejidad e instrumentación utilizada.

La primera etapa consiste precisamente en utilizar la escala de Beaufort, ya que para ello no se necesita instrumento alguno y cualquier persona con grado mínimo puede evaluar dicha escala. Esto es posible debido a que la cuantificación se hace observando el efecto del viento sobre la vegetación, la superficie del agua en los lagos y océanos, la olas, el humo, banderas, etc.

A continuación se explica detalladamente dicha escala y sus equivalentes de velocidad, así como sus efectos y el nombre que se le da a cada tipo de viento.

FUERZA BEAUFORT	NOMBRE	EQUIVALENCIA DE LA VELOCIDAD A UNA ALTURA TIPO DE 10 MTS., SOBRE TERRENO LLANO Y DESCUBIERTO				CARACTERISTICAS PARA LA ESTIMACION DE LA VELOCIDAD EN TIERRA
		NUDOS	m/s	Km/h	M.P.H.	
0	Calma	0 - 1	0 - 0.2	1	1	Calma; el humo se eleva verticalmente
1	Ventolina	1 - 3	0.3 - 1.5	1 - 5	1 - 3	La dirección del viento se revela por el movimiento del humo pero no por la veletas
2	Brisa muy débil	4 - 6	1.6 - 3.3	6 - 11	4 - 7	El viento se percibe en el rostro; las hojas se agitan, la veleta se mueve
3	Brisa débil	7 - 10	3.4 - 5.4	12 - 19	8 - 12	Hojas y ramitas agitadas constantemente, El viento despliega las banderolas
4	Brisa moderada	11 - 16	5.5 - 7.9	20 - 28	13 - 18	El viento levanta polvo y hojitas de papel; ramitas agitadas.
5	Brisa fresca	17 - 21	8 - 10.7	29 - 38	19 - 24	Los arbustos con hojas se balancean; se forman olas con crestas en las aguas interiores (estanques)
6	Viento fresco	22 - 27	10.8 - 13.8	39 - 49	25 - 31	Las grandes ramas se agitan; los hilos telegráficos silvan; el uso del paraguas se hace difícil
7	Viento fuerte	28 - 33	13.9 - 17.1	50 - 61	32 - 38	Los árboles enteros se agitan; la marcha en contra del viento es penosa
8	Viento duro	34 - 40	17.2 - 20.7	62 - 74	39 - 46	El viento rompe las ramas; es imposible la marcha contra el viento
9	Viento muy duro	41 - 47	20.8 - 24.4	75 - 88	47 - 54	El viento ocasiona ligeros daños en las viviendas (arranca cañerías, chimeneas, tejados)

Tabla 1.1 Escala de Beaufort

FUERZA BEAUFORT	NOMBRE	EQUIVALENCIA DE LA VELOCIDAD A UNA ALTURA TIPO DE 10 MTS., SOBRE TERRENO LLANO Y DESCUBIERTO				CARACTERICAS PARA LA ESTIMACION DE LA VELOCIDAD EN TIERRA
		NUDOS	m/s	km/h	M.P.H	
10	Temporal	48 - 55	24.5 - 28.4	89 - 102	55 - 63	Raro en los continentes; árboles arrancados importantes daños en las viviendas
11	Borrasca	56 - 63	28.5 - 32.6	103 - 117	64 - 72	Observado muy raramente acompañado de intensos destrozos
12	Huracán	64 o más	32.7 o más	118 o más	73 o más	Estragos graves y extensos

Tabla 1.1 Escala de Beaufort (continuación)

1.2.3.2 Anemómetros.

Se llama anemómetro al transductor que convierte la energía (velocidad del viento) del viento en otro tipo de energía que sea más fácil de medir, de acuerdo a los instrumentos existentes. Generalmente se la transforma en energía eléctrica, mecánica, etcétera.

Los tipos de anemómetros más comunes son los siguientes:

- ◆ Anemómetros de tipo Copas.
- ◆ Anemómetros de tipo Molino de Viento
- ◆ Anemómetros de tipo Tubo de Presión.
- ◆ Anemómetros de tipo Sónico

- ◆ Anemómetros de tipo Alambre Caliente.

Anemómetros de Tipo Copas. Se clasifican en:

1. Generador de C.A.
2. Generador de C.D.
3. Contador
4. Contactador

Estos tipos de anemómetros tienen un rotor compuesto por un eje vertical que sostiene cuatro brazos horizontales, colocados en ángulos rectos uno al otro. En los extremos se colocarán copas hemisféricas en planos verticales en un eje común de rotación y sus caras convexas contra el sentido de rotación. Su principio consiste en que la presión del viento en las caras cóncavas es mayor que en las caras convexas, esto hace que roten independientemente de la dirección del viento.

De estudios teóricos y experimentales se obtienen las siguientes conclusiones:[5]

- Usando tres copas en lugar de cuatro, el torque proporcionado es más uniforme.

[5] SERIE: DOCUMENTOS OLADE No.10. Pág. 38

- Haciendo las copas cónicas en lugar de hemisféricas, se reduce la sobrestimación del flujo de viento en vientos fluctuantes.

Anemómetros de Tipo Copas . Generador de C.A.

Esta variedad de anemómetros, consisten de un rotor en cuya parte superior se encuentra 3 copas y en la parte inferior tiene un sistema de imanes permanentes rodeando un estator de baja resistencia, esto en sí es un pequeño generador de C.A., el cual produce voltajes de baja amplitud cuando el viento hace girar el arreglo de copas y por consiguiente el rotor. Generalmente se trata de hacer un diseño con este tipo de anemómetros, de tal manera que la frecuencia del voltaje producido sea directamente proporcional a la velocidad del viento.

Anemómetros de Tipo Copas. Generador de C.D.

Este anemómetro es fabricado de manera similar al de tipo copas generador de C.A., solo que en vez de un generador de corriente alterna, se utiliza un generador de corriente continua, en donde lo que interesa es el voltaje generado.

Anemómetros de Tipo Copas . Contador.

Este clase de anemómetros utilizan el movimiento generado en el rotor para que, por medio de una caja de engranajes, mueva un contador mecánico, o sea, utiliza las revoluciones del rotor, las cuales mide mecánicamente.

Anemómetros de Tipo Copas . De Contacto.

Estos anemómetros operan por medio de un interruptor normalmente abierto que es accionado cada fracción de vuelta del rotor. Estos interruptores pueden ser de diferentes clases tales como: de presión, de relay, líquidos, etc.; de esta manera proporcionan un número determinado de pulsos, los cuales serán utilizados de acuerdo al sistema que procese estos datos. Actualmente se utilizan interruptores optoelectrónicos acoplados al eje del rotor, esto es, se perfora el rotor un determinado número de veces igual al número de pulsos requeridos por cada revolución del rotor y se coloca un par acoplado luz-detector (diodo emisor de luz-fototransistor) cuya salida proporcionará un pulso cada vez que el detector reciba luz, o sea cada vez que la perforación correspondiente coincida con el eje emisor-detector.

Anemómetros de Tipo Molino de Viento.

Este anemómetro tiene la peculiaridad de que debe ser orientado en la dirección del viento, para lo cual se utiliza una veleta y sus aspas estarán colocadas como su nombre lo indica, como un molino de viento, o sea, los brazos en un plano perpendicular al viento y las aspas con una inclinación que permite el movimiento del rotor. Este movimiento puede ser utilizado bajo el principio de generación de C.A., C.D., o cualquier otro, y da la opción de utilizarlo también como anemoscopio (sensor de dirección) por su necesidad de orientación en la dirección del viento.

Anemómetros de Tipo Tubo de Presión.

La construcción de los anemómetros de presión se basa en los siguientes principios: una veleta colocada al extremo de un mástil mantiene el orificio de un tubo cara al viento. El aire que sopla en esta abertura crea una sobrepresión en el tubo, que depende de la velocidad del viento. Esta sobrepresión se transmite a los aparatos indicadores por un conducto. Otro tubo, situado inmediatamente debajo de la veleta está provisto de numerosos agujeros y el viento que pasa alrededor del mismo crea una depresión que se transmite a los aparatos por otro conducto. Se dispone de dos tipos de manómetros para los anemómetros de presión. En el manómetro del flotador de Dinés la diferencia de presión hace variar la posición de equilibrio de un cilindro flotante sobre el agua, el flotador acciona el dispositivo indicador. Se puede utilizar igualmente un manómetro aneroide, más aconsejado para los navíos donde el modelo de flotador no se puede utilizar.

Existe otro tipo que utiliza un tubo de boca abierta, dirigido por una veleta en la dirección del viento. En la boca del tubo se produce una presión que es proporcional a la velocidad del viento. Esta presión se transfiere a lo largo de un conductor hueco y flexible, y se lleva hasta el aparato de lectura, el cual puede estar diseñado de varias maneras; por ejemplo: Una burbuja introducida en un recipiente con líquido (dines), muestra la presión aplicada a un líquido de densidad específica en tubo graduado.

Anemómetros de tipo Sónico.

Se utiliza el principio de que la velocidad de un sonido esférico generado es igual

a la suma de la velocidad del sonido más la velocidad del viento (a temperatura constante), de aquí se transmiten dos señales esféricas de igual frecuencia en dos transmisores a dos receptores cuyos ejes transmisor-receptor son perpendiculares entre sí, la diferencia en tiempo es una medida de la velocidad del viento.

Anemómetros de tipo Alambre Caliente.

El funcionamiento de este anemómetro se basa en la variación de la resistencia eléctrica de un conductor con respecto a cambios de su temperatura. Un conductor al ser calentado adquiere una cierta temperatura y por lo tanto un cierto valor de resistencia; si se coloca dentro de un flujo de aire, éste le proporcionará un determinado enfriamiento que se traducirá en una variación de su resistencia, la cual estará formando parte de un puente de Wheatstone, de tal manera que sea posible medir tal enfriamiento en base a un balance de corriente en el circuito, este hecho puede ser observado mediante un amperímetro, con una escala de velocidad en función de la corriente.

1.2.3.3 Anemoscopios o Medidores de Dirección.

Como se dijo anteriormente, una de las variables que interesa medir del viento es su dirección; para esto, se desarrollaron los instrumentos llamados anemoscopios. Estrictamente un anemoscopio es un sensor y transductor que convierte la dirección del viento en otro tipo de variable, tal como electricidad, movimiento, etcétera.

El más sencillo de los anemoscopios es propiamente el explicado en el numeral

correspondiente a la escala de Beaufort (tabla 1.1), el cual consiste en un listón amarrado a un poste a una cierta altura, el mismo que indica la dirección con respecto a los cuatro puntos cardinales.

En el desarrollo de este tipo de instrumentos, se encuentra, en principio, una veleta colocada en uno de los extremos de un eje horizontal, el cual tiene en su otro extremo un contrapeso para balancear el peso de la veleta. Este se coloca sobre un eje vertical con libertad de movimiento en el plano; esto hace que la veleta apunte siempre en la dirección en la cual sopla el viento.

Se utiliza también cuatro ejes horizontales fijos, los cuales indican la dirección de los cuatro puntos cardinales como referencia, ya que este tipo de sensor es muy confiable, básicamente los anemoscopios desarrollados últimamente emplean este principio, con ligeras variantes en la fabricación de la veleta, aunque también existen otros tipos de sensores tales como el sónico.

La diferencia entre los tipos de sensor “veleta” está fundamentalmente en el transductor. Básicamente se dividen en dos tipos: mecánico y eléctrico.

El tipo mecánico consiste en aprovechar directamente el movimiento de la veleta. Usual y convenientemente, son utilizados los del tipo eléctrico, éstos pueden ser construidos en base a dos tipos de transductores: Potenciómetro y de contacto.

Anemoscopio de Contacto.- Consiste en dos polos fijos que abarcan un ángulo

específico, y en un polo movable que es accionado por la veleta. De esta manera, cuando el polo movable hace contacto con uno de los polos fijos, habrá continuidad eléctrica entre esos dos puntos y si se aplica una corriente o voltaje en el polo movable, será transferida al otro polo, de tal manera que puede ser recolectada por medio de otro transductor que convierta dicha posición-corriente eléctrica a una dirección en una escala analógica o digital según sea el caso.

De los últimos diseños de anemoscopios se puede mencionar uno de tipo contacto optoelectrónico, el cual consiste en pares acoplados L.E.D (diodo emisor de luz) - Fototransistor y operan de una manera similar al anemómetro de este tipo. Aquí cabe mencionar que es posible codificar la salida de este tipo de anemoscopio en un código determinado, esto se puede hacer codificando una placa movable accionada por la veleta de tal manera que para una determinada posición de la veleta, varios orificios coincidan con los ejes de los pares LED-transistor dando así una salida codificada, cuyo código puede ser cualquiera de uso común en circuitos digitales, facilitando así el procesamiento de la información.

Anemoscopio con potenciómetro.- El anemoscopio con transductor de tipo potenciómetro consiste en la utilización de un potenciómetro de 360° de giro, el cual es movido por la veleta, cuando éste gira; su resistencia eléctrica, en la salida varía si se aplica un voltaje entre sus extremos. El voltaje en el punto medio variará proporcionalmente al giro producido o bien a la dirección del viento. Esta variación de voltaje puede ser leída directamente por un voltímetro

calibrado para direcciones de rumbo, o bien si se aplica una resistencia constante a ese voltaje variable, se tiene una corriente variable que puede ser medida por un amperímetro. En diseños más avanzados, esta corriente variable puede ser medida por medio de un convertidor analógico-digital y usar así el código digital para lectura y procesamiento de información.

Es importante hacer una diferencia clara de lo que se puede considerar como un anemocinemógrafo y lo que se considera como un anemoscopio o anemómetro, ya que anteriormente se mencionó a los dos últimos como transductores de las variables de viento y de hecho se puede considerar un transductor hasta el punto final de la trayectoria recorrida por la señal a utilizar.

Esto infiere que un anemómetro o anemoscopio pueden ser aquellos que traduzcan el parámetro proporcionado por el transductor a un señal eléctrica, mecánica o de otro tipo, las mismas que puede ser observadas en una escala graduada en unidades correspondientes. A través del tiempo, se han interpretado erróneamente los términos anemómetro y anemoscopio y se ha llamado así a los transductores que proporcionan una señal que todavía no puede ser reconocida por los sensores humanos y también se le ha llamado de esta manera a aquellos que si proporcionan una señal de este tipo.

1.2.3.4 Anemocinemógrafos.

Se define como un anemocinemógrafo un equipo que utilizando varias variables obtenidas de un anemoscopio y un anemómetro, procesan dicha información y la

traducen y en una gráfica con respecto al tiempo. Debe sobreentenderse que el anemoscopio a que se refiere aquí es del tipo transductor que produce una señal que no es directamente mostrada en forma de monitoreo, ya que se necesita de un circuito acondicionador.

Estos equipos pueden dividirse en dos categorías:

- De velocidad instantánea
- De distancia recorrida

Estos sistemas están constituidos por un equipo que gráfica la velocidad del viento más un equipo que gráfica su dirección, siendo en principio muy similares, dependiendo su diferencia de la clase de anemómetro y anemoscopio que se utilicen.

1.2.3.5 ROSA DE LOS VIENTOS.

La representación más común de la distribución de direcciones del viento es la rosa de los vientos. Su confección se logra a partir de la información obtenida a lo largo de cierto período mediante un registrador y transductor (veleta).

Es de suma importancia, dado que es posible observar a simple vista el viento dominante y su porcentaje de ocurrencia, así como las calmas.

La manera de realizar una rosa de los vientos es la siguiente:

1. Obtención de la duración de cada dirección durante un período de

observación (mes, estación, año) y obtención del porcentaje de frecuencia de cada dirección, a partir del gráfico del anemoscopio, tal como lo muestra la figura

1. 1.4.

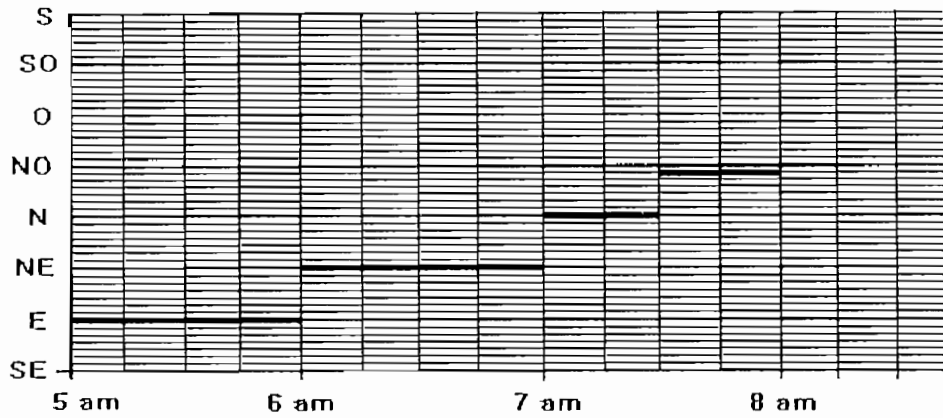


Fig. 1.4. Registro de Dirección

2. Representación sobre base de los ocho puntos cardinales del porcentaje de frecuencia, indicado como un polígono, figura 1.5.

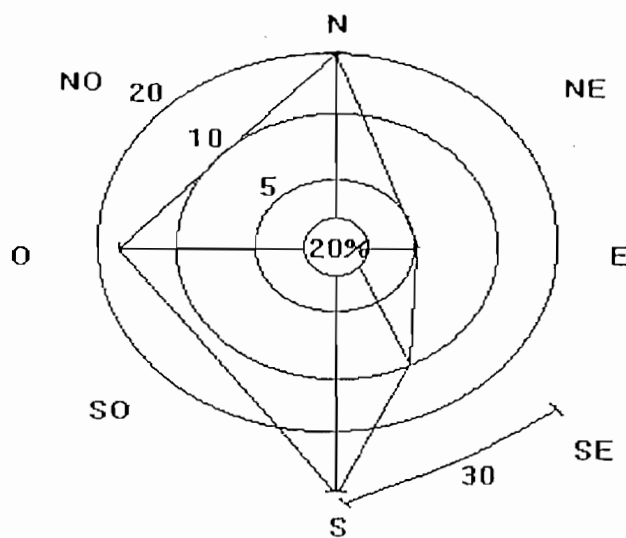


Figura 1.5 Representación en los 8 puntos cardinales

1.3 PROSPECCION DE ZONAS Y SITIOS DE INTERES CON POTENCIAL EOLICO.

La exploración del viento puede establecerse a tres niveles de resolución: la regionalización, la prospección de zonas con buen potencial eólico y la localización de sitios para un aprovechamiento óptimo.

Para la regionalización del viento de los vientos, indudablemente que la red meteorológica de un país y su información histórica son de vital importancia.

Por otra parte, es necesario desarrollar una metodología de análisis sobre cartas, que permita localizar zonas con vientos, determinando la correlación adecuada entre factores topográficos y climatológicos, asociados a una zona de vientos predominantes relativamente constantes o de periodicidad bien definida.

A nivel de localización de sitio, la inspección visual de la topografía local, la evidencia ecológica y la colocación de anemómetros en diferentes sitios para mediciones simultáneas, permitirá localizar el sitio adecuado.

La determinación del sitio adecuado, es relativa a la aplicación que se pretende hacer de la energía eólica, dada su magnitud y los requerimientos a satisfacer. No es lo mismo localizar una aerobomba para un pozo de agua (artesiano), donde es el pozo lo que determina el punto de aplicación, a la localización de un aerogenerador de 1Mw de capacidad instalada interconectado a una línea de subtransmisión o de distribución eléctrica.

Aquí es donde surgen cuestiones asociadas a la factibilidad del aprovechamiento

de la energía eólica, ellas son:

En qué lugar existe viento con la suficiente intensidad como para ser económicamente útil?

a) ¿Cuáles son las cantidades anuales de energía del viento que pueden ser esperadas en un determinado sitio?

b) ¿Cómo se distribuye el viento en el tiempo, durante el día, el mes o el año y aún en períodos más largos?

c) Cuáles son las duraciones probables de vientos de alta velocidad o de períodos de calma y sus frecuencias durante determinado tiempo?

Localizar un buen lugar para aprovechar la energía del viento es equivalente a localizar la veta de algún mineral.

Deslindando esto, ¿Cuáles son las características del viento que interesan para su aprovechamiento energético?

En cuanto a su **dirección**, el que los vientos dominantes prevalearan un gran porcentaje de tiempo, indica la uniformidad de los gradientes de presión que los origina; cambios constantes de dirección alrededor de la dominante, son indicativas de turbulencia local que lo demerita.

En cuanto a la **velocidad**, es necesario conocer la distribución estadística en períodos diarios, mensuales y anuales. El dato de la velocidad media anual es

indicativo de lo que puede esperarse.

Se han mencionado ya algunas de las características topográficas que indican un lugar con buen potencial eólico.

La localización de estos sitios se puede hacer en base a cartas topográficas y climatológicas, ya que fuertes desniveles e isobaras muy juntas son indicativos de fuertes gradientes de presión responsables de vientos de naturaleza regional. En el sitio específico, la evidencia ecológica es importante, ya que se manifiesta como deformaciones en los árboles al estar sujetos a esfuerzos continuos ocasionados por los vientos dominantes, siendo el grado de esta deformación indicativa de su velocidad media.

Por otra parte, un buen punto para aprovechamiento eólico tiene que sobresalir sobre las irregularidades del terreno u otros obstáculos: edificios, árboles, rocas, o estar alejados al menos 100 metros[6] , si se requiere de un flujo lo menos turbulento posible.

Además de estas mediciones, es necesario conocer las velocidades instantáneas de rachas de viento, que si bien no contribuyen en nada a la energía que se obtiene del viento, dada la inercia de los equipos conversores, es importante conocerlas para considerar los esfuerzos instantáneos a que se sujetan tales equipos, ya que estos pueden estar localizados a una altura diferente de 10 metros

[6] Serie: Documentos OLADE No. 10. pag. 61

sobre el suelo; las mediciones se hacen a la altura deseada y se establece el patrón vertical de distribución de velocidades para este punto.

1.3.1 METODOLOGÍAS PARA LA PROSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE SITIOS.

Etapa 1. Obtención y Análisis de Datos.

a) Datos meteorológicos existentes.

1. Temperaturas
2. Precipitación
3. Viento en superficie
4. Viento en la atmósfera libre
5. Registro de horarios de viento.

b) Mapas Topográficos de la zona de estudio.

Etapa 2. Investigación de Campo.

1. Uso potencial del suelo
2. Modalidades de propiedad de la tierra
3. Vías de comunicación

4. Recursos naturales

5. Distribución de la población

Etapa 3. Prospección del Recurso Eólico en un Área Definida

Etapa 4. Verificación de Área

Etapa 5. Estudios Específicos en los Sitios de Instalación de grandes Convertidores de Energía Eólica.

Habiendo mencionado a grande rasgos la metodología para la localización de sitios de interés para la instalación de conversores, es conveniente insistir en que dependiendo de la magnitud de la aplicación será la calidad del proceso de selección de sitios.

En términos generales las técnicas de localización de áreas y sitios de interés por su posible potencial energético eólico, se puede dividir en dos grupos: indirectas y directas, enumerados a continuación:

Prospección indirecta:

- Información histórica de parámetros climatológicos, proporcionados por los servicios Meteorológicos Nacionales.

- Mapas Climatológicos

- Nombres de sitios y referencia oral.

Prospección directa:

- Encuesta
- Evidencia ecológica
- Mediciones in situ

1.3.2 MEDICIONES IN SITU.

Independientemente de que los vientos sean dominantes, deberá tenerse cuidado para seleccionar un sitio que tenga mínima cantidad de obstrucciones para el libre flujo del viento. Grandes obstrucciones como cerros, son propicias para crear “sombras de vientos”, reduciendo la disponibilidad total del viento. Las obstrucciones pequeñas tales como casas, árboles, lomas pequeñas, pueden causar interferencia o turbulencia, inutilizando el flujo del viento aprovechable. Para la instalación de anemómetros, es necesario fijar las condiciones de emplazamiento, a fin de obtener medidas representativas de la zona, es decir que todo obstáculo debe estar a cierta distancia de la base del instrumento superior a diez veces la altura del obstáculo. Convencionalmente esta altura será de 10 metros aunque por la presencia de obstáculos la medición debe hacerse a mayor altura.

Un método simple de detectar la turbulencia en sitio de interés, es fijar primero en la punta del mástil del anemómetro uno o dos listones de 1.5 metros. Durante una buena de brisa, si los listones flotan rectos y estables, el flujo del viento es

uniforme, caso contrario, existe turbulencia.

1.4 APLICACIONES.

Dependiendo del sitio de ubicación de los sistemas conversores, la energía eólica se utiliza en pozos de extracción de agua, molinos de vientos (sistema mecánico) o en la generación de energía eléctrica (sistema electromecánico).

[7] Un proyecto piloto de la firma Marketec Sol Viento ha impulsado el desarrollo de fuentes alternativas de energía. Una primera fase esta considerada la generación de 32 Mw de electricidad. Para tal experiencia se ha escogido los páramos de Aloag (cerca de Quito) a 3550 m sobre el nivel del mar.

Allí según mediciones previas hay vientos con velocidades promedio superiores a los 12.07 m/s; que es la mínima requerida para activar las turbinas de viento. En doce meses más y concluidas las instalaciones generarán 32 Mw, es decir un 10% de la demanda actual de Quito. Para tal efecto se utilizarán 400 juegos de turbinas de viento de 80 Kw cada una, y cuya vida útil esta garantizada por 30 años.

Las turbinas de viento son una alternativa a la hidroenergía porque :

- No consumen combustibles,
- Producen electricidad a tarifas competitivas (5 centavos de dólar por Kw)

[7] Fuente: Marketec Sol Viento. Ing. Alfredo Mena P. Presidente

- No contaminan
- Son fáciles de instalar,
- Las tierras circundantes a las torres de las turbinas pueden ser usadas para la agricultura, no así en la generación hidroeléctrica que ocupa grandes zonas.

En la zona se han instalado 4 torres de 26 m y 40 m, que están equipadas con sensores de dirección, pirómetros y termómetros, para medir y registrar de forma automática la velocidad y dirección del viento; así como la radiación solar y la temperatura; cuyos datos se transmiten a través de un teléfono celular a la oficina de Marketec en Quito.

CAPITULO 2 : DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL HARDWARE

2.1 DESCRIPCION GENERAL DEL EQUIPO	32
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS TRANSDUCTORES UTILIZADOS.	35
2.2.1 ANEMOSCOPIO.....	35
2.2.2 TRANSDUCTOR DE VELOCIDAD	36
2.3 CIRCUITOS ACONDICIONADORES DE SEÑAL.....	38
2.3.1 ACONDICIONADOR DEL SENSOR DE DIRECCIÓN.....	38
2.3.2 ACONDICIONADOR PARA EL SENSOR DE VELOCIDAD	41
2.3.3 ACONDICIONADOR DEL VENTILADOR.	44
2.3.4 ACONDICIONADOR PARA EL MOTOR DE PASOS.....	46
2.4 FUENTES DE ALIMENTACION.....	48
2.5 INTERFACE AL COMPUTADOR.	49
2.5.1 PUERTO PARALELO DEL COMPUTADOR.	49
2.5.1.1 Puerto Paralelo Original.....	49
2.5.1.2 Líneas de Datos.....	50
2.5.1.3 Líneas de Entrada.....	51
2.5.1.4 Líneas de Control.....	52
2.5.1.5 Pórticos Bidireccionales de Datos.	53
2.5.1.6 Velocidad.....	54
2.5.1.7 Cables del Puerto Paralelo.....	55
2.5.1.8 Transmisión a largas distancias.	56
2.5.2 INTERFACE AL PUERTO PARALELO.	57
Tarjeta de Adquisición de Datos.	57
2.6 MOTORES DE PASOS.....	62
2.6.1 CARACTERÍSTICAS Y PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES PASO A PASO.....	62
2.6.1.1 Motor tipo reluctancia variable.....	63
2.6.1.2 Motor paso a paso tipo imán permanente.-	66
2.6.2 APLICACIONES DE LOS MOTORES PASO A PASO.....	67
2.7 CARACTERISTICAS DE LOS ELEMENTOS ULIZADOS.....	68

2.7.1 CONVERSION ANALOGO/DIGITAL.....	68
2.7.2 SWITCHES DIGITALES - CD 4066B.	68
2.7.3 CONVERSION DE FRECUENCIA / VOLTAJE - MC2917N	70
2.7.4 CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR DE PASOS UTILIZADO.....	72
2.7.5 DRIVER PARA EL MOTOR DE PASOS - MC 3479	73
2.7.6 SENSOR DE DIRECCIÓN - ANEMOSCOPIO TIPO 200P	74
2.7.7 SENSOR DE VELOCIDAD - ANEMÓMETRO MAXIMUM #40	74
2.8 ESQUEMA GENERAL DEL CIRCUITO	75
2.9 MONTAJE DEL PROTOTIPO.....	76

2.1 DESCRIPCION GENERAL DEL EQUIPO.

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo medir la velocidad y dirección del viento, así como controlar la captación de energía del mismo, por medio de un elemento terminal.

Para tal efecto, se utiliza el p rtico paralelo del computador, un programa desarrollado en Visual Basic y un equipo que tome la información del medio externo. El prototipo construido dispone de acondicionadores de señal, fuentes de voltaje, una tarjeta de adquisición y el accionamiento mecánico que manipule el elemento de captación.

En el diagrama de bloques de la figura 2.1 se presenta un esquema del prototipo. Como se observa, el equipo está compuesto de un circuito de acondicionamiento de señal, una tarjeta de adquisición de datos, otro circuito de acondicionamiento de señal para manipular al actuador, un actuador y un elemento terminal.

Se utiliza sensores de aplicación profesional para determinar la velocidad y la dirección del viento. Estos sensores son conocidos como anemómetros y anemoscopios respectivamente.

- **Sensor de Dirección.**- También conocido como anemoscopio, es el elemento que permite detectar y convertir la dirección del viento a una señal analógica de voltaje o de corriente.
- **Sensor de Velocidad.**- Mejor conocido como anemómetro, es el elemento que

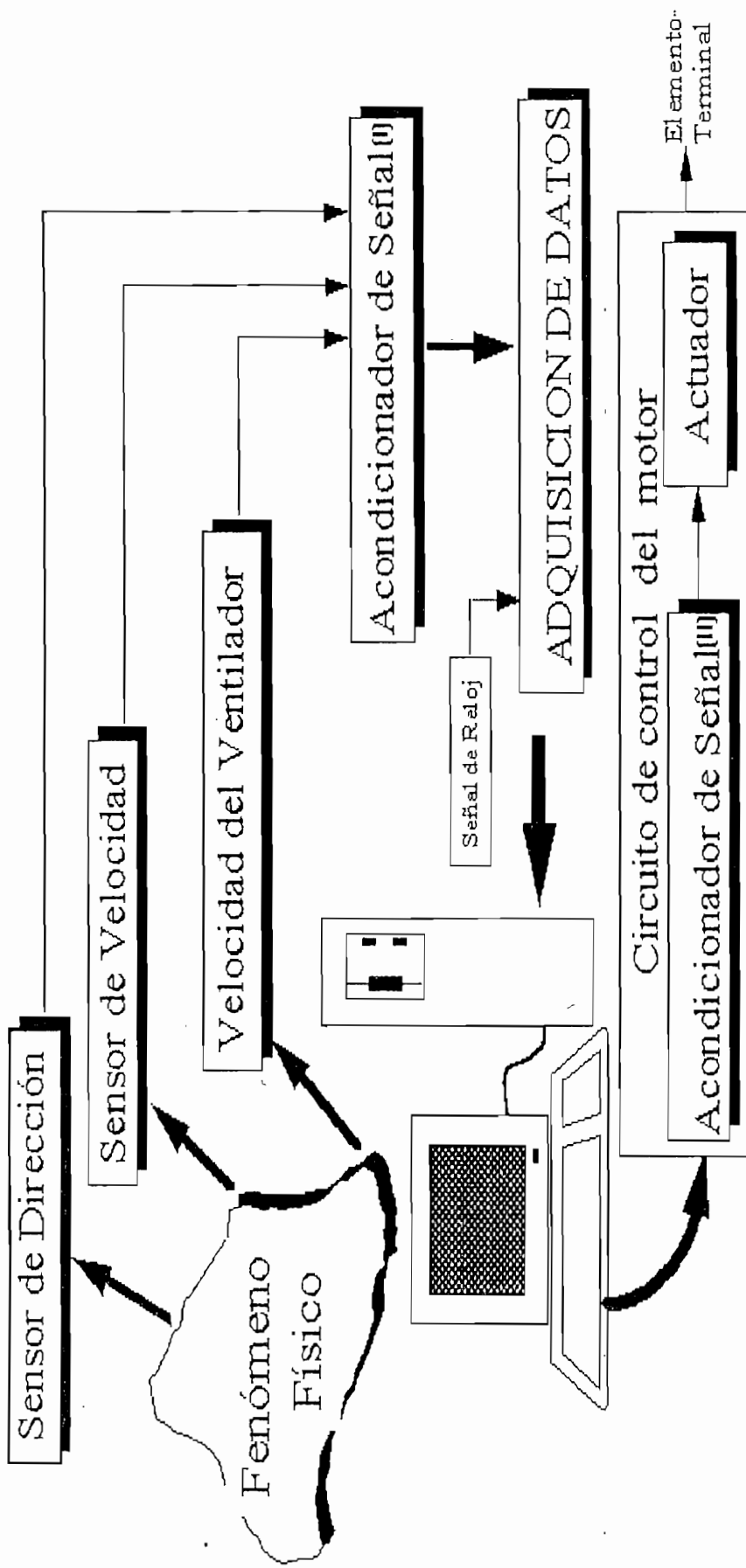


Fig. 2.1 Esquema del sistema de captación de energía eólica.

permite detectar y convertir la dirección del viento a una señal analógica de voltaje o corriente.

- **Velocidad del Ventilador.-** Este bloque representa la captación de la energía eólica, para lo cual se utiliza un ventilador como elemento terminal. La velocidad del ventilador es un parámetro que sirve para evaluar el objetivo de este trabajo, que es el control del sistema de captación de energía eólica.

Acondicionador de Señal (I).- Este bloque representa los circuitos acondicionadores de señal para las señales provenientes de los sensores de dirección, de velocidad y del ventilador. Estos circuitos entregan una señal adecuada para ser procesadas en el conversor análogo/digital.

La Tarjeta de Adquisición.- Se desarrolla en base a un conversor análogo/digital de 8 bits y dos microswitches que operarán para permitir el paso de los bits altos y bajos del conversor hacia el computador.

El Puerto utilizado .- El puerto utilizado es el paralelo, el cual toma la palabra digital registrada en el conversor para ser procesada. Este procesamiento de información se la realiza en base a un programa desarrollado bajo windows (Visual Basic), el mismo que registra y almacena los datos leídos de los sensores; y al mismo tiempo envía la información para manipular el actuador.

Acondicionador de señal (II).- Esta parte del circuito se encarga de transportar las órdenes del computador hacia el motor de pasos y por ende hacia el ventilador

(elemento terminal).

Actuador.- Se utiliza como actuador un motor de pasos, el mismo que a través de un acople mecánico adecuado maneja un ventilador, posicionándolo en la orientación de mayor flujo de viento.

El Elemento terminal.- Finalmente, el elemento terminal utilizado es un ventilador de corriente continua, el mismo que al ser orientado en la dirección de mayor flujo de viento, va a captar mayor energía del viento.

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS TRANSDUCTORES UTILIZADOS.

2.2.1 ANEMOSCOPIO.

Este transductor de dirección, es uno del tipo 200P Wind Direction, que internamente posee un potenciómetro de 10K, y que debe ser alimentado con una fuente de tensión de 2.5 V. Posee tres terminales, dos de los cuales son fijos y el otro es variable. Además presenta una zona muerta de 8° alrededor del polo sur y una resolución de 0.271% . Viene en un encapsulado de plástico para intemperie, para protegerse de elevadas temperaturas y condiciones ambientales adversas.

Se emplea este transductor en el presente trabajo de tesis, por disponerse en el medio y por que es uno de tipo profesional que actualmente es utilizado en Alog, para los mismos fines. En la figura 2.2 se muestra el sensor de dirección, tanto en su parte interna como externa .

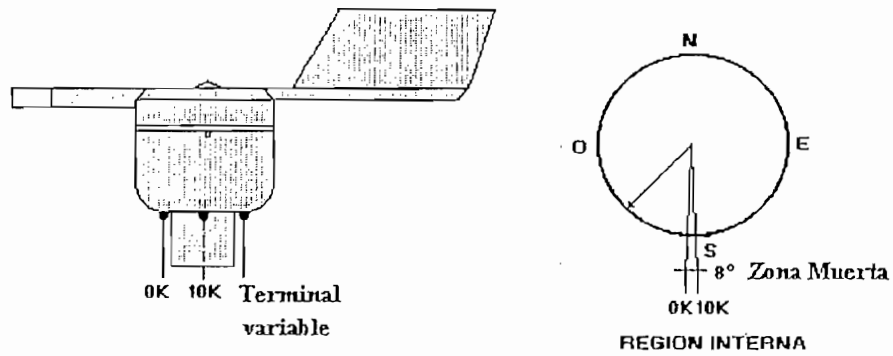


Fig. 2.2. Sensor de dirección

Características del Sensor:

Type: 200P Wind Direction Vane

Raw Sensor Output: 0 to 10 K Ω ; 0 to 2.5 V/ 8° dead band about
Sud.

Scale Factor for Base Station: N/a (No available)

Offset for baseStation: 0

9300 Data Output base Station: 0 to 359° degrees

Resolution : 0.271%

2.2.2 TRANSDUCTOR DE VELOCIDAD :

Este anemómetro, es uno del tipo maximum #40, que internamente posee un generador de corriente alterna, el cual produce voltajes de baja amplitud cuando el viento hace girar el arreglo de copas y por consiguiente el rotor. Generalmente este tipo de anemómetros están diseñados de tal manera que la frecuencia del voltaje producido sea directamente proporcional a la velocidad del viento.

Poseen dos terminales, los cuales entregan la señal de frecuencia que varía con el viento. Tienen un rango de medición de hasta 91.64 m/s y una resolución de 0.271%. Viene en un encapsulado de plástico para intemperie, para protegerse de elevadas temperaturas y condiciones ambientales adversas.

Se emplea este transductor en el presente trabajo de tesis, por disponerse en el medio y por que es uno de tipo profesional que actualmente es utilizado en Aloag, para los mismos fines. En la figura 2.3 se muestra el anemómetro o sensor de velocidad utilizado.

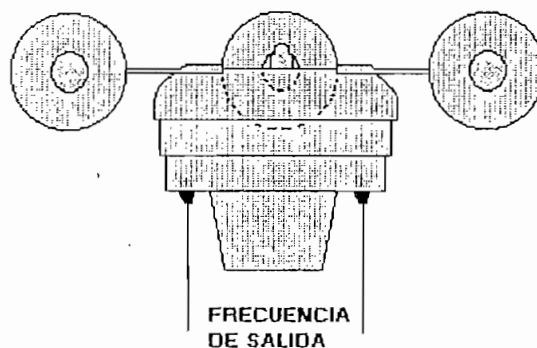


Fig. 2.3. Sensor de velocidad

Características del sensor:

Type: maximum #40 Anemometer

Raw Sensor Output: 0 to 120 Hz.

Scale factor for Base Station: 0.76369 m/s/Hz ; 1.7083 mph/Hz

Offset for Base Station: 0

9300 Data Output Range: 0 to 91.62 m/s ; 0 to 205 mph

9300 Resolution: 0.271%

2.3 CIRCUITOS ACONDICIONADORES DE SEÑAL

2.3.1 ACONDICIONADOR DEL SENSOR DE DIRECCIÓN.

El acondicionador para la señal proveniente del sensor de dirección consta de una fuente de corriente, la misma que al alimentar al sensor permite obtener una señal de voltaje proporcional a la variación del valor de resistencia del sensor, y por ende de la dirección del viento.

Fuente de Corriente.

Antes de implementar este circuito, se debe conocer las características del sensor, para determinar la corriente necesaria que debe pasar por el potenciómetro del sensor. Una de las características indica que el voltaje máximo a aplicarse al sensor debe ser de 2.5V. El potenciómetro del sensor tiene una variación de 0 a 10 K Ω , por lo tanto se debe entregar una corriente máxima de 0.25 mA.

$$I_{max} = 2.5 \text{ V} / 10\text{K} = 0.25 \text{ mA}$$

Esto conduce al diseño de una fuente de corriente, con el fin de obtener un voltaje que varíe proporcionalmente con el valor del potenciómetro del sensor.

Diseño de la fuente de Corriente.

La fuente de corriente se la implementa en base a un transistor PNP (2N3906), un diodo zener y resistencias. La figura 2.4 muestra dicha configuración:

DATOS:

$$Z_1: 2.4 \text{ V} / 0.5 \text{ W} / I_{ZT} = 3 \text{ mA} \quad (\text{ECG5000A})$$

$$I_0: 0.25 \text{ mA} \quad \text{BJTP: 2N3906 } (\beta = 180)$$

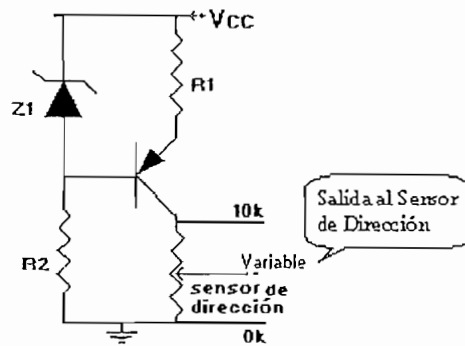


Fig. 2. 4. Fuente de corriente

$$V_b = V_{cc} - Z_1 = 12 - 2.4 = 9.6 \text{ V}$$

$$V_e = 0.6 + V_b = 10.2 \text{ V}$$

$$R_1 = \frac{V_{cc} - V_e}{I_0} = \frac{12 - 10.2}{0.25 \text{ mA}} = 7.2 \text{ K}\Omega$$

$$I_b = I_e / \beta = 1.38 \text{ uA}$$

$$R_2 = \frac{V_b}{I_b + I_{Z1}} = 3.2 \text{ k}\Omega$$

$$V_{\text{sensor}} = I_0 * R_{\text{sensor}}$$

El voltaje máximo que se obtiene del sensor es de 2.5 V, por lo que es necesario amplificar esta señal a 5 voltios para ser tratada por el conversor. Esto con el fin de obtener una mayor precisión frente a pequeños cambios de dirección del viento.

La etapa de amplificación se diseña en base a un LM324. Este amplificador es un no inversor de ganancia 2 y cuyo circuito se muestra en la figura 2.5.

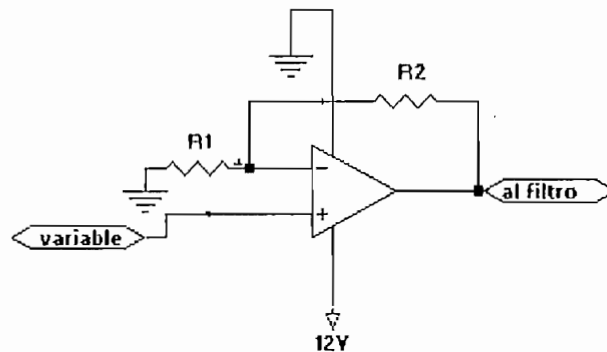


Fig. 2.5 Etapa de amplificación.

Los valores de las resistencias del amplificador se determinan en base a la siguiente ecuación:

$$G=V_o/V_{in}=(1+R_2/R_1)$$

En donde para una resistencia $R_2=150$ ohm y una ganancia de 1.83 se obtiene un valor de resistencia $R_1=180$.

Finalmente, antes de introducir la señal en el conversor, es necesario implementar un filtro para eliminar el ruido y un seguidor de emisor para acoplar impedancias. El filtro implementado es un pasabajos diseñado en base a una red RC, cuyos valores se obtuvieron experimentalmente. Siendo $R=420K$ y $C=0.02\mu F$.

En el diagrama circuital de la figura 2.6 se muestra su configuración.

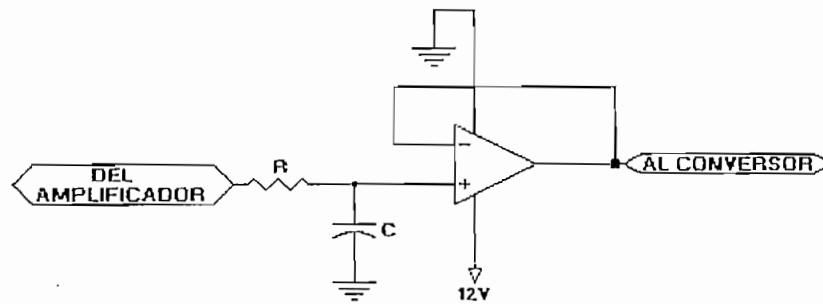


Fig. 2.6 Circuito para eliminar ruido y acoplar impedancias

2.3.2 ACONDICIONADOR PARA EL SENSOR DE VELOCIDAD.

Antes de implementar este circuito se debe conocer las características del sensor de velocidad, con el fin de diseñar un acondicionador que adecue la señal de éste a la entrada del conversor.

La señal que entrega el sensor es sinusoidal de frecuencia variable, la misma que depende de la velocidad del viento.

Por lo tanto esta señal debe ser transformada en una de voltaje proporcional a la velocidad del viento, para lo cual se utiliza un conversor de frecuencia a voltaje (LM2917N), el mismo que a más de permitir la conversión, permite también adecuar los niveles de voltaje que van a ser ingresados al conversor. Los valores de la resistencia y capacitor, se calculan en base al nivel del voltaje de salida que se desea disponer.

La siguiente expresión permite realizar el cálculo del voltaje que entrega el conversor:

$$V_{\text{salida}} = V_{\text{cc}} * f_{\text{in}} * C1 * R1 * K \quad [1]$$

Donde:

V_{cc} = Voltaje de la fuente

f_{in} = Frecuencia de entrada

$C1$ = Capacitor aplicado a la entrada tacométrica positiva

$R1$ = Resistencia aplicada a la salida del charge-Pump. [2]

K = Ganancia del conversor, típicamente $K=1$.

Es así que se escogió una $R1=100k$ y $C1=0.47 \mu F$ para los niveles voltaje indicados a continuación:

$$V_{\text{max}} = 7.84 * 120\text{Hz} * 100K * 0.47\mu F = 44.21V$$

$$V_{\text{min}} = 7.84 * 0\text{Hz} * 100K * 0.47\mu F = 0V$$

donde 120 Hz representa la frecuencia máxima y 0 Hz la mínima. Estas frecuencias están dadas en las especificaciones del sensor.

El valor de V_{cc} se toma como 7.8 V, que se obtiene al poner una resistencia de 100 ohm a la fuente de 12 V. Este hecho se lo realiza con el fin de limitar la

1. Linear Circuits. Pag. 9-136. National Semiconductor

2. Charge pump.- Método de carga constante, aplicado al capacitor CAP1

corriente que fluye por el conversor F/V. La resistencia de 15K, se coloca como punto de referencia de voltaje. El capacitor de 10 uF se utiliza para filtrar la componente continua de la señal de pulsos que salen del conversor frecuencia / voltaje.

El presente trabajo por tratarse de un prototipo, se ha restringido el rango de medición de la velocidad del viento a 5 V, que corresponde a 37.3 Km/h.

En la figura 2.7, se muestra el circuito implementado para la medición de la velocidad del viento.

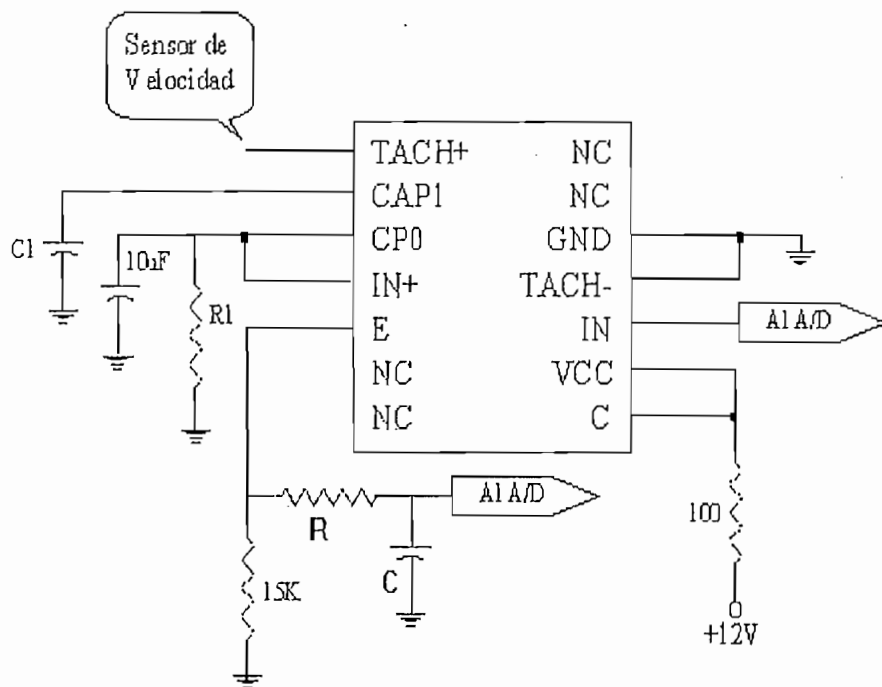


Fig. 2.7 Medición de la velocidad del viento

Finalmente, antes de enviar esta señal al conversor análogo se implementa un filtro para eliminar el ruido, el mismo que constituye una red RC, cuyos valores

de R y C se lo determinan experimentalmente; siendo $R=270K$ y $C=0.1\mu F$. En la misma figura 2.5 muestra el filtro implementado.

2.3.3 ACONDICIONADOR DEL VENTILADOR.

Este ventilador esta construido en base a un motor de corriente continua y hélices de aluminio acopladas a su eje. El motor de corriente continua es de imán permanente, que se lo alimenta con 12 voltios y consume 32 watos. Su impedancia de entrada es de 4.5 ohmios.

Este ventilador va a ser operado como generador, con el objeto de monitorear el mayor flujo de viento que golpea a sus hélices. Este generador entrega un voltaje de 0 a 1.2 voltios en el momento del mayor flujo de viento permisible.

Se va a amplificar y filtrar estos valores para ingresarlos al conversor, por lo que se implementa una etapa de amplificación. Partiendo del hecho de que para obtener una salida de 5V a partir de una entrada de 1.2 v se requiere una ganancia de 4.1, se procede a diseñar el siguiente amplificador:

El amplificador es un no inversor diseñado en base al amplificador operacional LM324. Los valores de las resistencias se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Ganancia} = G = V_o / V_i$$

$$G = (1 + R_2 / R_1)$$

$$\text{Si } R_1 = 1K \text{ -----} \rightarrow R_2 = 4.1 * R_1 - R_1 = 3.1K$$

Esta señal amplificada, antes de ser ingresada al conversor análogo se la pasa por un filtro RC con el objeto de eliminar el ruido inducido en ella. El filtro implementado es un pasabajos pasivo, cuyos valores de R y C se determinan experimentalmente y que corresponden a los siguientes valores: $R=270\text{ K}$ $C=0.1\mu\text{F}$.

La figura 2.8 indica el circuito de acondicionamiento de señal y la figura 2.9 el acople mecánico implementado.

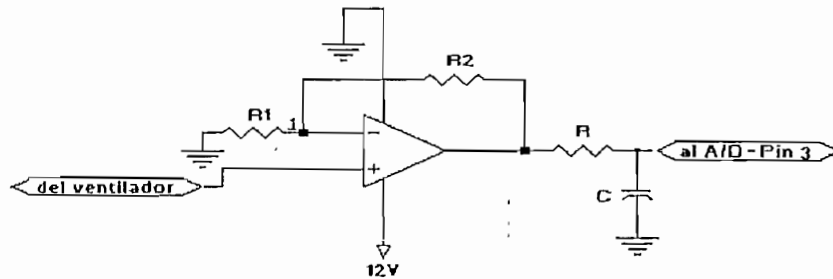


Fig. 2.8 Circuito de acondicionamiento de señal del ventilador

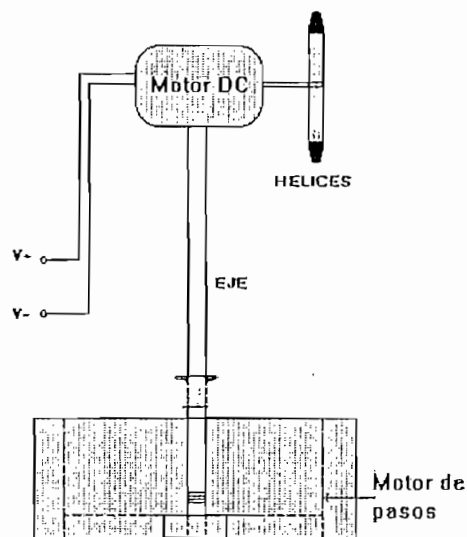


Fig. 2.9 Acople mecánico del ventilador.

2.3.4 ACONDICIONADOR PARA EL MOTOR DE PASOS.

Para manejar el motor de pasos se utiliza un driver de la Motorola que permite simplificar el diseño del hardware, ya que este elemento posee entre otras características: Control para el sentido de giro, control para del ángulo de paso, control para manejar 4 fases, protección contra transitorios, etcétera. En el numeral 2.7.5. se presenta en detalle las características de este driver.

El circuito de acondicionamiento de señal se lo realiza en base a un Flip-Flop de tres estados (74LS374) y el driver para motores de pasos (MC3479).

En la figura 2.10 se muestra la configuración implementada para el manejo del motor de pasos.

El zenner D1 (3.1V - ECG5001A), acoplado al driver se utiliza para protección del integrado, dando paso a la corriente acumulada en los devanados del motor. Las salidas al motor de pasos se especifican con las líneas L1, L2, L3 y L4, las mismas que se conectan a las fases A1, A2, B1 y B2 del motor respectivamente.

El 74LS374 es un latch que a más de retener los datos que vienen del pòrtico, permite proteger el pòrtico paralelo (evitar la sobrecarga de este elemento). En la tabla 2.1 se indica la función de cada una de la líneas conectadas.

Estas líneas se las agrupado en un conector definido como con12, con el objeto de hacer de este equipo modular.

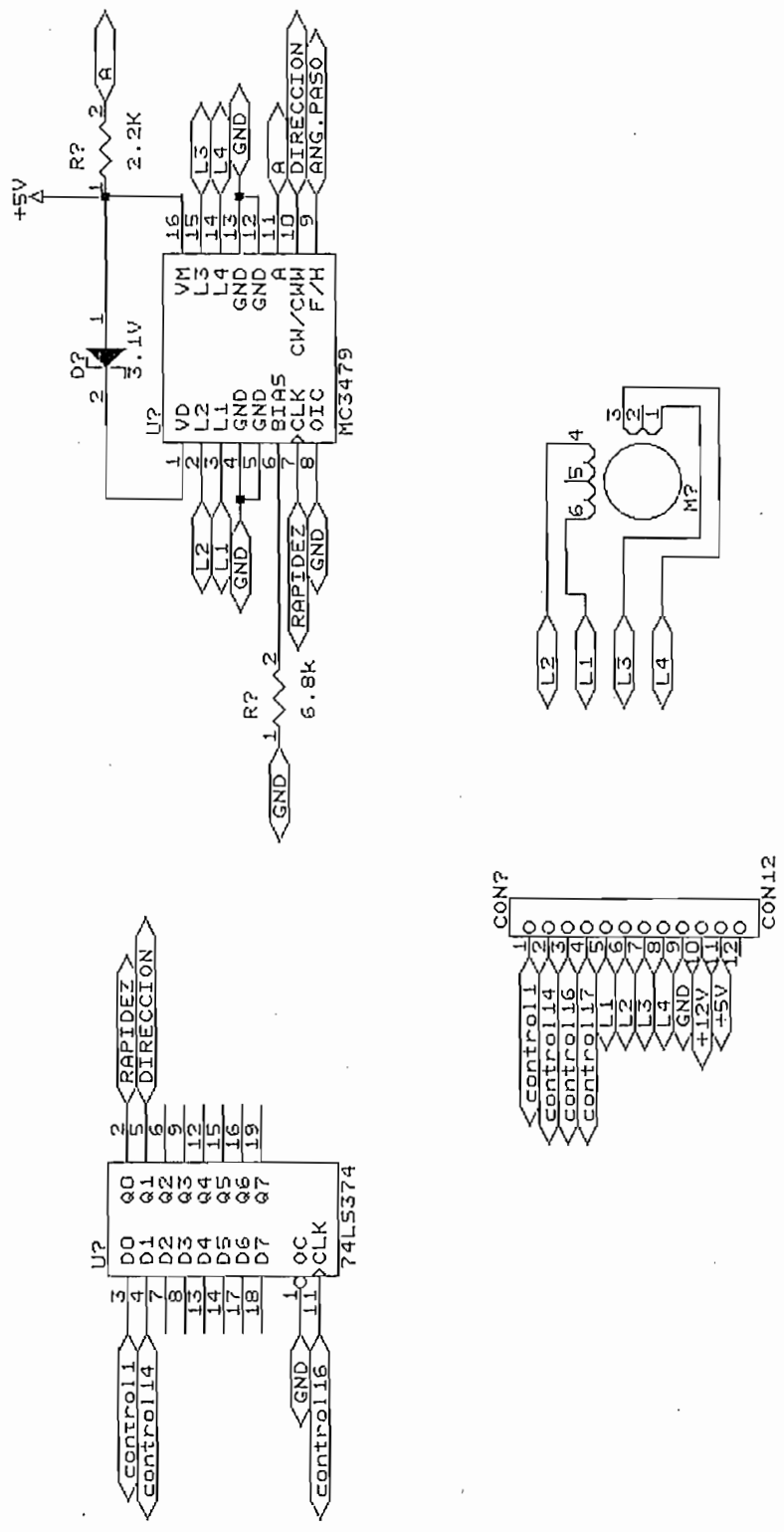


Fig. 2.10 Circuito de control de motor

Control1	Viene del puerto y corresponde al pin 1 del pÓrtico. Se utiliza para controlar la velocidad de rotaci3n del motor.
Control14	Viene del puerto y corresponde al pin 14 del pÓrtico. Se utiliza para controlar el sentido de giro del motor.
Control16	Viene del puerto y corresponde al pin 16 del pÓrtico. Se utiliza para permitir el paso de los datos que llegan al lach hacia el driver.
Rapidez	Esta lÍnea lleva la informaci3n de la velocidad de rotaci3n del motor.
Direcci3n	Esta lÍnea lleva la informaci3n de direcci3n de giro del motor.
L1,L2,L3,L4	Estas lÍneas se conectan a las fases del motor de pasos.

Tabla 2.1 LÍneas de manejo del motor del pasos.

2.4 FUENTES DE ALIMENTACION

Para polarizar la tarjeta de adquisici3n se requiere una fuente de alimentaci3n de 5 voltios DC, ya que el conversor, el buffer, la compuerta, los microswitches son parte de la familia TTL. Las especificaciones dadas en los manuales, indican la potencia consumida por cada elemento, de aquÍ se determina que la potencia que debe suministrar esta fuente es de 1500 mW, y por razones de seguridad se utiliza una fuente de 3000 mW regulada.

Los circuitos de acondicionamiento seÑal y el motor de pasos, se los polariza con una fuente de alimentaci3n de 12 V DC, por lo que se requiere una fuente de alimentaci3n de 12V DC con una potencia 5530 mW, y por razones de seguridad se utiliza una fuente de 7000 mW regulada.

Ambas fuentes tienen como origen un transformador con tap central de 120V/24V y 3A.

2.5 INTERFACE AL COMPUTADOR.

2.5.1 PUERTO PARALELO DEL COMPUTADOR.

2.5.1.1 Puerto Paralelo Original

Por lo general la circuitería y el conector para el puerto paralelo es usualmente una tarjeta de expansión, pero algunas veces, generalmente en computadores portátiles la circuitería está integrada en el motherboard. Estas tarjetas por lo general incluyen funciones adicionales tales como: un puerto serial, puerto de juegos, y algunos añaden controladores de discos o adaptadores de muestra.

El sistema operativo toma al puerto paralelo como LPT1 (línea de impresora 1), o LPT2 y LPT3 para puertos adicionales. El conector posterior del puerto en el computador es un conector tipo hembra de 25 D pines. Cada puerto paralelo tiene una de tres posibles direcciones base en memoria: 3BCH, 378H o 278H. Se puede cambiar la dirección variando la ubicación de los jumpers o correr algún programa de configuración.

Al encenderse las máquinas, una rutina del BIOS, busca el puerto paralelo en cada una de las tres direcciones respectivas. El primer puerto que encuentre lo llamará LPT1, el segundo LPT2 y el tercero LPT3. La rutina del BIOS guarda la dirección del puerto en la tabla de 40:8 a 40:F, empezando con el LPT1.

Dos interrupciones de hardware 5 y 7 son comúnmente asociadas con el puerto paralelo. Algunas tarjetas permiten seleccionar una interrupción mediante los

jumpers o un programa de instalación, mientras que en otros equipos existe una interrupción específica.

Convencionalmente, el LPT1 usa la interrupción 7 y el LPT2 usa la interrupción 5. Sin embargo, desde las computadoras XT, los discos duros usan la interrupción 5, la cual no estará entonces disponible para el puerto paralelo. En la tabla 2.2 se presentan las señales en el conector del puerto paralelo.

2.5.1.2 Líneas de Datos.

Las líneas de datos D0 a D7 son ocho salidas que llevan los datos a la impresora para ser impresos. Para otras aplicaciones, se puede usar la línea de datos como salidas de propósito general. El control de los estados de los pines del 2 al 9 en

Conector Tipo D Pin	Señal	Función	In/Out	Registro	Registro Invertido	Número de bit en el registro
1	-STB	Habilitar D0 a D7	I/O	control	si	0
2	D0	Dato bit 0	O	datos	no	0
3	D1	Dato bit 1	O	datos	no	1
4	D2	Dato bit 2	O	datos	no	2
5	D3	Dato bit 3	O	datos	no	3
6	D4	Dato bit 4	O	datos	no	4
7	D5	Dato bit 5	O	datos	no	5
8	D6	Dato bit 6	O	datos	no	6
9	D7	Dato bit 7	O	datos	no	7
10	-ACK	Reconocimiento	I	estado	no	6
11	BSY	Impresora Ocupada	I	estado	si	7
12	PE	Fin de papel	I	estado	no	5

Tabla 2.2 Señales disponibles en el conector del puerto paralelo (continua...)

Conector Tipo D Pin	Señal	Función	In/Out	Registro	Registro Invertido	Número de bit en el registro
13	SEL	On line	I	estado	no	4
14	-AUTO	Alimentación automática	I/O	control	si	1
15	-ERR	Error	I	estado	no	3
16	-INIT	Inicializar impresora	I/O	control	no	2
17	-SELIN	Seleccionar impresora	I/O	control	si	3
18-25	GND	Tierra	I		no	-

Tabla 2.2 Señales disponibles en el conector del puerto paralelo

el pòrtico paralelo, se realiza escribiendo el dato en el registro de datos; cuya direcci3n es la base del pòrtico. Por ejemplo para colocar unos (estado l3gico alto) en los pines de D4 a D7 y ceros en los pines de D0 a D3 se debe escribir el dato F0H al registro de datos. En BASIC, se utiliza la sentencia OUT, como sigue:

OUT Direcci3n del registro de datos, Dato

OUT 3BCH,FOH; (Por ejemplo)

Nota.- Algunos pòrticos paralelos tienen l3neas de datos bidireccionales, las cuales pueden ser usadas como entradas o bien como salidas.

2.5.1.3 L3neas de Entrada.

Las l3neas de entrada, son cinco entradas del registro de estado cuya direcci3n es: direcci3n base + 1, o 3BDH para un pòrtico con direcci3n base de 3BCH. El

registro de estado es solamente para lectura, la escritura en el mismo no tiene efecto. Las cinco líneas de estado usan los bits del 3 al 7 en este registro, correspondiente a los pines 10, 11, 12, 13 y 15 del conector DB25. Los bits 0, 1 y 2 no son utilizados. Para leer el estado de las entradas, basta con leer el registro.

En Basic se usa la función:

PRINT INP (Dirección del registro de estado)

`PRINT INP (3BDH);` (Por ejemplo)

Sin embargo, el valor leído no es exactamente el que se encuentra puesto en los pines del conector correspondiente a este registro; ya que el bit 7 contiene el complemento del estado lógico del pin 11. Para encontrar el verdadero nivel lógico del pin del conector, se debe complementar o invertir el bit 7.

La función booleana OR- Exclusivo (XOR) opera muy fácilmente para invertir uno o más bits dentro de un byte, dejando a los demás bits sin sufrir cambio alguno.

2.5.1.4 Líneas de Control.

Son cuatro líneas que se usan como entradas o salidas, en cualquier combinación. La dirección del registro de control es: dirección base + 2, o 3BEH para un pósito con una dirección base de 3BCH. Las cuatro líneas de control son los bits 0, 1, 2 y 3 en este registro, los cuales corresponden a los pines 1, 14, 16 y 17 sobre el conector.

Los bits 5, 6 y 7 en el p rtico de control no son usados en muchos p rticos paralelos. En p rticos con líneas de datos bidireccionales, los bits 5 o 7 configuran el p rtico como entrada o salida. Para escribir en las líneas de control, se escribe en el registro de control:

OUT Dirección del registro de control, Dato de control

OUT 3BEH, 0AH; (Por ejemplo)

Igual que el puerto de estado, el p rtico de control tiene bits invertidos. Los bits 0, 1 y 3 están complementados en su nivel lógico en el registro de control. Solamente el bit 2 se lee normalmente. Para asegurarse de que el valor escrito es igual al que se encuentra en el conector se implementa el valor del dato con la función XOR 0BH (00001011).

Para leer las entradas de control, se lee el registro de control con:

PRINT INP (Dirección del registro de control)

PRINT INP(3BEH XOR 0BH); (Por ejemplo)

2.5.1.5 Pórticos Bidireccionales de Datos.

Cuando se necesite 8 bits de entrada, se puede combinar las líneas del registro de estado con las líneas del registro de control. Para algunas aplicaciones es conveniente el uso de un p rtico con 8 bits de entrada.

Con el modelo PS/2 en 1987, IBM empezó a ofrecer un puerto bidireccional, es

decir la línea de datos puede ser usada bien como entradas, o bien como salidas.

Otros fabricantes ofrecen puertos bidireccionales. Por ejemplo, las computadoras que usan el Intel 386SL o 486SL tienen un chip como subsistema de I/O que incluye un puerto bidireccional.

Típicamente se usa el puerto bidireccional como entrada, pero se debe correr primero un programa o mover un jumper para configurar el puerto para una operación bidireccional y además colocar un 0L o 1L en el bit 5 del registro de control, pero en otros casos en el bit 7. Si el computador no tiene un puerto bidireccional, se puede añadir una tarjeta de expansión como por ejemplo la DSP550, que contiene un puerto paralelo y dos puertos seriales de alta velocidad.

Para determinar si el puerto de datos es totem pole o de colector abierto y bidireccional se debe aplicar la siguiente prueba:

Primero, escribir FFH al puerto de datos y medir los voltajes en los pines del 2 al 9. Si la medida es más baja a los 4.5 voltios, las salidas son probablemente totem-pole, y el puerto no deberá ser usado para entradas. Si la medida da justo 5 voltios, conectar entonces una resistencia de 1000 ohmios de la salida a tierra. Si la salida de voltaje baja 0,5 voltios o más, la salida es probablemente un colector abierto o similar y puede ser usado como bidireccional.

2.5.1.6 Velocidad.

La velocidad a la que el puerto paralelo puede leer o escribir, depende de la

velocidad del computador y la velocidad del software, el cual además depende del lenguaje de programación y el programa que se escribe. Usando programación tipo ensamblador, se puede leer el puerto paralelo y grabar los valores en memoria o escribir el valor de la memoria al p rtico, usando unas sencillas instrucciones. Usando BASIC, C o cualquier compilador o programa interpretador podría reducirse también la velocidad.

Como una regla en general, es posible transferir datos a unos 40KBs u 80KBs[3] en computadores muy rápidos. En computadoras de 8MHz, se puede llegar a transmitir a 10Kbytes o 15Kbytes por segundo.

En diseños muy recientes, que incluyen el p rtico paralelo de Intel SL y los p rticos que siguen el estandar 1284 de IEEE se pueden transferir datos a 1Mbytes por segundo.

2.5.1.7 Cables del Puerto Paralelo.

El puerto paralelo usa de ordinario 5 voltios, y cables de longitud de 2.592 m a 5.58 m de largo[4]. La correcta interfase para estos componentes pueden reducir los problemas de ruido o degeneración de las señales. Para obtener mejores resultados en el proceso de transmisión se sigue las siguientes recomendaciones:

- Para eliminar el desacoplamiento, conectar un capacitor en la línea de 5 voltios

3. MICROCOMPUTER JOURNAL, May/June 1994. Pág. 20

4. MICROCOMPUTER JOURNAL. May/June 1994. Pág. 22

a tierra, a cada integrado que tenga conexión directa con los conectores del cable. Se usa generalmente un capacitor que tenga una buena respuesta de alta frecuencia, como por ejemplo de cerámica, mica o politileno. Un valor aceptable para este propósito es un valor de 0.1 μ F, pero el valor exacto no es crítico.

- Para aumentar la inmunidad al ruido en las líneas de entrada del puerto es aconsejable usar dispositivos con entradas Schmitt-trigger, como el 74LS244 o elementos con habilitación de sus correspondientes salidas (ver anexo 2).

No conectar directamente al cable señales de reloj o de control sin haberlas pasado por un buffer, incluyendo las entradas y salidas de los flip-flops, contadores y registros.

- Las líneas de datos deben estar conectadas a través de latches como el 74LS373 (ver anexo 2)
- Si no se encuentran en uso las líneas de estado, se debe conectarlas a 5 voltios o a tierra a través de una resistencia de 4700 ohmios para asegurar un nivel lógico válido.

2.5.1.8 Transmisión a largas distancias.

Si la aplicación no excede la distancia máxima de 5.508 m, la solución se encontraría en las mencionadas anteriormente. Si excede la distancia máxima

existen extendedores que están disponibles en el mercado, como son Misco, Personal Computer Tools y Radio Shack [5] para nombrar a unos cuantos fabricantes. Un tipo de extensor añade a la línea un aumentador o repetidor, que regenera la señal en el medio del cable, permitiendo con esto duplicar la distancia de trabajo.

Para distancias más largas existen repetidores que alcanzan una distancia de por lo menos 453.6 m. Este tipo de convertidores convierten las señales paralelas en un formato serial, usualmente RS232, RS422 o RS485. El enlace serial usa balanceadores de voltaje, controladores de rango y otras técnicas para permitir la transmisión sobre largas distancias. Para cada línea de transmisión en paralelo no se podría tener este tipo de técnicas ya que aumentaría el costo, por lo cual la transmisión serial es la solución para transmisión a largas distancias.

2.5.2 INTERFACE AL PUERTO PARALELO.

2.5.2.1 Tarjeta de Adquisición de Datos.

La tarjeta de adquisición de datos se la implementa en base al conversor ADC0808, el cual es un convertidor de 8 bits, que tienen la posibilidad de leer 8 señales análogas. Además de este elemento se usan dos microswitches que dividen el byte registrado en el conversor en palabras de cuatro bits. Además se dispone de un oscilador para el muestro de las señales análogas.

La selección de los canales analógicos que llegan al convertidor se consigue a través de los pines 25 (A) , 24(B) y 23(C) del A/D, cuya operación se detalla en la tabla 2.3.

INPUTS: Pines definidos en el convertidor A/D			ADDRESS STROBE	CANAL SELECCIONADO	
Pin 23	Pin 24	Pin25		PIN en el A/D	Sensor
C	B	A			
H	L	L	↑	2	Velocidad
H	L	H	↑	3	Dirección
H	H	L	↑	4	Ventilador

Tabla 2.3 Selección de los canales analógicos ingresados al A/D

H: Nivel lógico alto L: Nivel lógico bajo

El manejo de los pines 25(A) y 24(B) del convertidor se lo realiza a través de las líneas de datos D2 y D3 correspondientes al puerto paralelo, mientras que el pin 23(C) se lo conecta directamente a uno lógico (+5V).

La conversión se inicia al activarse las señales ALE y START en el momento del encendido del equipo. Es una conversión en “free-running”. Si no se ha empezado la conversión se a dispuesto de un reset para dar el pulso de inicio.

Concluída la conversión, debe habilitarse la salida del dato digital a través de los pines 17, 14, 15, 8, 18, 19, 20, 21 del A/D. La habilitación se consigue al poner el pin 9 del A/D a uno lógico, para permitir la salida continua de los datos

digitalizados. La figura 2.11 muestra el diagrama de conexión implementado.

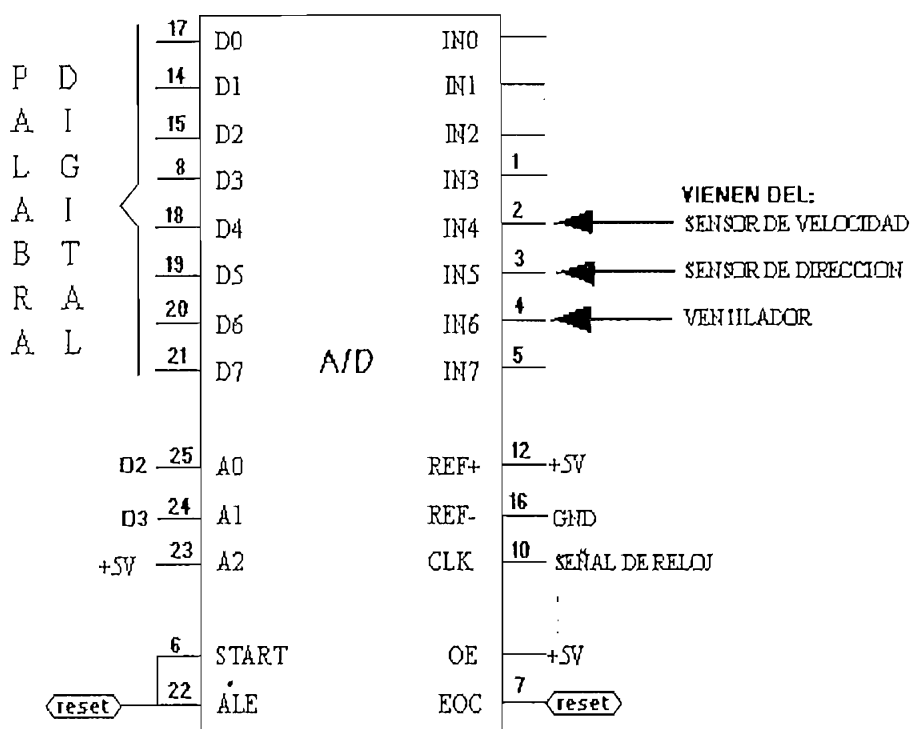


Fig. 2.11 Diagrama de conexión en el convertor A/D

Cabe indicar que la mayoría de pódicos poseen 5 líneas de entradas, y la palabra de datos digitalizada en el A/D es una de 8 bits (8 líneas). Para resolver este inconveniente se utiliza switches digitales como el CD4066B.

Se parte la palabra de 8 bits en dos de cuatro bits: autorizando primero, el paso de los cuatro bits más significativos a través de cuatro entradas disponibles en el puerto paralelo (Pin 11, Pin 10, Pin 12, Pin 13) y luego el paso de los cuatro bits menos significativos a través de las mismas cuatro entradas. La selección del paso de los 4 bits más y menos significativos se consigue por programa, a través de la línea de datos D0 correspondiente al puerto paralelo (Pin 2). Pero antes del

paso de los bits desde el conversor hacia los microswitches, se hace pasar primero estos a través de un buffer tres estados, cuya función es la de proteger al pórtico.

El oscilador[6] implementado para el muestreo de las señales ingresadas al conversor se lo implementa en base a compuertas NAND (74LS00) . El fabricante recomienda una señal de 666 KHz, como señal de reloj para el conversor. En la figura 2.12 muestra el oscilador desarrollado para una frecuencia de oscilación de 500khz.

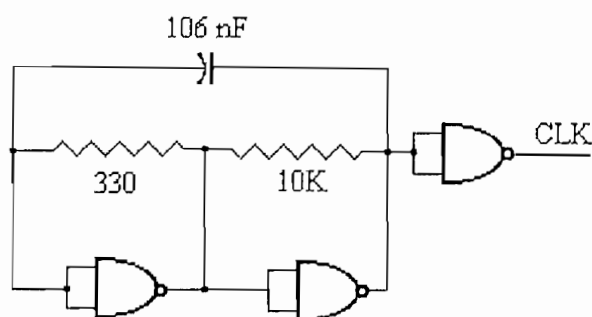


Fig. 2.12 Circuito Oscilador

NOTA.- Se aconseja no alimentar al conversor con una señal de reloj superior a los 666Khz, para evitar el calentamiento indeseable de este integrado.

En el diagrama de la figura 2.13 se muestra el circuito total de la tarjeta de adquisición de datos.

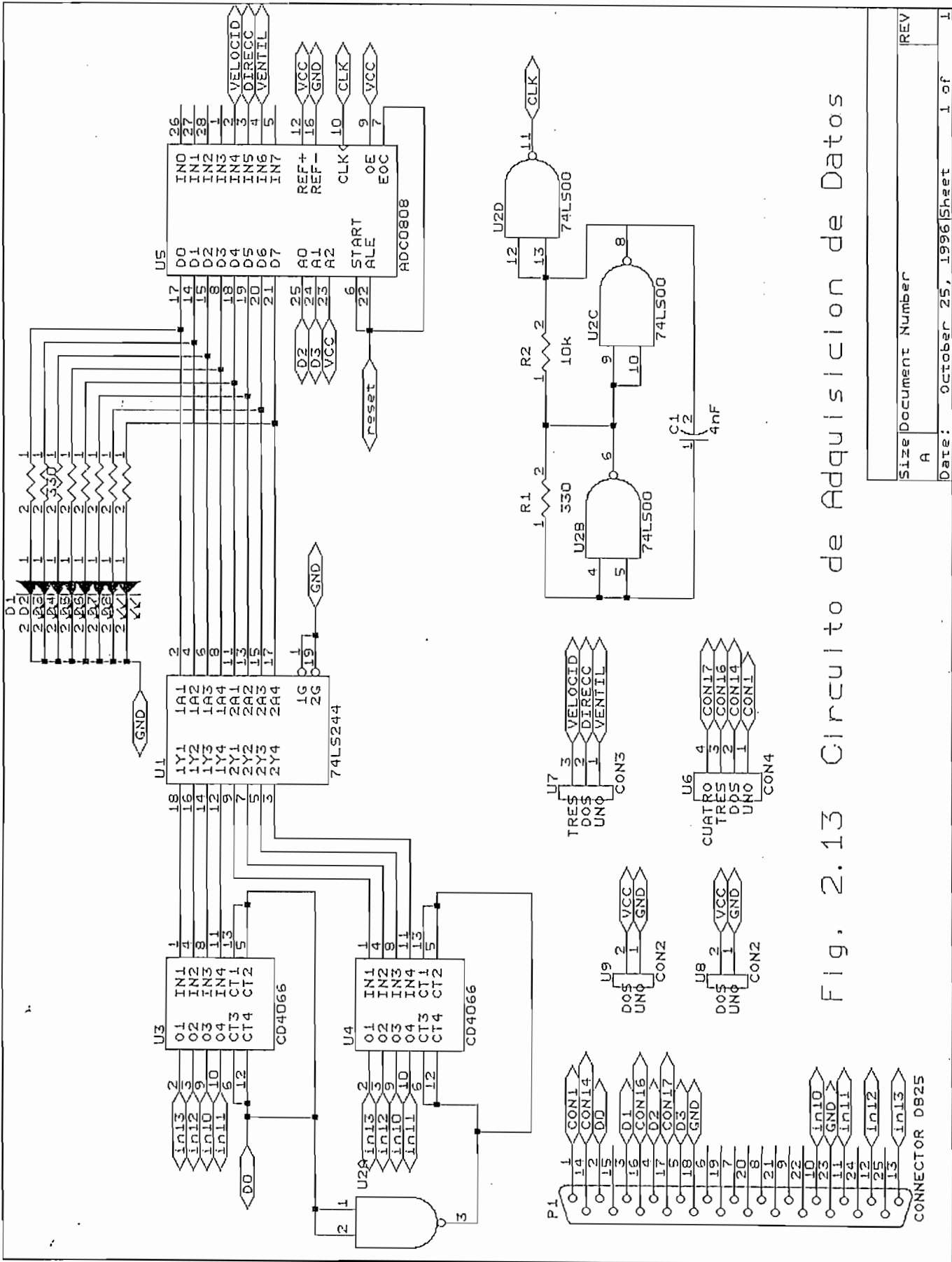


Fig. 2.13 Circuito de Adquisición de Datos

2.6 MOTORES DE PASOS

2.6.1 CARACTERÍSTICAS Y PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES PASO A PASO.

No se pretende hacer un estudio profundo de las características y principios de funcionamiento de los motores paso a paso, ya que este ha sido desarrollado en trabajos anteriores, pero se quiere dar los lineamientos generales para el manejo y control de éstos.

Así, el motor paso a paso es un actuador incremental electromagnético, que convierte pulsos eléctricos de entrada en movimientos mecánicos discretos de salida. La clave de un motor paso a paso radica en el diseño de una combinación de rotor y estator tal que presenten posiciones de equilibrio espaciadas regularmente y creadas por polos magnéticos alternos (Norte- Sur-Norte...). En sí son motores sincrónicos que poseen un estator y un rotor.

Están contruidos con varios devanados en el estator. A cada pulso de activación de las fases, el eje del motor gira un ángulo específico que se repite exactamente al ir activando las otras fases.

Según el principio de funcionamiento, se los clasifica en dos tipos de motores paso a paso, estos son:

1. Tipo Reluctancia Variable

2. Tipo Imán Permanente.

Según el número de fases, los más comunes son los de dos y tres fases, aunque existen en el mercado motores con cuatro, cinco o más fases. El número de polos que el motor disponga en el rotor o en el estator influirá directamente en el tamaño del ángulo de paso que se requiera por cada activación de las fases. En el mercado se pueden encontrar una amplia gama de motores paso a paso con desplazamientos angulares que van desde los 0.72° hasta los de 90° .

2.6.1.1 Motor tipo reluctancia variable.

El funcionamiento de este tipo de motores, se basa en el principio de reluctancia variable, según el cual, ante una corriente circulante a través de un bobinado apropiado, se desarrollará un torque que hace girar el rotor, a la posición en la cual la reluctancia del circuito magnético es mínima.

Con el motor paso a paso de reluctancia variable se pueden obtener torques altos, como también velocidades altas de accionamiento, ya que tienen una rápida respuesta a cada paso de excitación, pero con la desventaja de que en cada paso de excitación, su respuesta presenta oscilación y sobreimpulso. Cuando las fases están desactivadas, el rotor puede girar libremente, por lo que en esta condición no dispone de ningún torque. Los motores contruidos de tres o más fases, pueden girar en ambos sentidos.

En este tipo de motores se puede encontrar dos variantes, que son:

- Motor paso a paso de reluctancia variable con stack simple o de rotor con un

un solo disco dentado.

- Motor paso a paso de reluctancia variable con stack múltiple o de rotor con varios discos dentados.

Motor paso a paso de reluctancia variable con stack simple.

El rotor y el estator presentan un número de dientes diferente uno del otro. La figura 2.14 muestra el esquema de un motor paso a paso trifásico de reluctancia variable de stack simple; con doce dientes en el estator (cuatro dientes por fase) y 8 dientes en el rotor.

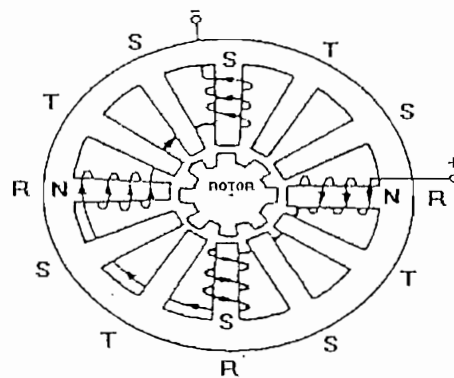


Fig. 2.14 Motor paso a paso trifásico, tipo reluctancia variable de stack simple.

Motor paso a paso de reluctancia variable con stack múltiple.

El estator como el rotor constan de tres o más discos dentados. Cada disco dentado del rotor es magnéticamente independiente uno de otro y están montados sobre el mismo eje. Los dientes de cada disco están perfectamente alineados con los dientes de los otros discos. De manera similar, el estator está constituido por igual número de

discos (secciones) que el rotor, cada uno de estos montados sobre un soporte común con sus respectivos devanados, tal como lo muestra la figura 2.15.

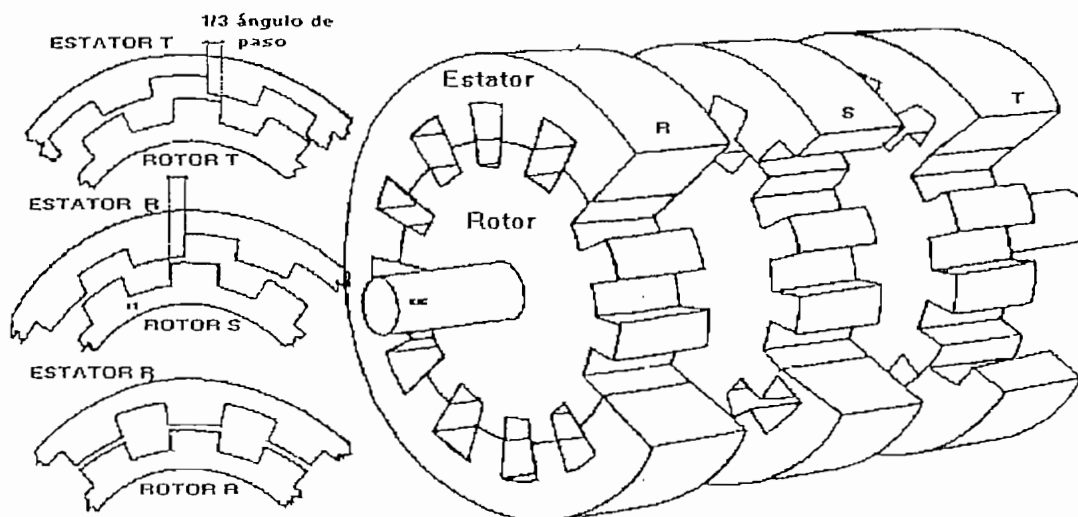


Fig. 2.15 Motor paso a paso trifásico tipo reluctancia variable.

Esquema de los dientes del rotor y del estator

El ángulo de paso del motor de reluctancia variable de múltiple stack esta determinado por el número de dientes del rotor o del estator y por el número de fases mediante la siguiente relación: [7]

$$\theta_o = \frac{360}{n \cdot z}$$

donde:

z = número de dientes por fase

n = número de fases

θ_o = ángulo de paso en grados.

2.6.1.2 Motor paso a paso tipo imán permanente.-

En este tipo de motor, el rotor está construido de un imán permanente de material cerámico que tiene un patrón fijo de polos Norte y Sur alternados, o un campo magnético unidireccional producido por una fuente D.C. externa. El estator generalmente contiene un devanado polifásico.

La figura 2.16 muestra el corte transversal de un motor paso a paso tipo imán permanente de dos fases, ocho polos salientes (cuatro polos por fase) y un ángulo de paso de 1.8° .

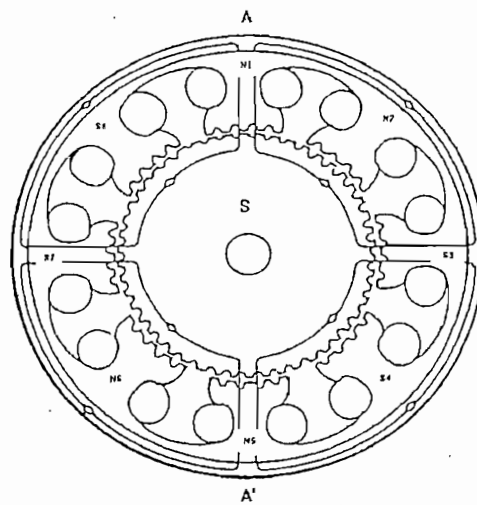


Fig. 2.16 Corte transversal de un motor paso a paso tipo imán permanente.

Para este motor, el estator tiene físicamente 40 dientes (cinco dientes por cada polo), con un paso de diente de 7.5° , que equivaldría a que en toda la periferie del estator estuvieran distribuidos uniformemente 48 dientes ($48=360^\circ/7.5^\circ$).

2.6.2 APLICACIONES DE LOS MOTORES PASO A PASO.

Los motores paso a paso permiten construir sistemas muy simples de control de movimiento, por lo tanto, se utilizan en una gran variedad de aplicaciones, gracias al desarrollo acelerado de nuevos circuitos integrados y sistemas computacionales. La aplicación más cercana a todos los usuarios de computadores es el manejo de las cabezas de los discos duros y flexibles de almacenamiento magnético. Cuando el computador quiere recuperar un archivo de un diskette, por ejemplo, pone en marcha un sistema de control de un motor paso a paso que le permite "contar" el número de pistas o "tracks" de disco hasta llegar al punto físico donde se inicia el archivo. De manera similar trabaja el mecanismo que controla el avance del papel y la posición de la cabeza en una impresora. La mayoría de las herramientas de control numérico, automático y en general dispositivos que requieren de un control de posición y/o velocidad rápido y preciso, requieren de motores paso a paso.

También algunos robots, industriales y didácticos, utilizan motores paso a paso para realizar el control de posición de cada una de sus juntas. Si se aumenta el número de motores y se realiza un programa adecuado, se podrá pensar en construir: sistemas X, Y, Z para desplazamiento, elementos de inyección de dosis precisas de líquidos y toda una gran cantidad de eventos y procesos que nos conllevan hacia la robótica y la automatización de procesos industriales.

En fin, la naturaleza digital de este motor facilita el control de la posición del eje en muchas aplicaciones, porque se reduce todo a llevar la cuenta de los pasos o ángulos que avanza.

2.7 CARACTERISTICAS DE LOS ELEMENTOS ULIZADOS.

2.7.1 CONVERTOR ANALOGO/DIGITAL

El conversor análogo - digital utilizado en el presente trabajo, es un conversor de 8 bits, con un tiempo de resolución de 100 μ s, completamente compatible con los microprocesadores, salidas en tres estados, entradas latchadas y bajo consumo de potencia, incluye además un decodificador de 3 a 8 líneas, el mismo que permite seleccionar la entrada análoga a digitalizarse. El ADC0808 utiliza la técnica de las aproximaciones sucesivas para realizar la conversión. Después de seleccionar el canal y dar la señal de START, el circuito emplea 100 μ s para completar el proceso; cuando esto ocurre, coloca los ocho bits de la palabra digital resultante en un registro de salida de tres estados de almacenamiento y emite la señal EOC (fin de conversión), para que se entere el usuario de recoger los datos. Las referencias REF+ Y REF-, permiten definir el rango de conversión. Por ejemplo: si $V_{REF+}=5$ V y $V_{REF-}=0$ V, la palabra digital de salida variará entre 00(hex) para 0V y FF(hex) para 5 voltios de la señal de entrada. La figura 2.17 muestra en bloques la configuración del A/D. (referirse a anexo 2, para mayor información).

2.7.2 SWITCHES DIGITALES - CD 4066B.

El 4066 es un cuadruple switch análogo, diseñado para manejar señales análogas y digitales. Cada switch permite el paso de señales con amplitudes de 12V pico. Estos elementos funcionan como microinterruptores, que al recibir la señal de

control adecuada permiten, cada uno a su turno el paso de cuatro bits.

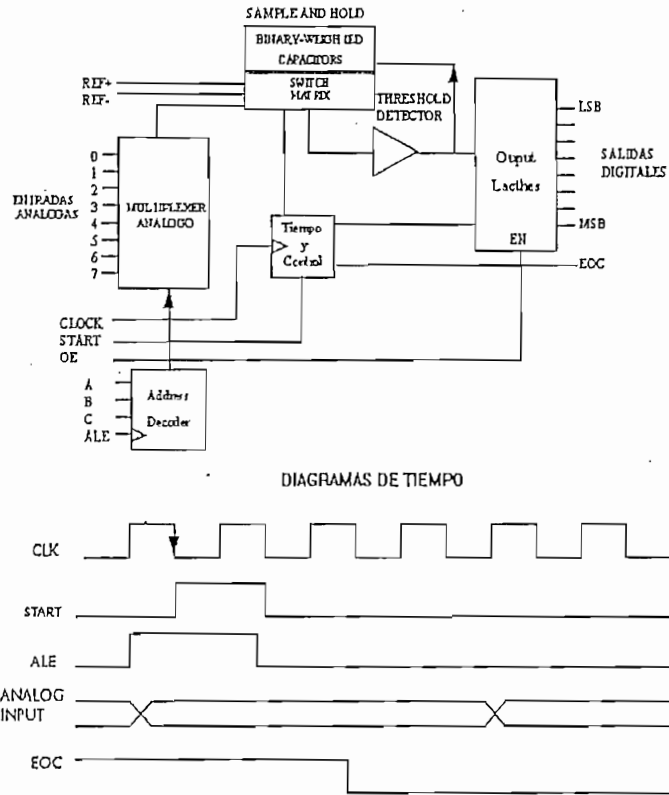


Fig. 2.17 Diagrama de bloques de un convertor A/D

Estos elementos poseen entre a sus características:

1. Alto grado de linealidad
2. Baja impedancia cuando esta encendido. Típicamente 30Ω a $12V$.
3. Control individual de cada switch.
4. Bajo consumo de corriente
5. La misma distribución de pines de elementos de la Motorola y National.

Se aplica en: La selección de señales, choqueo, modulación, demodulación, multiplexación de señales. En la figura 2.18 se indica la distribución de los pines y su diagrama lógico.

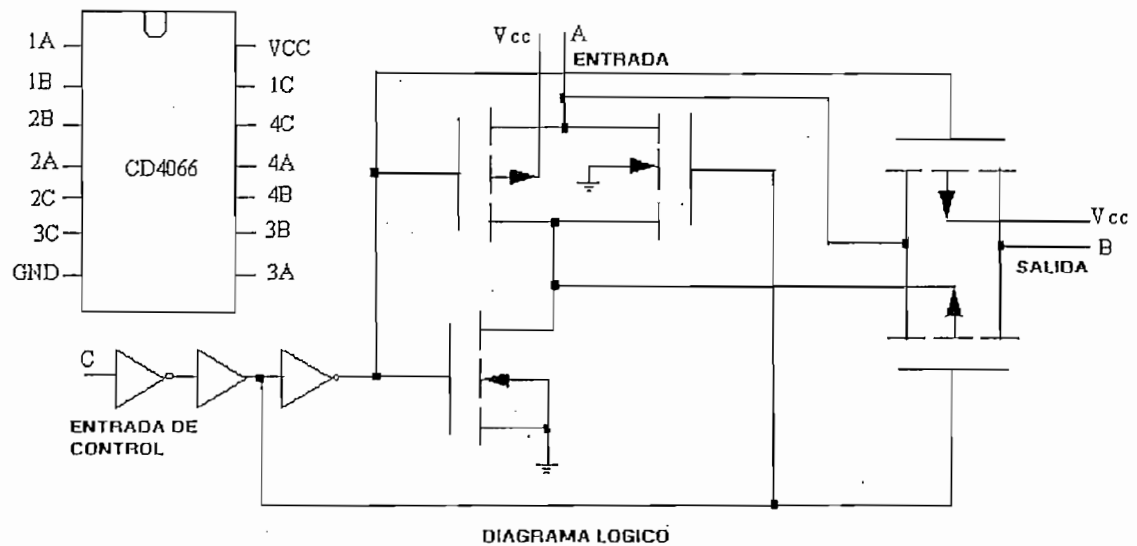


Fig. 2.18 Diagrama circuital del CD4066 y distribución de pines.

2.7.3 CONVERSION DE FRECUENCIA / VOLTAJE - MC2917N

El LM2917N es un conversor monolítico de frecuencia a voltaje (F/V), diseñado para manejar relays, lámparas, y otras cargas cuyas entradas exigen una razón de frecuencia determinada. Este elemento consiste en un comparador y un circuito de charge pump (suministrador de carga).

Ofrece un bajo risado, excelente protección en las entradas y una salida switcheada a tierra para una frecuencia de entrada cero.

Características relevantes:

- Se necesita únicamente una red RC, para suministrar frecuencias dobles y así obtener voltajes de salida con bajo rizado.
- Entrega salidas en el colector y emisor de hasta 40 mA, para operar relays, selenoides, leds.
- Posee un circuito de histéresis que le hace inmune al ruido.
- Su linealidad típica es de $\pm 0.3 \%$.
- El voltaje entregado es proporcional a la frecuencia de entrada, y viene dado por:

$$V_o = V_{cc} * f * C_1 * R_1 * K.$$

donde : K= Ganancia dado por el amplificador de salida (típicamente 1)

C1: Capacitor conectado al pin 2

R1: Resistencia conectada al pin 3

f: frecuencia de entrada conectada al pin 1 o pin 11.

En la figura 2.19 se muestra el diagrama circuital del integrado en mención.

Nota: Cabe indicar que se debe conectar necesariamente un capacitor en paralelo a la resistencia R1 para filtrar y disminuir el rizado en el voltaje de salida. Esta resistencia corresponde a la que se la conecta en en el pin 3 del integrado.

2.7.4 CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR DE PASOS UTILIZADO.

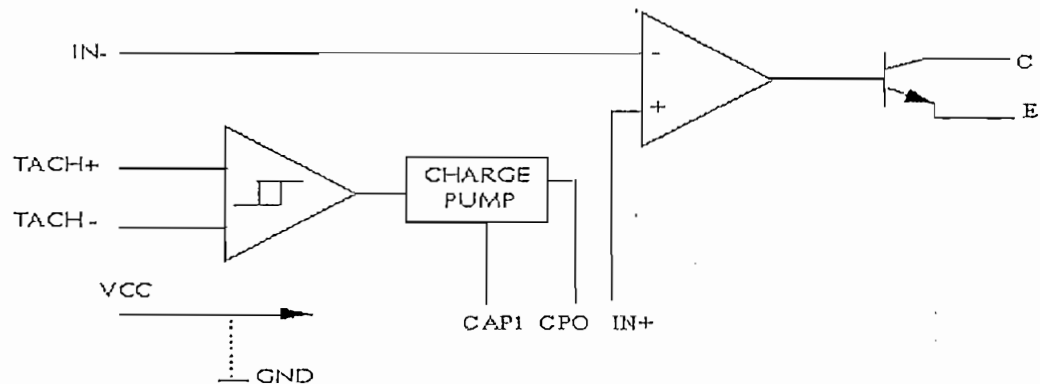
El motor de pasos utilizado es del tipo de imán permanente, con impedancia en los devanados de 23 ohmios. Consta de 4 fases, distribuidas tal como se muestra en la figura 2.20.

Voltaje de Alimentación: 12 V DC

Torque : 31 oz

Angulo de Paso: 1.8 grados (200 pasos por revolución)

Corriente: 0.44 A



FORMAS DE ONDA EN LA OPERACION

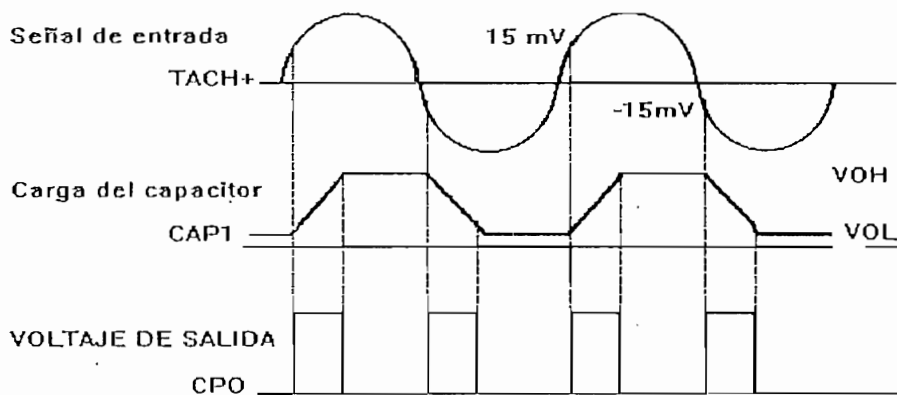


Fig 2.19 Diagrama circuital del conversor F/V

Temperatura de trabajo : 80 °C

Nota.- Los colores indican la distribución de los cables que salen del motor utilizado.

2.7.5 DRIVER PARA EL MOTOR DE PASOS - MC 3479

El MC3479 es un driver diseñado para manejar motores de pasos en modo

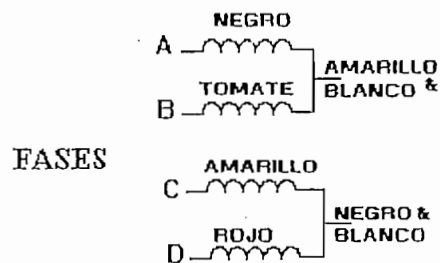


Fig. 2.20 Motor de Pasos utilizado

bipolar. El circuito consiste de cuatro secciones de entrada, dos manejadores para las bobinas del motor y una sección para la determinar la secuencia.

Características:

- Voltaje de operación: +7.2 a 16.5 V
- Maneja 350 mA/bobina.
- Diodos de supresion de EFM. (Efecto electromagnético)
- Selector del Sentido de giro y control del ángulo de paso (completo/medio).
- Selección de alta y baja impedancia de salida.

- Entradas compatibles con TTL y CMOS

La figura 2.21 muestra la distribución de pines del driver de motor a pasos:

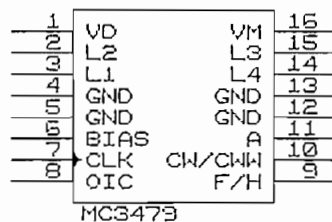


Fig 2.21 Circuito Integrado MC3479 - Controlador de Motores de pasos

2.7.6 SENSOR DE DIRECCIÓN - ANEMOSCOPIO TIPO 200P

En el numeral 2.2.1 se especificaron las características de este elemento.

2.7.7 SENSOR DE VELOCIDAD - ANEMÓMETRO MAXIMUM #40

En el numeral 2.2.2 se especificaron las características de este elemento.

2.8 ESQUEMA GENERAL DEL CIRCUITO

Finalmente, en el diagrama de la figura 2.22 se muestra el circuito completo diseñado para el desarrollo del presente proyecto de tesis.

2.9 MONTAJE DEL PROTOTIPO.

La fotografía de la figura 2.23 muestra la forma en la que se han dispuesto los sensores y el elemento terminal. En cambio en la fotografía de la figura 2.24 se muestra la distribución de la tarjetas.

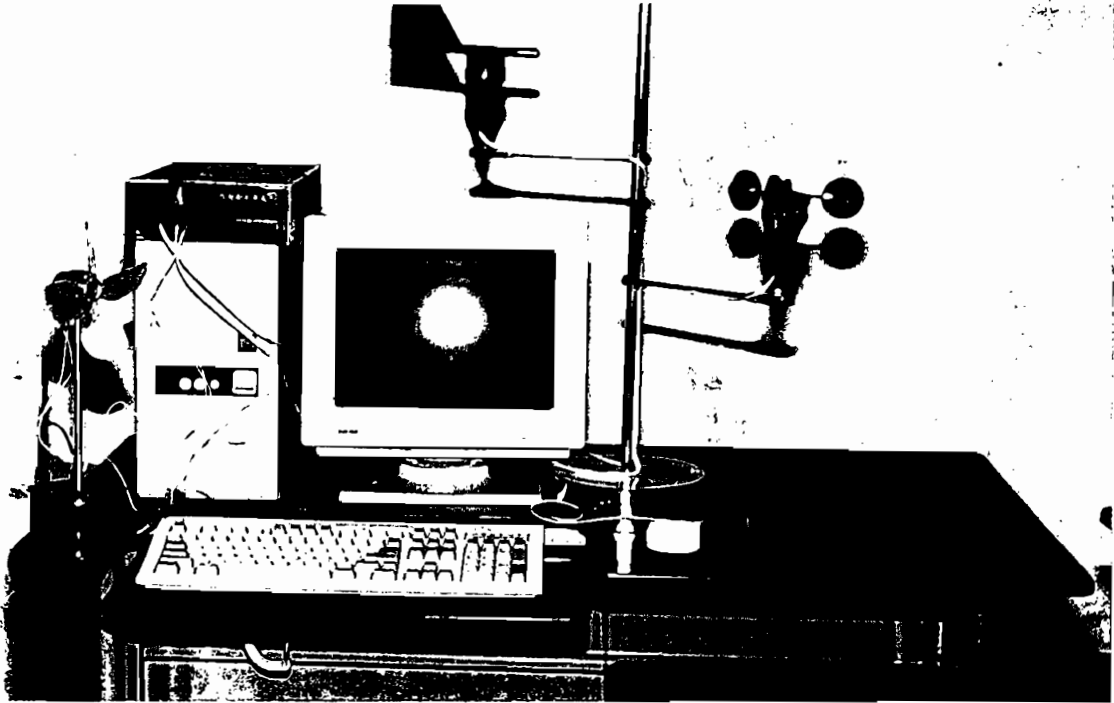


Fig. 2.23 Disposición Física de los elementos que forman el prototipo de registro y captación de energía eólica.



Fig. 2.24 Vista interna. Distribución de las tarjetas.

CAPITULO 3: DESARROLLO DEL SOFTWARE

3.1 GENERALIDADES	77
3.2 PROGRAMA EN BORLAND C++ PARA EL MANEJO DEL PUERTO PARALELO BAJO WINDOWS.....	80
3.3 DESCRIPCION GENERAL DE LOS FLUJOGRAMAS	84
3.3.1 PANTALLA DE PRESENTACION	84
3.3.2 PANTALLA PRINCIPAL.....	84
3.3.3 FLUJOGRAMA PARA LA TOMA DE INFORMACION DE LOS SENSORES.....	87
3.3.3.1 Lectura del Sensor de Velocidad	87
3.3.3.2 Lectura de la Dirección del Viento.....	87
3.3.3.3 Lectura de la velocidad del ventilador.	90
3.3.4 INICIALIZACION DEL MOTOR DE PASOS.....	90
3.3.5 CONTROL PARA EL POSICIONAMIENTO DEL VENTILADOR.....	90
3.3.6 ALMACENAMIENTO DE DATOS.....	94
3.4 INTERFACE GRAFICA INTERACTIVA.....	95
3.5 RUTINA DE INGRESO Y SALIDA DE DATOS	100
3.6 RUTINA DE GRAFICACION DE DATOS.....	106
3.6.1 GRÁFICO DE LA VELOCIDAD.....	106
3.6.2 GRAFICO DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO.....	108
3.6.3 MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VENTILADOR.....	110
3.7 RUTINA DE ALMACENAMIENTO EN UNA BASE DE DATOS.....	110
3.8 RUTINA DE CONTROL DE POSICION.....	111
3.9 RUTINA DE ESCALAS DE DATOS.....	114

3.1 GENERALIDADES

Manejar recursos informáticos asociados a una circuitería electrónica implica la existencia de controles visuales accesibles al usuario para una mejor comprensión y navegación en el programa. De acuerdo al esquema planteado, el desarrollo del programa de control e ingreso de datos se ejecuta bajo un formato visual, siendo Visual Basic 3.0 el entorno de trabajo utilizado en esta aplicación.

El prototipo implementado utiliza el pórtico paralelo o de impresora y un programa desarrollado en Visual Basic para Windows, por lo que es necesario un computador que disponga de estos recursos. Se ha utilizado un computador 486DX2/66Mhz, para el desarrollo de esta aplicación, pero podría utilizarse cualquier computador de pórtico paralelo unidireccional¹, en donde ejecutar windows y ciertos programas este entorno no afecten la velocidad de la máquina.

El programa desarrollado tiene dos campos de acción definidos de acuerdo a la tecnología utilizada, estos son:

- a) Presentación visual y manejo de la información en el ambiente Windows 3.1
- b) Control e ingreso de datos mediante el interface al pórtico paralelo.

El programa cuenta con las siguientes funciones visuales, las cuales se definen de acuerdo al orden lógico secuencial de utilización:

1. Pórtico unidireccional.- Es aquel pórtico que solo dispone de cinco líneas de entrada y en donde el registro de datos es únicamente de salida.

- a) Presentación de una pantalla principal, en la que se encuentran definidos todos los recursos con el que cuenta el sistema.
- b) Presentación de una segunda pantalla en la que se muestran los datos recopilados de los sensores.
- c) Inicialización del control del motor para la alineación con el sensor de dirección.
- d) Inicialización de captura de datos para almacenamiento en medio magnético.
- e) Reporte de datos para la presentación visual de las características del viento monitoreadas con anterioridad.
- f) Ayudas generales acerca del funcionamiento del programa.

Las funciones mencionadas tienen ejecución mediante botones de acceso rápido² y menús de selección, todo esto referido al modo de trabajo en Windows.

Cabe recordar que el manejo de la información se la realiza a través del puerto paralelo del computador, dentro del cual los datos que se reciben y se envían tienen un tratamiento previo mediante un manejo visual.

Los comandos de escritura y lectura del puerto paralelo en programas anteriores a Visual Basic hacen uso del formato de comandos descritos en el capítulo 2,

2. Permiten acceder a funciones de forma rápida y sencilla. Son parte del trabajo en el entorno Windows.

sección 2.5.1. Si se escriben las mismas sentencias en el compilador de Visual Basic, el programa generará un error de sintaxis, tal como el que se muestra en la figura 3.1; esto se debe a que no existen los comandos Inp y Out dentro de Visual Basic.



Fig. 3.1 Error de Sintaxis

La filosofía de trabajo dentro de Windows es crear archivos individualizados, de tal modo que cualquier aplicación dentro de Windows pueda encontrar herramientas necesarias para ejecutarse. Por ejemplo, si en un procesador de palabras bajo Windows se desea añadir nuevos tipos de letras, solo tiene que actualizarse las fuentes³, sin necesidad de hacer cambios al programa.

Para el caso de crear un programa autónomo en Visual Basic, se necesita acceder a librerías de enlace dinámico (DLL), donde existen funciones especializadas, tal que un programa bajo Windows las pueda llamar cuando las necesite.

Windows incluye más de 600 funciones en tres bibliotecas de enlace dinámicas, se las denomina funciones de interfaz de programación de aplicaciones

3. Tipos de letras que el procesador posee.

(Application Programming Interface API). Las funciones DLL que se utilizan frecuentemente se encuentran en tres bibliotecas de enlace: KERNEL.EXE, GDI.EXE y USER.EXE. Pero dentro de estas librerías no existe ningún comando de control al puerto paralelo, por lo que es necesario crear una librería de enlace dinámico individualizada para manejar el puerto.

Estas librerías individualizadas se pueden crear a partir de lenguajes de programación que acceden directamente a funciones del microprocesador interno del computador, como Borland C++, de tal forma que se pueda acceder al pÓrtico sin problemas.

El archivo CUSER2.DLL permite hacer operaciones de entrada y salida tal como INP y OUT lo hacen en QuicKBasic. El programa es hecho en Borland C++, como se especifica en el numeral 3.2.

3.2 PROGRAMA EN BORLAND C++ PARA EL MANEJO DEL PUERTO PARALELO BAJO WINDOWS.

El listado mostrado a continuación se recogió de Internet, en un artículo referente al manejo del pÓrtico paralelo desde Visual Basic.

Listado del Archivo CUSER2.DLL, antes de ser compilado es el siguiente:

```
#include <c:\borlandc\include\windows.h>
```

```
#include <c:\borlandc\include\dos.h>
```

```
extern "C" {int FAR PASCAL _export Test (int) ;

void FAR PASCAL _export Out (int, int) ;

int FAR PASCAL _export Inp (int) ;}

int FAR PASCAL LibMain (HANDLE hInstance, WORD wDataSeg,

        WORD wHeapSize, LPSTR lpCmdLine)

{

    hInstance = hInstance;

    wDataSeg = wDataSeg;

    wHeapSize = wHeapSize;

    lpCmdLine = lpCmdLine;

    if(wHeapSize > 0)

        UnlockData (0);

    return 1 ;

}

int FAR PASCAL _export Test (int arg1)

{

    return (arg1 + 1);

}

void FAR PASCAL _export Out (int portaddr, int portdata)
```

```

{
    unsigned char data;

    outportb(portaddr,portdata);
}

int FAR PASCAL _export Inp (int portaddr)
{
    int portdata;

    portdata = inportb(portaddr);

    return (portdata);
}

```

Para usar Inp y Out en Visual Basic se debe decirle al programa que estas operaciones existen. Cabe recordar que la operación OUT es una subrutina que envía un byte a un puerto de salida, no regresando el valor al programa de VisualBasic . En cambio la operación INP es una función, debido a que regresa un byte desde un puerto de entrada.

Para que Visual Basic entienda la existencia de la nueva librería, de deberá grabar el archivo CUSER2.DLL bajo el siguiente camino en el disco duro:

C:/windows/system/cuser2.dll

Y mediante las declaraciones que se muestran la tabla 3.1 grabadas dentro de la

forma general de Visual Basic, se tendrá acceso a nuevos comandos, en este caso INP y OUT para control del puerto paralelo.

```

Declare Function Test Lib "c:\windows\system\cuser2.dll" (ByVal Numb%) As Integer

Declare Sub Out Lib "c:\windows\system\cuser2.dll" (ByVal Addr%, ByVal Byte%)

Declare Function Inp Lib "c:\windows\system\cuser2.dll" (ByVal Addr%) As Integer

```

Tabla 3.1 Declaraciones para la librería Cuser2.dll

En el gráfico de la figura 3.2 se muestra en que forma⁴ de Visual Basic se deberá escribir las declaraciones descritas en la tabla 3.1; para acceder a los comandos de entrada y salida del puerto paralelo.

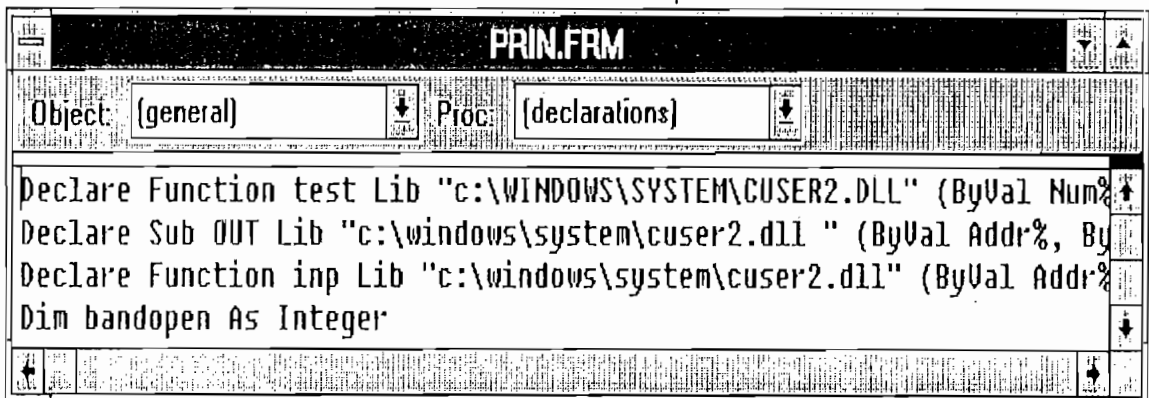


Fig. 3.2 Listado de ordenes que manejan el puerto paralelo

4. Forma en Visual Basic es el entorno de trabajo en el cual se definirán componentes del programa.

3.3 DESCRIPCION GENERAL DE LOS FLUJOGRAMAS

En Visual Basic los procesos de órdenes se ejecutan a partir de eventos o acontecimientos, es decir que el momento que exista una condición establecida se ejecutan subrutinas de proceso, como por ejemplo mostrar la pantalla de ayuda.

A continuación se muestran los flujogramas de las rutinas implementadas para la lectura de la información proporcionada por los sensores y el control del elemento de captación de energía eólica.

3.3.1 PANTALLA DE PRESENTACION

Esta pantalla muestra el título del proyecto realizado en este trabajo de tesis, así como los nombres de los autores. Además se advierte las condiciones para el manejo del este programa y por último se pregunta si desea continuar o no con el proceso. En la figura 3.3 se presenta el flujograma seguido para la ejecución de esta pantalla.

3.3.2 PANTALLA PRINCIPAL

En esta pantalla se presentan varias subrutinas definidas para las opciones que ofrece el control de captación de energía del viento.

Todas las subrutinas se encuentran al mismo tiempo habilitadas, de tal forma que el usuario pueda acceder a las mismas usando el menú de selección o los botones empleados para tal efecto. El proceso de programación en Visual basic se basa en

el diagrama de la figura 3.4.

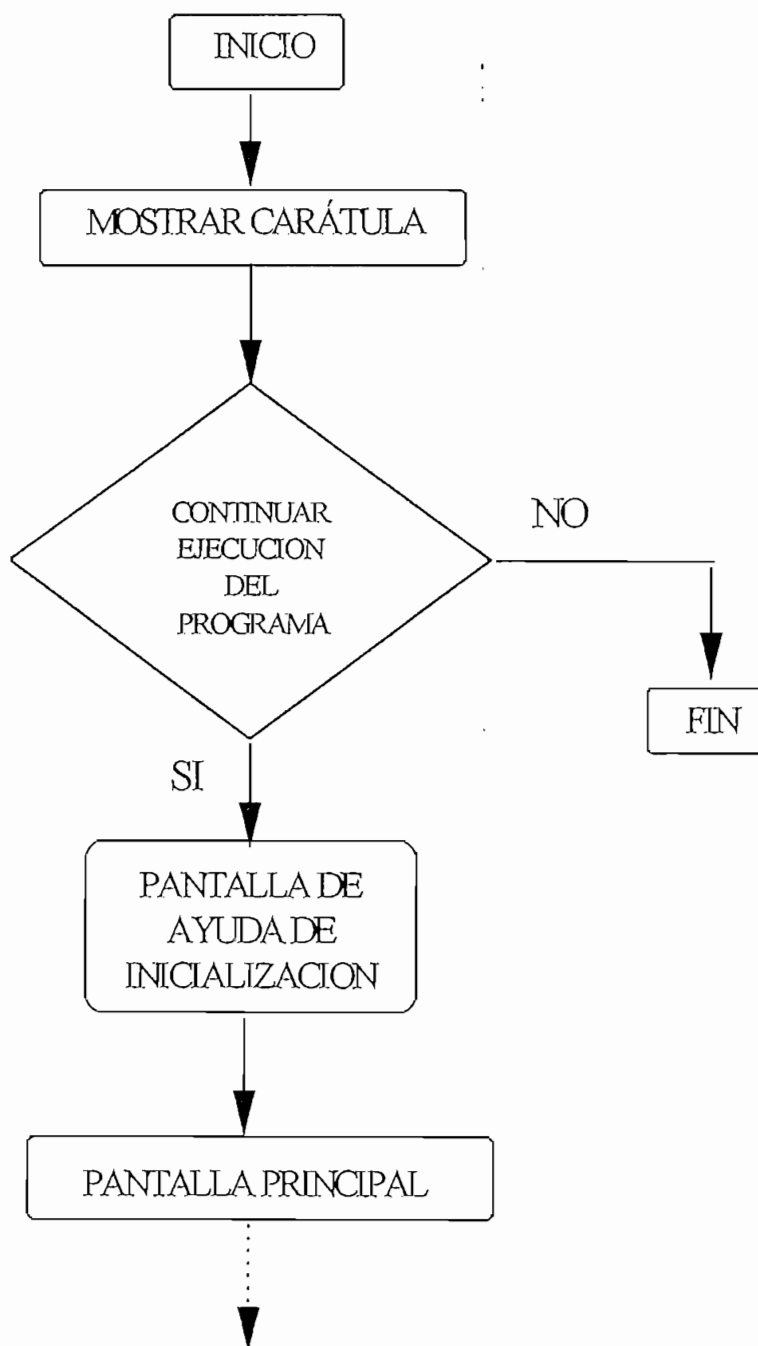


Fig. 3.3 Pantalla Inicial

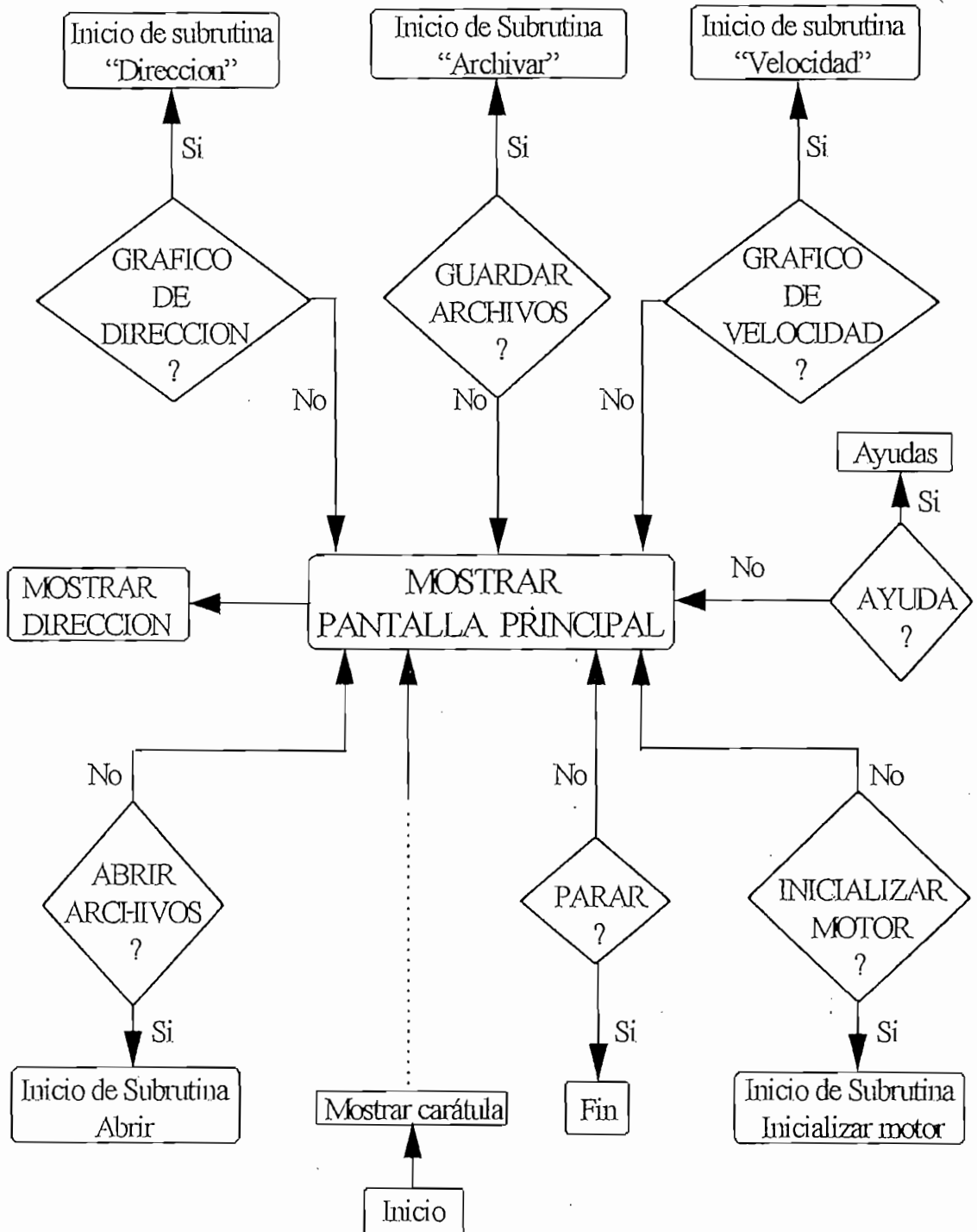


Fig. 3.4 Flujograma de la pantalla principal

3.3.3 FLUJOGRAMA PARA LA TOMA DE INFORMACION DE LOS SENSORES

3.3.3.1 Lectura del Sensor de Velocidad

La lectura del sensor de velocidad se realiza cada 25 ms, pero se obtiene un promedio cada medio segundo; para esto se implementa el flujograma de la figura 3.5. En él se muestra inicialmente la definición de los parámetros, es decir se especifican las direcciones del registro de entrada y del registro de datos pertenecientes al puerto de paralelo. Luego se inicializa el circuito de control para la toma de lecturas de la velocidad del viento. En la sección correspondiente a la rutina de ingreso de datos se dan más detalles a acerca de la toma de velocidades del viento.

3.3.3.2 Lectura de la Dirección del Viento.

El flujograma de la figura 3.6 muestra la secuencia de pasos a seguirse para la programación en Visual Basic. La toma de datos provenientes del anemoscopio se efectúa cada 25 ms, pero promedia estos datos cada medio segundo.

En este diagrama se muestra inicialmente la definición de los parámetros, es decir se especifican las direcciones del registro de entrada y del registro de datos pertenecientes al puerto paralelo. Luego se inicializa el circuito de control para la toma de lecturas de la dirección del viento. En la sección correspondiente a la

dirección del viento.

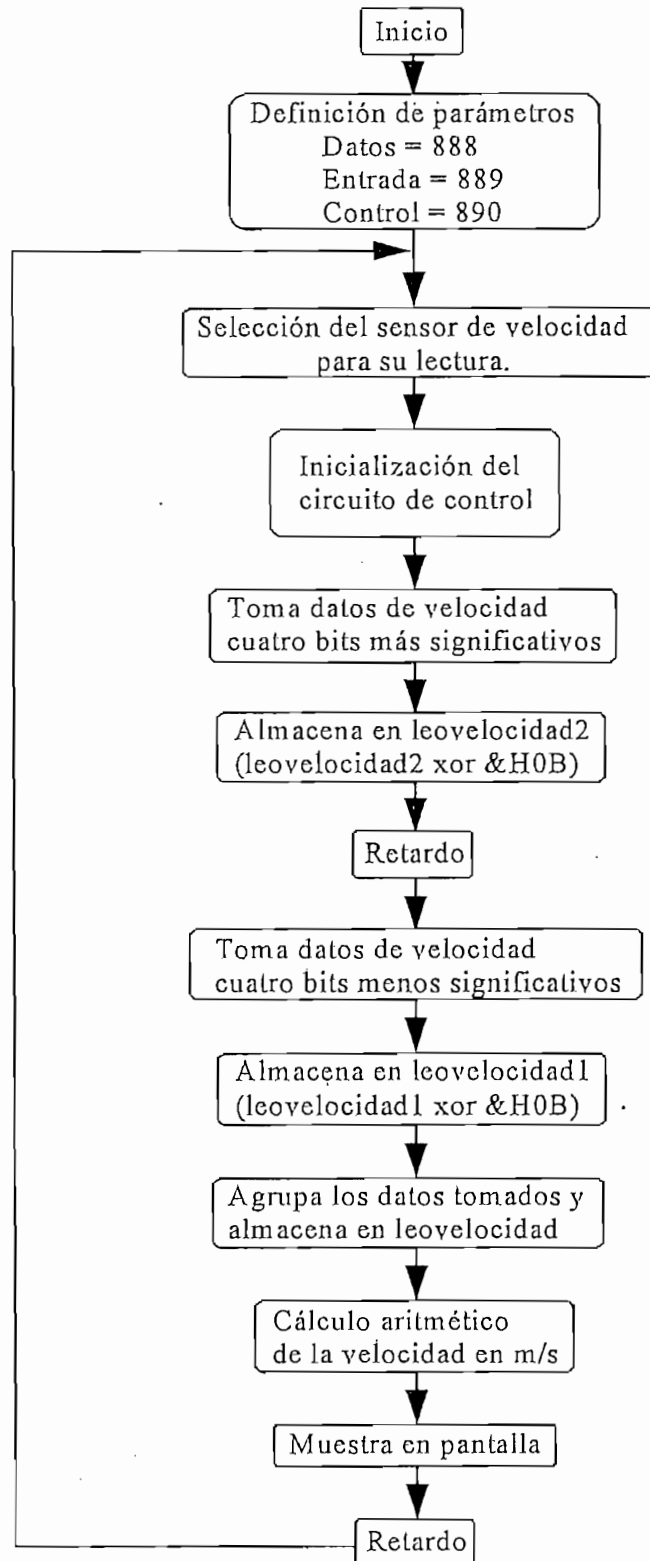


Fig. 3.5 Toma de datos del sensor de velocidad

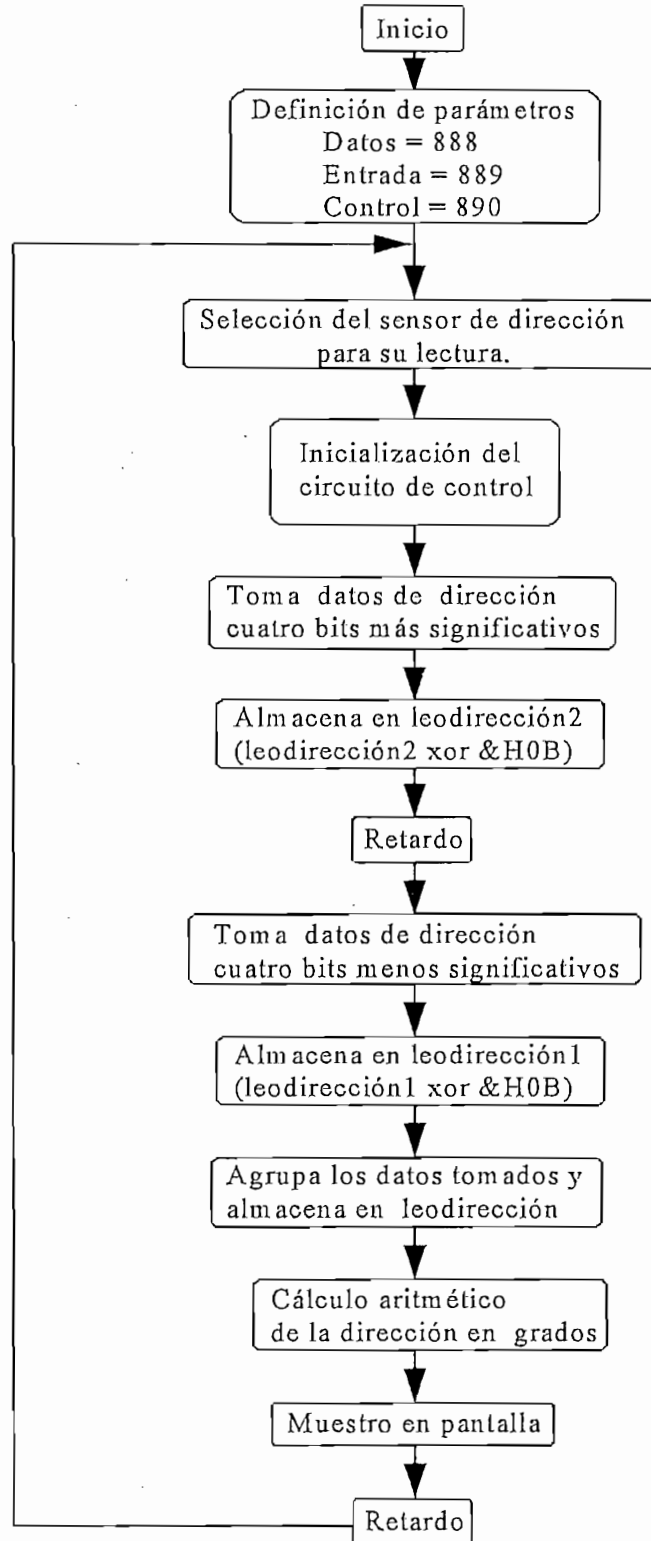


Fig. 3.6 Lectura del sensor de dirección

3.3.3.3 Lectura de la velocidad del ventilador.

De la misma manera que en la toma de la información de los sensores de velocidad y dirección, se realiza la lectura de los datos enviados desde el ventilador. (Motor de corriente continua operando como generador)

En el diagrama de flujo de la figura 3.7 se muestra los pasos a seguirse para la toma de datos provenientes de este elemento. Más detalles se mencionarán en la sección correspondiente al ingreso de datos.

3.3.4 INICIALIZACION DEL MOTOR DE PASOS.

Antes de que el computador empiece con el control del posicionamiento del ventilador en el sentido del mayor flujo de viento, se debe activar esta rutina de inicialización.

En el diagrama de la figura 3.8 se muestra el flujo del programa a escribirse en Visual Basic para orientar al ventilador en la misma orientación del sensor de dirección, dando inicio de esta manera al control automático de la posición del ventilador.

3.3.5 CONTROL PARA EL POSICIONAMIENTO DEL VENTILADOR.

El flujograma mostrado en la figura 3.9 indica los pasos a seguirse para el posicionamiento automático del ventilador en la dirección del mayor flujo de viento.

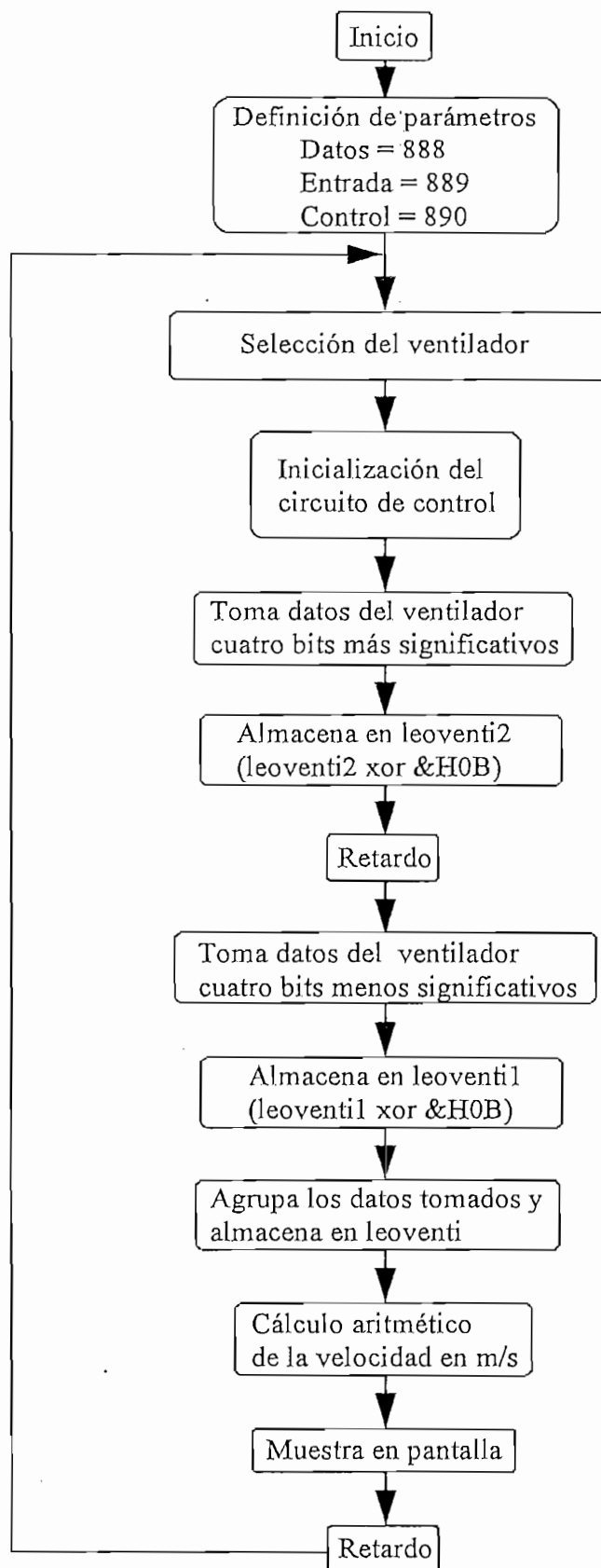


Fig. 3.7 Lectura de los datos enviados por el ventilador

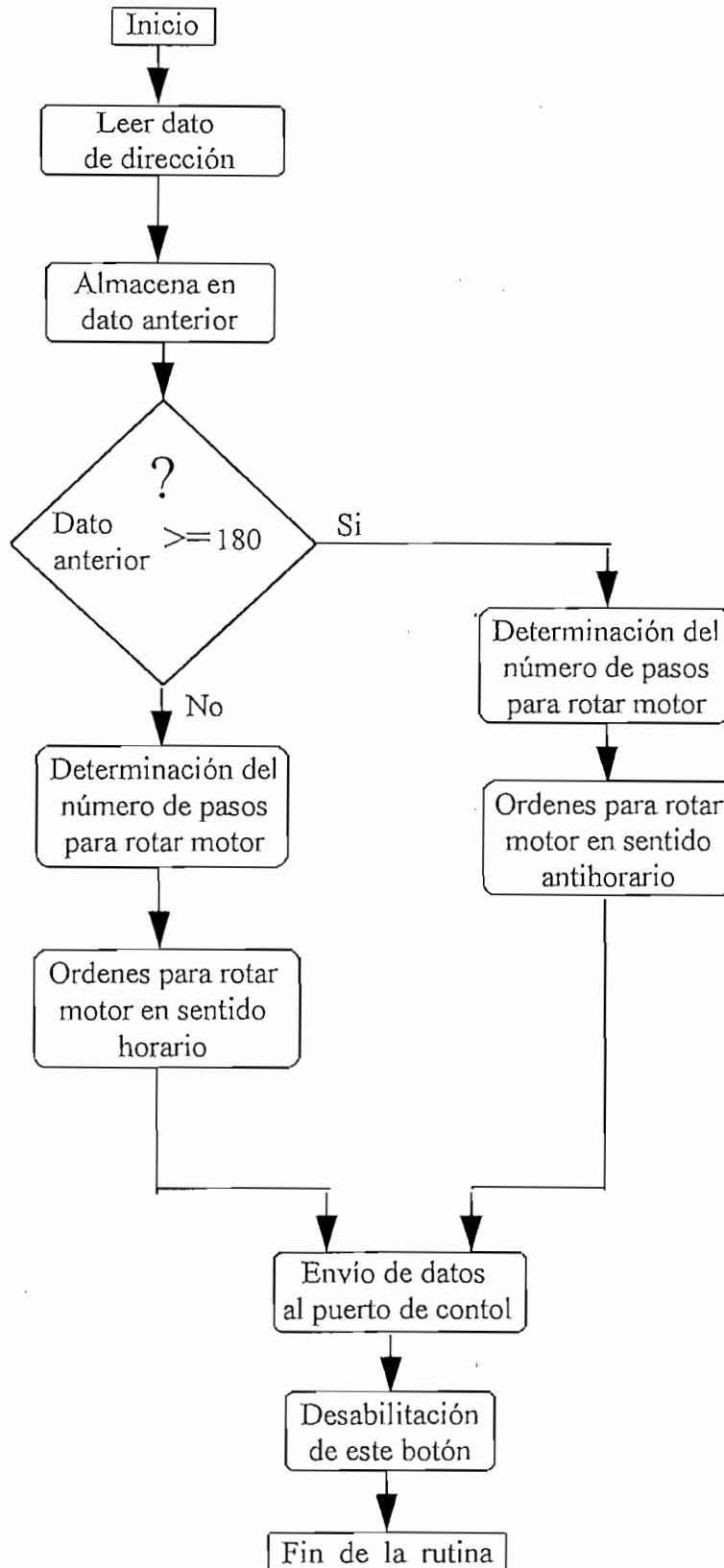


Fig. 3.8 Flujoograma de Inicialización del motor de pasos

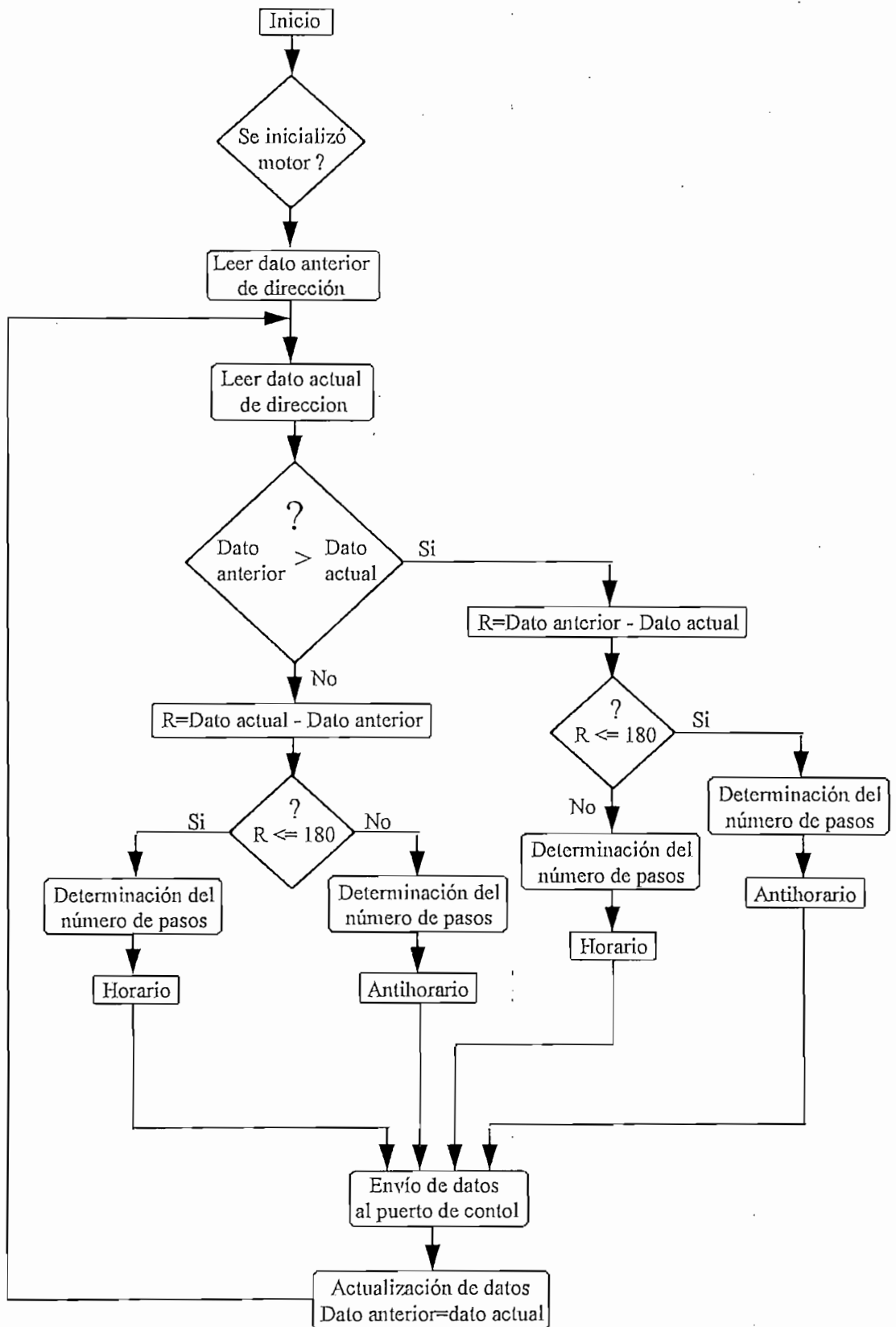


Fig. 3.9 Flujoograma para el control de la posición del ventilador.

Inicialmente se determina si se activó o no la rutina de inicialización del motor, para dar paso a esta rutina. Luego se hace una comparación entre el dato medido de la dirección del viento al correr la rutina de inicialización del motor (este dato se llamará “dato anterior”) y el dato de la dirección entregado cada medio segundo (que se lo llamará “dato actual”). Finalmente se determina el número de pasos y el sentido rotación del motor. La verificación de la posición del ventilador en el sentido del mayor flujo de viento se efectúa cada medio segundo.

Más detalles se explicarán en la sección correspondiente a la rutina de control de posición.

3.3.6 ALMACENAMIENTO DE DATOS.

El flujograma definido en la figura 3.10 muestra los procedimientos a emplearse para el almacenamiento de la información en medio magnético.

Cabe indicar que los valores se almacenan en una base de datos (“Noviembre.mdb”) cada tres segundos y durante un periodo definido de tres minutos. La información almacenada corresponde a la dirección y la velocidad del viento, así como la fecha y la hora en la que ocurrieron estos datos.

Mayores detalles se indicarán en la sección correspondiente a la rutina de creación de archivos.

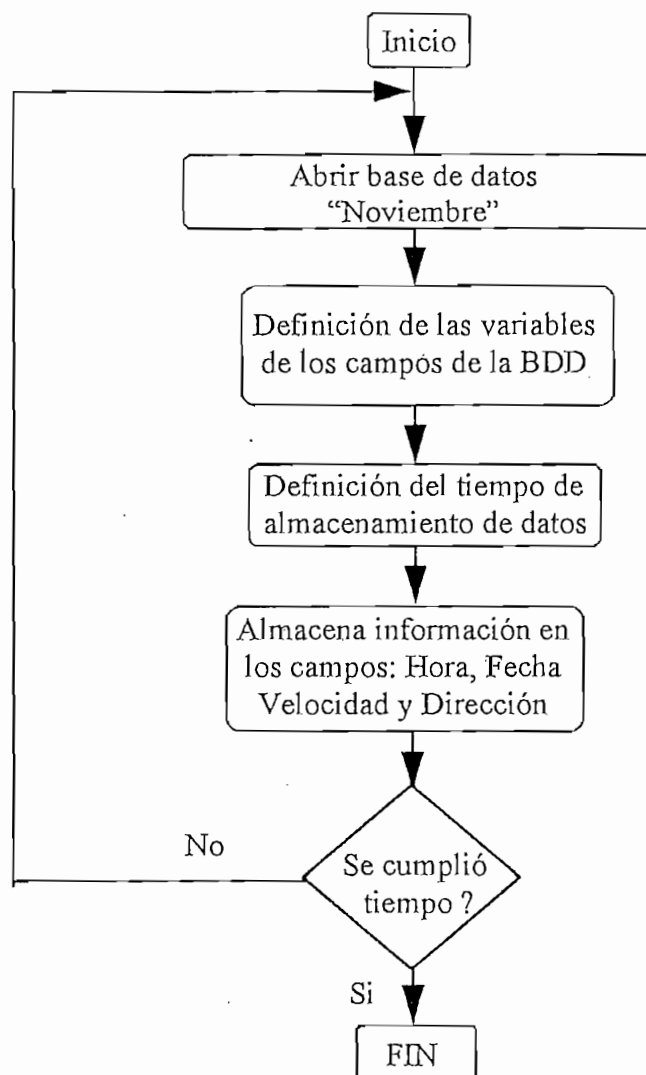


Fig. 3.10 Proceso de almacenamiento de la velocidad y dirección del viento.

3.4 INTERFACE GRAFICA INTERACTIVA.

El desarrollo del programa bajo un formato visual hace precisamente de él un programa muy amigable para su utilización y entendimiento. En los siguientes literales se indican las pantallas desplegadas por el programa ante algún evento sucedido:

a) Ejecución de la pantalla de presentación.

En esta pantalla se despliega el título del proyecto, los nombres de los autores y sobre todo dos botones que permiten continuar o salir del programa. En la figura 3.11 se muestra la pantalla de presentación.

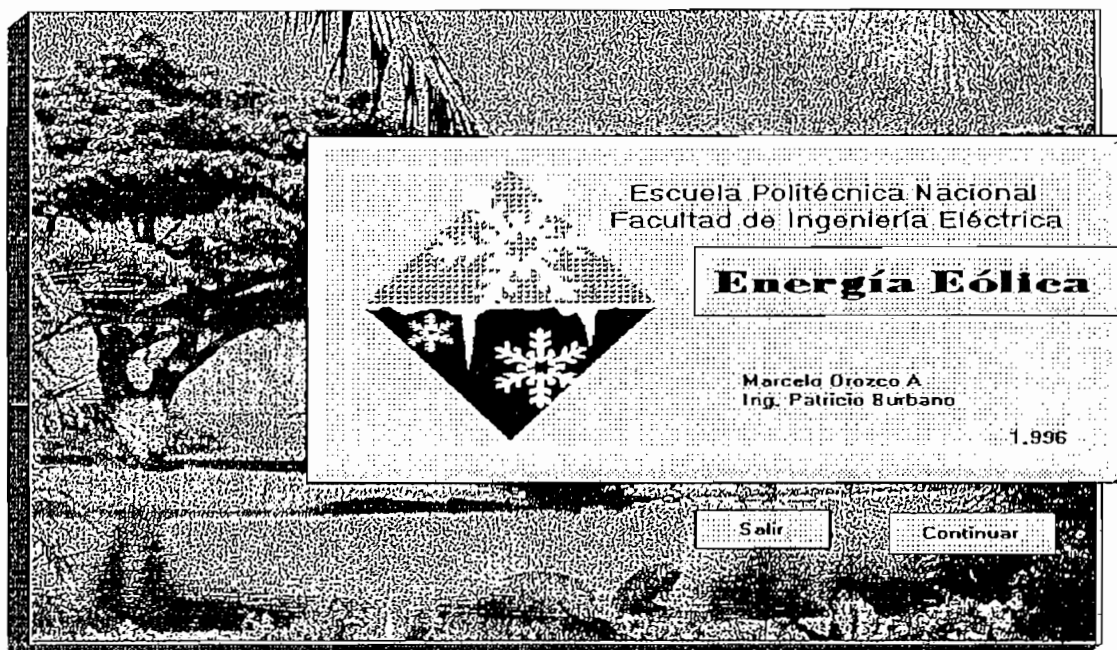


Fig. 3.11 Pantalla de Presentación

Después de aceptar la continuación del programa, se muestra una pantalla de ayuda, en la que se indica el primer paso que debe dar el usuario para el correcto control del elemento de captación de energía eólica, en este caso el ventilador. En él se indica que: “ Para un correcto posicionamiento del ventilador, debe hacerse coincidir la marca del eje del motor con la del graficado en la base del ventilador.” En la figura 3.12 se muestra el despliegue de este mensaje y la respuesta dada a la opción NO.

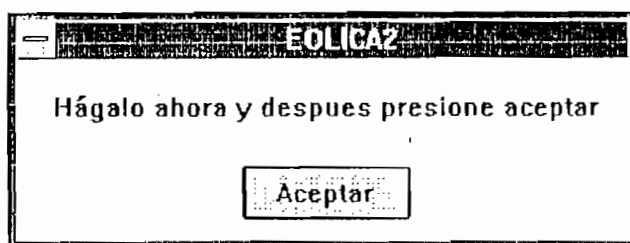
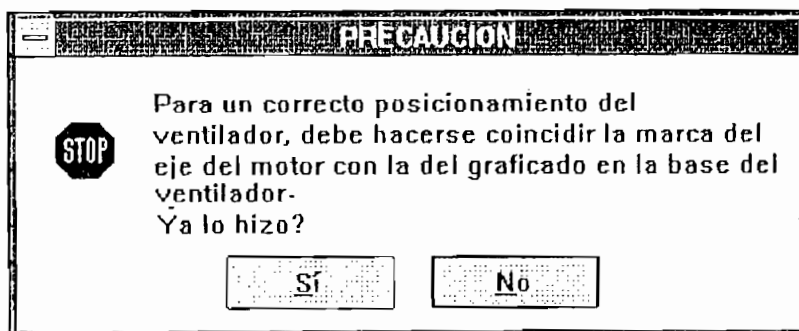


Fig. 3.12 Pantalla de advertencia

b) Pantalla principal.

Esta pantalla se desarrolla en base a un formulario MDI⁵, con el objeto de que las demás ventanas se comporten como subordinadas a la ventana principal. En ella se presentan botones de rápido acceso a las tareas que se enuncian a continuación y una barra de menú que aparece inmediatamente después de la barra de títulos. Para acceder a estas funciones se tienen dos vías: Por teclado y mouse. En la figura 3.13 se muestra la pantalla descrita.

Los números escritos debajo de los botones servirán de referencia para enunciar las tareas que ejecutan:

5. MDI : Interfaz para documentos múltiples

BOTÓN 1.- Al presionar este botón se da inicio al almacenamiento de la velocidad y dirección del viento durante 3 minutos, tiempo que puede ser regulado desde el código fuente, de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

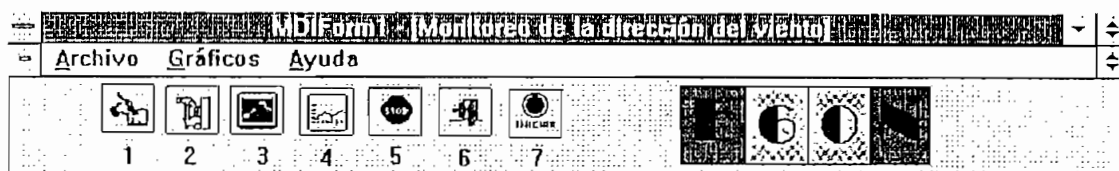


Fig. 3.13 Pantalla Principal

BOTÓN 2.- Un click en este botón permite abrir y mostrar los datos almacenados en la base de datos que se guardaron con el botón 1.

BOTÓN 3.- Al presionar este botón se muestra el gráfico de la velocidad del viento registrado instantáneamente.

BOTÓN 4.- Al presionar este botón se muestra el gráfico de la dirección del viento registrada instantáneamente y otros parámetros que se enunciarán en la sección correspondiente a la pantalla “Dirección del Viento”

BOTÓN 5.- Al presionar este botón se detiene el sistema y se abandona el mismo.

BOTÓN 6.- Este botón permite posicionar al ventilador desde el computador en sentido antihorario, ósea se trata de un posicionamiento manual.

BOTÓN 7.- Este botón permite que se alinien el sensor de dirección con el

ventilador, dando así inicio al control por parte del computador. Cabe aclarar que la alineación indicada en la sección correspondiente a la pantalla de advertencia (figura 3.12) es manual y por lo tanto se debe empezar inicialmente por ésta para que el control por parte del computador tenga éxito.

En la figura 3.14 se presenta una nueva manera de identificar las funciones que ejecutan los botones, dadas por la navegación del mouse sobre los mismos.

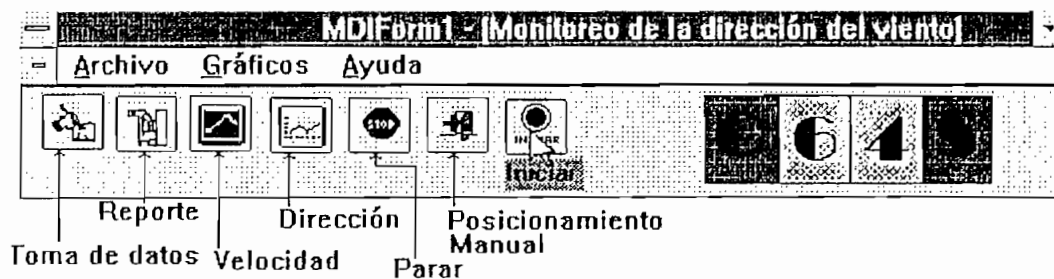


Fig. 3.14 Nombres de las aplicaciones de los botones

Finalmente se debe indicar que en la parte derecha se muestra la dirección del viento. En el ejemplo se ve: O 64 S (Oeste 64° Sur).

En la barra de menús se han especificado recursos como: Archivos, Gráficos y Ayuda, los cuales ejecutan las mismas funciones que los botones y a las que se acceden desde teclado o mouse. En la misma figura 3.14 debajo de la barra de títulos MDI se muestra estos recursos.

c) Pantalla del gráfico de dirección.

Esta pantalla aparece inmediatamente debajo de la pantalla principal, en ella se

muestran los valores instantáneos de la dirección (en grados) y velocidad (en m/s) del viento, así como el valor de la velocidad del ventilador (en m/s).

Además se representa gráficamente la posición de la dirección del viento a través de la aguja del indicador a manera de radar dibujado. En la parte inferior en cambio se muestra, una barra en la que consta la fecha actual, la hora actual, el nombre del pórtico utilizado y mensajes relacionados al navegar⁶ sobre los botones. En la figura 3.15 se ilustra la pantalla descrita anteriormente.

d) Pantalla del gráfico de la velocidad del viento.

En esta pantalla se muestra el gráfico de la velocidad instantánea del viento, así como en valores numéricos la velocidad del viento y del ventilador en m/s. En la figura 3.16 se muestra esta pantalla.

3.5 RUTINA DE INGRESO Y SALIDA DE DATOS

El código completo del desarrollo de esta rutina, se presenta en el anexo 3 correspondiente al listado general del programa. Ahora se explicará el desarrollo de la misma.

Esta rutina se la implementa dentro del proceso de encendido del temporizador, es decir en el momento en que despierta⁷ el temporizador después de transcurrido el intervalo de tiempo (propiedad de este método conocida como Interval).

6. Navegar: Moverse, avanzar.

7. Despierta: Se aplica al evento que se ejecuta luego de haber transcurrido un intervalo de tiempo

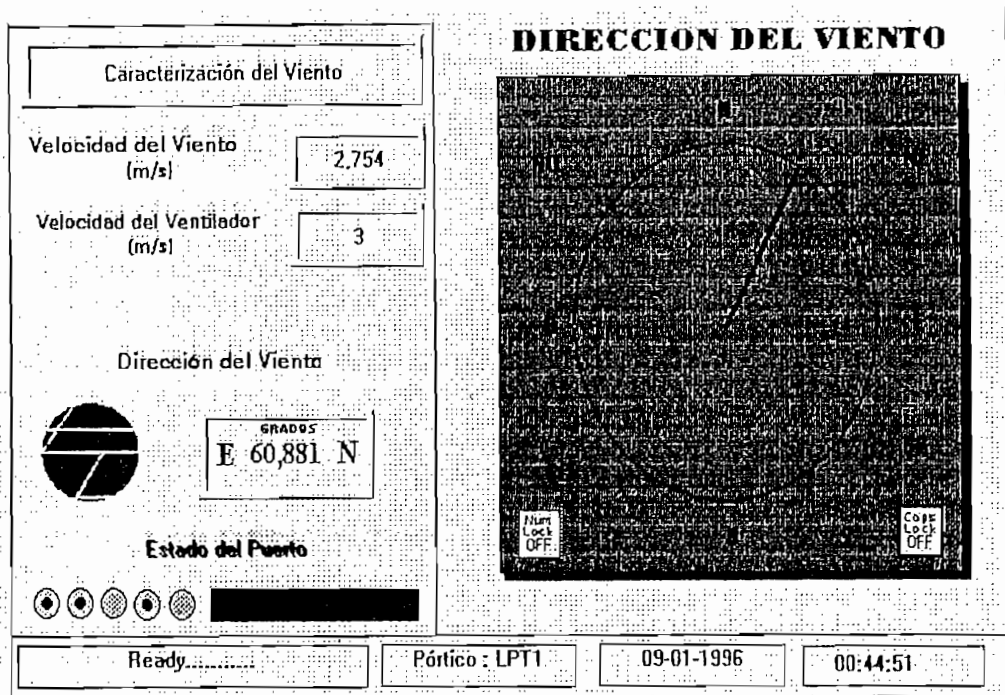


Fig. 3.15 Pantalla de la dirección del viento.

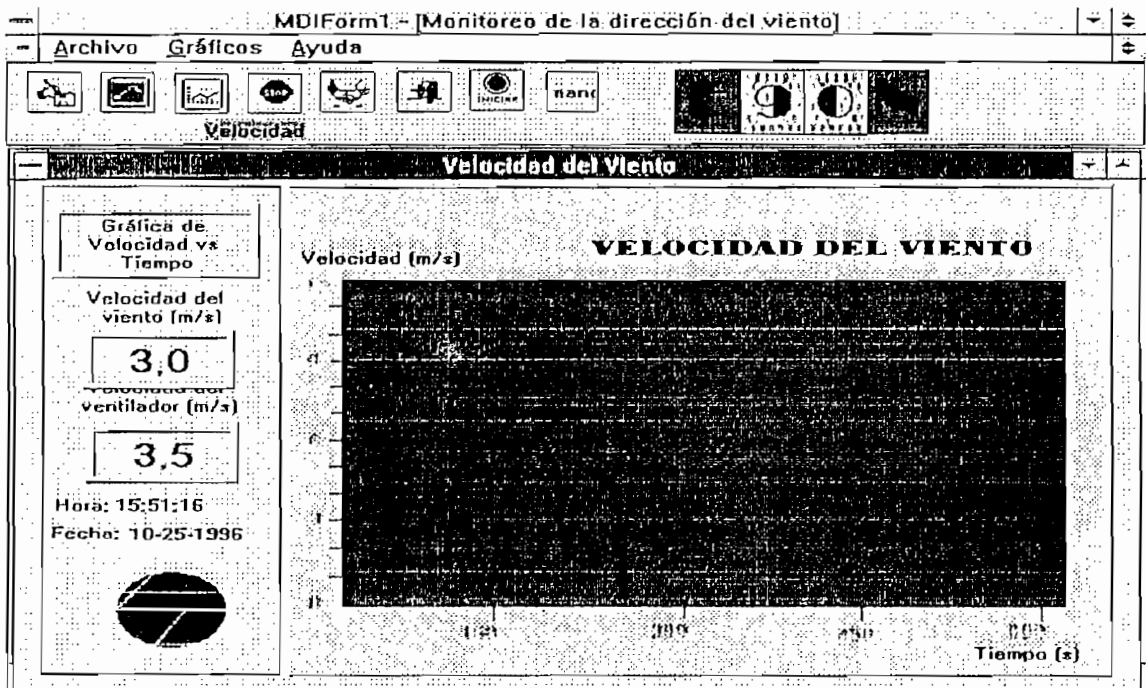


Fig. 3.16 Gráfico de la velocidad del viento.

Empieza la rutina por definir la dirección base del pÓrtico paralelo, que en este caso corresponde a 378H (888 en decimal), por lo que la dirección del registro de salida es 378H, la del registro de entrada es 379H y la del registro de control es 37AH.

Antes de empezar la lectura y escritura de los registros, se debe indicar el path⁸ de ubicación de la rutina de enlace dinámico que permite el reconocimiento de las sentencias que manejan el ingreso y salida de información a través del puerto. Este hecho se recalca ya que Visual Basic no dispone por si solo de medios para el manejo de estos recursos. Para el presente proyecto la rutina que ejecuta esta acción se la describió en la sección 3.2.

La lectura de datos exige seguir en orden los numerales indicados a continuación:

1. Se empieza por la selección de la señal física que ingresa al conversor, a través de los bits D2 y D3 correspondientes al registro de datos del puerto (pines 4 y 5 del conector DB25). En la tabla 3.2 se muestra la direcciones asignadas para el ingreso de los sensores.

Entonces, para seleccionar el sensor de velocidad se debe escribir en el bus de datos la dirección que a este le corresponde, es decir ejecutar la siguiente instrucción:

OUT 888, &H00

8. Camino de búsqueda o localización del algún archivo o documento

Bits del registro de datos (888 en decimal)		Sensor seleccionado
D2 Bit del canal A	D3 Bit del canal B	
0	0	VELOCIDAD
1	0	DIRECCION
0	1	VENTILADOR

TABLA 3.2 DIRECCIONES DE UBICACION DE LOS SENSORES

Donde A y B corresponden a los pines 25 y 24 del conversor A/D respectivamente.

2. En este punto, luego de haber digitalizado la señal proveniente del sensor, se da inicio a la lectura de los datos. Para esto es necesario habilitar el paso de los cuatro bits más significativos y menos significativos por el control de los switches digitales. En la tabla 3.3 se indica la manera de hacerlo.

D0 Bit de selección de los microswitches.	Observaciones
1	Paso de los cuatro bits menos significativos y bloqueo de los más significativos
0	Paso de los cuatro bits más significativos y bloqueo de los menos significativos.

Tabla 3.3 Selección de los cuatro bits más y menos significativos

Como se ve en la tabla 3.3, al ubicar un cero lógico en el bit D0 del registro de salida (pin 2 del conector), se permite el paso de los cuatro bits más significativos, los mismos que serán leídos y almacenados en una variable. En cambio para la lectura de los cuatro bits menos significativos es necesario escribir en el bit un 1L.

Todo lo anotado anteriormente se resume en las instrucciones:

OUT 888, &H1 para la lectura de los cuatro bits menos significativos

OUT 888,&H0 para la lectura de los cuatro bits más significativos.

3. Finalmente, la lectura de los bits. La lectura de los cuatro bits se la realiza a través de cuatro líneas de entrada del registro de estado, cuya dirección es la 889 en decimal. Los cuatro bits (líneas) utilizados corresponden a los pines 11, 10, 12 y 13 del conector DB25 o a los bits 7,6,5 y 4 del registro de estado o entrada respectivamente. Cabe indicar que el bit 7 de este registro es invertido por lo que se hizo necesario invertirlo a través de la función booleana XOR con el número 8H.

Como se advierte, bits más y menos significativos de la señal digitalizada llegan a través de los pines del conector a los cuatro bits más significativos del registro de entrada, por lo que se hace necesario implementar una función de intercambio para los cuatro bits menos significativos de este registro, tal como se muestra en la figura 3.17.

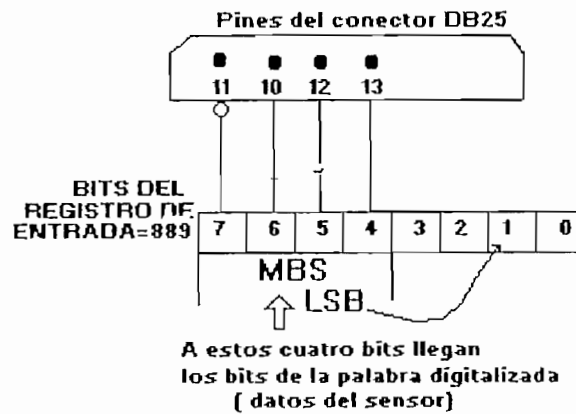


Fig. 3.17 Bits en el registro de entrada.

La lectura de los cuatro bits se la realiza desde programa a través de la instrucción INP, en donde se especifica la dirección del registro de control y la variable a almacenarse; es decir :

LEOVELOCIDAD1=INP(889) ‘Este caso lee los cuatro bits menos significativos.

LEOVELOCIDAD2=INP(889) ‘Este caso lee los cuatro bits más significativos.

En la tabla 3.4 se hace un resumen de lo descrito en los numerales 1,2 y 3 aplicados a la lectura de los datos medidos por el sensor de velocidad. Para la lectura del sensor de dirección y el ventilador, es necesario referirse a las tablas 3.2 y 3.3 para su correcto direccionamiento.

Este proceso de toma de datos se lo realiza cada medio segundo, con el objeto de determinar los verdaderos valores de velocidad, dirección y un posicionamiento exacto del ventilador.

Instrucciones	Bits del registro de datos: Pines 2,3,4 y 5 del conector DB25		
	D0 al selector de bits	D2 al pin 25 del A/D. Línea A	D3 al pin 24 del A/D. Línea B
OUT 888,&H1	1	0	0
leovelocity1= INP(889 XOR H8) bits menos significativos en leovelocity1			
OUT 888,&H0	0	0	0
leovelocity2= INP(889 XOR H8) se lee cuatro bits mas significativos y se almacena en leovelocity1			
Leovelocity= leovelocity1 or leovelocity2			

Tabla 3.4 Lectura de la velocidad del viento

3.6 RUTINA DE GRAFICACION DE DATOS.

La rutina de graficación de datos corresponde a aquella que muestra en el monitor los datos leídos por los sensores. Se la implementa luego de leer y almacenar los valores de velocidad y dirección del viento.

3.6.1 GRÁFICO DE LA VELOCIDAD.

El dato leído es almacenado en dos variables: "leovelocity1" y "leovelocity2"; en la primera se almacena los cuatro bits menos significativos y en la segunda los cuatro bits más significativos.

A los bits almacenados en "leovelocity1" se implementa una función de intercambio de bits (SWAP), con el fin de que estos se ubiquen como precisamente los bits menos significativos, ya que como se describió en la

sección anterior estos al ingresar al registro de entrada lo hacen como bits más significativos.

Finalmente, se agrupa en una sola variable los bits más significativos con los bits menos significativos por medio de la función Booleana OR. Esta variable en el programa se la conoce como “LEOVELOCIDAD”.

La velocidad del viento en m/s es calculada a partir del dato almacenado en la variable leovelocidad y la relación dada entre frecuencia y la velocidad del viento $(0.76369 \text{ m/s /Hz})^9$.

El cálculo se efectúa a partir de la relación frecuencia - voltaje descrita en la sección 2.3.2. Luego del cálculo se gráfica la velocidad cada intervalo de medio segundo, en una pantalla en la que se divide en escalas de 1 m/s para el eje de las ordenas y de 2,5 minutos para el eje de las abscisas. Cabe indicar que la velocidad graficada esta en m/s.

$$V_{\text{medido por el A/D}} = \frac{\text{Leovelocidad} * 5}{255} \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$f_{\text{medida}} = \frac{V_{\text{medido}}}{100K * 0.47Uf * 7.84} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$\text{Velocidad del viento} = 3.6 * 0.76369 * f_{\text{medida}} \quad \text{Ec. 3.3}$$

Donde:

$$V_{\text{medido}} = \text{Voltaje medido por el A/D}$$

9. Referirse a las características del sensor de velocidad. Sección 2.2.2. Relación dada por el fabricante.

f_{medida} = Frecuencia calculada a partir de la relación de F/V (Sección 2.3.2)

Una vez conocida la velocidad del viento, se procede a mostrarlo en la pantalla.

3.6.2 GRAFICO DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO.

Antes de mostrar en pantalla, los datos leídos de la dirección del viento y almacenados en la variable "LEODIRECCION" deben ser procesados, tal que muestren la dirección real del viento.

Como se conoce de la sección 2.2.1, el sensor de dirección es un potenciómetro de 10K, que distribuye sus valores de resistencias para los polos N, S, E y O; de acuerdo a la tabla 3.5 indicada a continuación:

POLOS	Valores medidos de Resistencias
NORTE	5K
SUR	0 / 10K. Aparecimiento de la banda muerta (8°)
OESTE	2.5 K
ESTE	7.5 k

Tabla 3.5 Valores medidos de resistencias en función de sus polos

Con los datos de la tabla 3.5 y conociendo que por el sensor va a circular una corriente de 0.25 mA, y tomando en cuenta que se implementa una etapa de amplificación se tienen los valores referenciales de voltaje para cada polo.

Transformando estos valores a formato hexadecimal, a partir de que 5 voltios representa 255, se concluye en la tabla 3.6.

POLOS	FORMATO EN HEXADECIMAL
NORTE	128
SUR	0/255
ESTE	192
OESTE	64

Tabla 3.6 Ubicación de los polos en formato Hexadecimal

A partir de la tabla 3.6 y conociendo el valor almacenado en la variable LEODIRECCION, se pueden obtener valores permisibles para el usuario de la dirección del viento.

Por ejemplo: Si el dato almacenado en la variable es 150 y si el sistema de referencia es el eje oeste-este en sentido antihorario, la dirección del viento se determina a partir del siguiente cálculo matemático:

$$\text{DIRECCION} = (\text{Ref. Este} - \text{LEODIRECCION}) * \frac{90^\circ}{(\text{Ref. Este} - \text{Ref. Norte})}$$

$$\text{DIRECCION} = (192 - 150) * \frac{90^\circ}{(192 - 128)} = 59^\circ$$

Como la referencia es el eje Oeste-Este en sentido antihorario, la dirección del viento será entonces: E 59° N

De esta manera se determina la dirección del viento en los cuatro cuadrantes. Los valores medidos se muestran en un gráfico de radar y en una forma numérica, tal como lo muestra la figura 3.15.

3.6.3 MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VENTILADOR.

La velocidad del ventilador se determina a partir del voltaje generado por éste. Este dato es leído y almacenado en la variable "LEOVENTI", la misma que debe ser procesada antes de mostrarse en pantalla.

Se han tomado como referencia los datos de velocidad del viento para la determinación de la velocidad del ventilador. Cabe indicar que ambas mediciones no coincidirán por tratarse de elementos de características distintas y sobre todo porque el sensor de velocidad es un elemento sutilmente fabricado para este propósito y el otro es un motor de corriente continua común. Por ello se utiliza un factor de escalamiento para comparar estas dos variables. El factor de escalamiento aplicado para el cálculo es de 1.2. Este valor se obtuvo luego de hacer varias pruebas.

3.7 RUTINA DE ALMACENAMIENTO EN UNA BASE DE DATOS

Esta rutina es importante en el sentido que permite almacenar en medio magnético los datos de velocidad y dirección del viento en un intervalo de 3 minutos. Tiempo que puede ser regulado desde el código fuente dependiendo de los objetivos del proyecto.

La rutina se habilita luego haberse presionado la opción guardar datos, especificada en los botones de aplicación (Botón 1 de la figura 3.13).

La base de datos abierta toma el nombre de "Noviembre.mdb", la misma que

recibe información de velocidad y dirección del viento en intervalos de 3 segundos, así como la fecha y hora en la que ocurrieron estos valores. Es decir la base de datos dispone de cuatro campos que están definidos en la tabla "Características". La base de datos es creada en Acces 1.1 asociada al Visual Basic. El código del programa escrito en el anexo 3, indica la manera de operar con bases de datos.

3.8 RUTINA DE CONTROL DE POSICION

La realización de esta rutina comprende: la rutina de inicialización del motor y la rutina de control propiamente dicha. La primera es aquella que permite alinear al ventilador en la dirección inicial del sensor de dirección, para esto se hace una lectura inicial de la posición de la veleta, para luego enviar esta información a través del registro de control del puerto (dirección 890 en decimal) hacia el motor de pasos. Esta lectura inicial se almacena en la variable "datoanterior" y se constituye en el valor de partida del control de posición del ventilador.

La lectura de la dirección del viento se la realiza cada medio segundo y se lo compara con el valor almacenado en la variable "datoanterior". La diferencia entre estos dos valores dan el número de pasos que debe girar el motor desde la posición en donde está. Para el giro del motor hay dos opciones: Giro en sentido antihorario y giro en sentido horario. En la tabla 3.7 se indican las instrucciones que permiten el giro del motor en estos dos sentidos, además se indican los bits que maneja el controlador del motor. La cantidad de pasos que debe dar el motor

esta determinada por el siguiente cálculo aritmético:

	Control1 al pin 7 del Driver. RAPIDEZ	Control14 al pin 10 del driver SENTIDO	Control16 al pin 11 del latch CLK	OBSERVACIONES
OUT 890,&HD	1	0	1	Sentido Antihorario
OUT 890,&HB	1	1	0	
OUT 890,&HD	1	1	1	Sentido Horario
OUT 890,&HB	1	1	0	

Tabla 3.7 Código que determina el sentido de giro.

El actuador empleado en este proyecto tiene un ángulo de paso de 1.8, por lo que tiene 200 pasos por revolución. Pero para conseguir una mayor exactitud en los desplazamientos, se reduce el ángulo de paso a 0.9 grados. Este hecho se consigue colocando a 1L el pin 9 del controlador del motor (MC3479), con esto se consigue 400 pasos en cada revolución.

Al igual que para la graficación de la dirección del viento, se utiliza puntos referenciales para el control del motor, tal como se presenta en la tabla 3.6. En ella se ve por ejemplo, que para la dirección ESTE, la palabra leída desde el sensor es 192 decimal.

Cabe recordar que el sensor de dirección es un potenciómetro que varía su valor en sentido horario, el mismo que al ser alimentado por una corriente constante va a generar un voltaje que varía proporcionalmente con la dirección del viento y por ende palabras digitales específicas (entre 0 y 255) de acuerdo a la posición del viento. El mínimo valor de la palabra digital se consigue en la dirección SUR

0° OESTE, la misma que va incrementándose en sentido horario hasta alcanzar el máximo valor de 255 en la dirección S 90° E.

El calculo de los pasos que debe dar el motor se explica a partir del siguiente ejemplo:

Si el “dato anterior” almacenado en la opción inicializar el motor (Botón7 de la figura 3.13) es de 120 y el “dato actual” (dato medido cada medio segundo) es de 30, entonces se deduce que el motor debe girar en sentido antihorario. Caso contrario el movimiento será en sentido horario.

Al restar estos dos valores se obtiene una diferencia de 90, por lo tanto si 400 pasos es una revolución que corresponde a 255 en decimal, se debe entonces preguntar ¿cuántos pasos corresponde a esta diferencia?. La respuesta es 141 pasos que el motor debe girar en sentido antihorario. Este valor es almacenado en la variable conocida en el programa como “Posición”, para luego ejecutar la rutina referente a este proceso. Claro esta que si el dato anterior es igual al dato actual, no se envía ordenes hacia el motor.

La determinación del sentido de giro se realiza al preguntar si el “dato anterior” es mayor o menor que el “dato actual”.

Finalmente, deducidos estos parámetros se ejecuta el código correspondiente al sentido de giro y número de pasos, y se envía esta información hacia el motor a través de las bits 1,2 y 3 del registro de control del pòrtico paralelo (de dirección

890) correspondientes a los pines 1, 14 y 16 del conector. Este proceso se realiza cada medio segundo.

3.9 RUTINA DE ESCALAS DE DATOS.

Inicialmente se había planificado realizar esta rutina para observar el estado transitorio de la velocidad del viento, pero en el transcurso del desarrollo del proyecto se la descartó por no ser necesaria en la práctica.

CAPITULO 4 : PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 PRUEBAS Y RESULTADOS.	115
4.1.1 PRUEBAS DE LOS SENSORES.	115
4.1.1.1 Sensor de Dirección o Anemoscopio.	115
4.1.1.2 Sensor de Velocidad o Anemómetro.	117
4.1.2 PRUEBA DEL MOTOR A PASOS.	118
4.1.3 PRUEBA DEL VENTILADOR.	120
4.1.4 PRUEBAS DEL SISTEMA COMPLETO.	120
4.1.5 PRUEBA DEL ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN	125
4.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	125
4.2.1 CONCLUSIONES	125
4.2.2 RECOMENDACIONES.	128

4.1 PRUEBAS Y RESULTADOS.

4.1.1 PRUEBAS DE LOS SENSORES.

4.1.1.1 Sensor de Dirección o Anemoscopio.

Se realizaron estas pruebas con el fin de determinar el error introducido al momento de registrar los datos de la dirección y controlar el ventilador. Como se mencionó en la sección 2.2.1, el sensor de dirección es un potenciómetro variable de 0Ω a $10\text{ K}\Omega$, cuyo incremento se da en sentido horario.

Las pruebas se realizan variando la posición de la veleta y tomando para cada posición lecturas del potenciómetro y de voltaje asociado a éste. En la tabla 4.1 se muestra los resultados obtenidos después de hacer 10 mediciones.

DIRECCION	VOLTAJE MEDIDO (V) POR EL FLUKE	POTENCIOMETRO ($k\Omega$)
O 47 S	0.566	1.231
N 61 O	1.579	3.432
N 46 O	1.793	3.876
N 16 O	2.191	4.76
N 0 O	2.392	5.21
E 74 N	2.628	5.71
E 19 N	3.362	7.27
E 6 N	3.516	7.62
S 63 E	3.97	8.6
S 29 E	4.42	9.55

Tabla 4.1. Mediciones de voltaje y resistencia del potenciómetro

De los datos obtenidos se ha procedido a calcular el error relativo de las mediciones a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Error} = \frac{\text{Valor Medido} - \text{Valor Real}}{\text{Valor Real}} \quad \text{Ec. 4.1}$$

Los valores de voltaje determinados a través del fluke se considerarán como valores medidos y aquellos resultantes de multiplicar el valor del potenciómetro por 0.25 mA que entrega la fuente de corriente (también considera la etapa de ganancia) se toman como valores reales. En la tabla 4.2 se muestran los resultados.

Valor Medido	Valor Calculado o Real	Error Relativo (%)
0.566	0.566	0.00
1.579	1.572	0.44
1.793	1.776	0.948
2.191	2.181	0.45
2.392	2.38	0.501
2.628	2.617	0.41
3.362	3.332	0.89
3.516	3.492	0.68
3.97	3.94	0.75
4.42	4.37	1.13

Tabla 4.2 Cálculo del error relativo

De los resultados obtenidos se concluye que para una muestra de 10 mediciones, existe un error de 1.13% en el peor de los casos, lo que implica que se comete un error de 2,5 grados en la toma de la información.

4.1.1.2 Sensor de Velocidad o Anemómetro.

Para realizar las pruebas con este sensor se toma una muestra de 10 mediciones; para lo cual se mide el valor de la frecuencia que entrega el anemómetro mediante el fluke y la velocidad leída y mostrada en el monitor.

Mediante relación de frecuencia - voltaje se procede a convertir la velocidad medida en frecuencia, con el objeto de hacer una comparación y calcular el error relativo a través de la ecuación 4.1. Se considerará la frecuencia medida como valor real y la frecuencia calculada como valor medido.

En la tabla 4.3 se muestran los datos de frecuencia y voltaje hechas a partir de mediciones.

Velocidad Medida (m/s)	Frecuencia Medida (Hz)	Frecuencia Real (Hz)	Error relativo (%)
2.05	2.68	2.7	-0.74
1.87	2.44	2.5	-2.4
2.11	2.76	2.8	-1.42
2.67	3.49	3.6	-3.05
2.521	3.30	3.37	-2.077
4.12	5.39	5.5	-2.00
3.88	5.08	5.13	-0.97
4.05	5.303	5.38	-1.43
4.62	6.049	6.08	-0.509
4.415	5.78	5.79	-0.17
5.02	6.57	6.57	0.00
6.396	8.37	8.4	-0.35

Tabla 4.3. Cálculo del error relativo cometido al medir la velocidad

Los resultados de las pruebas que se muestran en la tabla 4.3 demuestran que se comete un error menor al 3%, osea un 0.08 m/s de error; por lo que se puede considerar como resultados satisfactorios.

4.1.2 PRUEBA DEL MOTOR A PASOS.

Cabe recordar que el motor a pasos utilizado en este proyecto es un actuador incremental de 1.8° por paso, es decir 200 pasos por revolución; pero al activar la opción de medio paso del driver (MC3479), se hace que el motor gire 400 pasos por revolución, por lo que cada 0.6 decimal representa un paso ($255/400$).

Este hecho puede acarrear error, ya que el conversor al entregar valores discretos (enteros) se estaría omitiendo algunos pasos, es decir si por ejemplo la palabra digital es 2, el motor tendría que girar 3,137 ($2*400/255$) pasos pero esto no puede ser así; debido a que el motor solo da pasos enteros, es decir 3 pasos. Este inconveniente se lo ha corregido por software, pero a pesar de esto se realizan las pruebas necesarias para la evaluación del giro del motor.

La prueba consiste en rotar 360° la veleta e ir tomando el número de pasos que rota el motor para llegar de una posición a otra, para tal efecto se introduce dentro de la rutina "Control del motor" una label, en donde se imprime el número de pasos que gira el motor luego de haber hecho los cálculos correspondientes.

En la tabla 4.4 se muestran los resultados obtenidos de esta prueba.

La suma de estos pasos dan un total de 400, que es precisamente el número de pasos que debe dar el motor en una revolución.

Dirección del viento	Número de pasos que gira el motor
Se inicia en	
O 90° S	
O 81° S	14
O 74° S	9
O 64° S	12
O 31° S	37
N 37° O	93
E 86° N	46
E 53° N	34
E 9° N	47
S 77° E	26
S 46° E	35
S 17° E	32
S 0° E	15

Tabla 4.4 Número de pasos que da el motor frente a cada posición de la veleta.

4.1.3 PRUEBA DEL VENTILADOR.

Cabe recordar que el ventilador opera en el presente trabajo de tesis como generador, con el objeto de hacer una comparación visual, entre el valor de la velocidad del ventilador y del sensor, claro esta que estas cantidades van a diferir, debido a la naturaleza de la construcción y el propósito de uso de cada uno de ellos.

La prueba de este elemento consiste en hacer mediciones de la palabra digital que entrega el conversor A/D al convertir la señal que llega del ventilador con la

palabra digital del sensor de velocidad. Al realizar estas pruebas se obtiene que estan en una relación de 1:1.2 aproximadamente, por lo que se realiza el escalamiento respectivo para el cálculo de la velocidad del ventilador.

4.1.4 PRUEBAS DEL SISTEMA COMPLETO.

Las pruebas del sistema completo implican, comprobar el funcionamiento del prototipo en operación conjunta con el computador, sensores, actuador y el ventilador.

Para tal efecto se utiliza un ventilador externo al prototipo, con el fin de simular viento y poder cambiar la dirección del viento por una simple manipulación del mismo.

a) Pruebas del equipo sin perturbación del viento.

Esta prueba se refiere a aquella en donde el viento mantiene el mismo flujo y dirección es decir no hay cambios en la velocidad y dirección del viento durante un intervalo de tiempo.

Se monitorea la dirección, velocidad del viento y velocidad del ventilador y sus resultados se muestran en las figuras 4.1 y 4.2.

En la figura 4.1 se muestra la pantalla de la dirección del viento en tiempo real. En la misma, también se puede apreciar en la parte izquierda los valores de la velocidad del viento y del ventilador en m/s. En la figura 4.2, en cambio, se

muestra la pantalla de la velocidad del viento en tiempo real, con sus valores expresados en m/s e indicados en la parte izquierda de la pantalla.

Visualmente se confirma que la posición final del eje del motor es de E 0°N, que coincide con la medición efectuada y mostrada en el gráfico de la dirección del viento.



Fig. 4.1 Prueba del sistema completo sin perturbación - Gráfico de la dirección

En ambas figuras, en la parte superior izquierda se muestran la dirección del viento en grados. En la tabla 4.5 se hace un resumen de los valores indicados en las pantallas de las figuras anteriores.

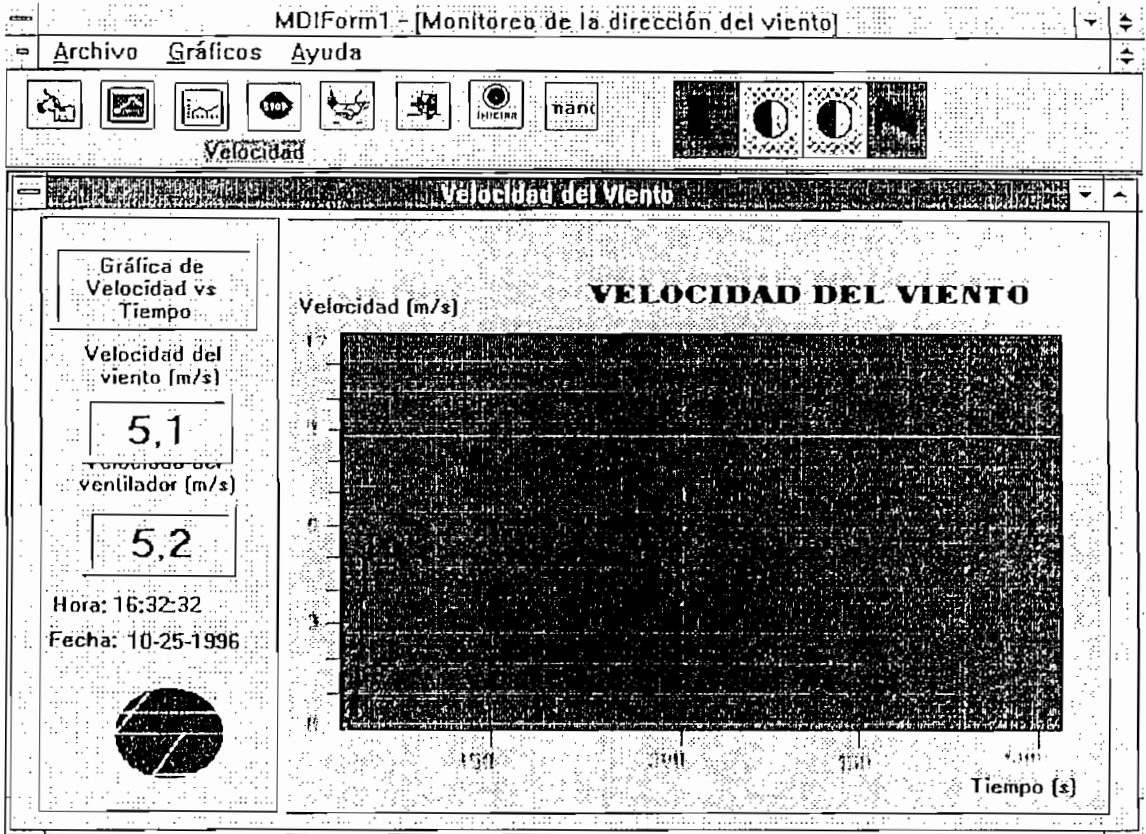


Fig. 4.2 Prueba del sistema completo sin perturbación - Gráfico de la velocidad

Velocidad del viento (m/s)	Velocidad del ventilador (m/s)	Dirección	Posición del eje
7.5	7.1	E 0° N	E 0° N

Tabla 4.5 Resumen de los datos mostrados en las figuras anteriores.

b) Pruebas del equipo con perturbación del viento.

Esta prueba se refiere a aquella en donde el viento varía en flujo y en dirección. Para tal efecto se aleja y se acerca el ventilador, con el objeto de cambiar la velocidad del viento. Se monitorea la velocidad del viento y la velocidad del ventilador, y sus resultados se muestran en la figura 4.3.

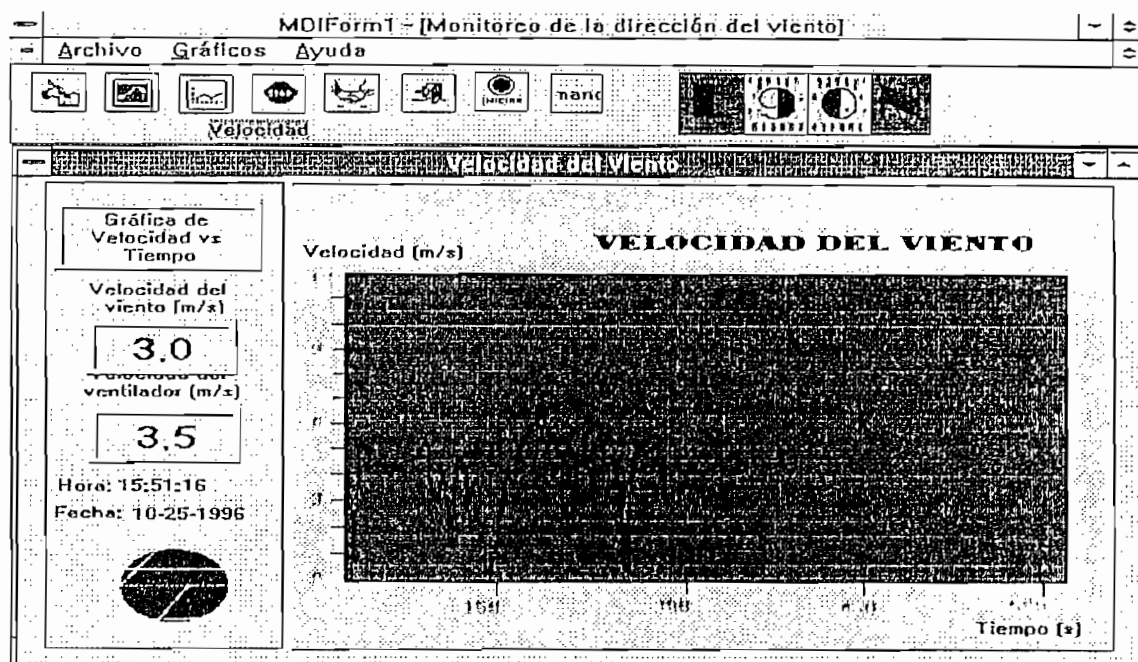


Fig. 4.3 Gráfico de la velocidad del viento luego de efectuarse una perturbación

La figura 4.3 muestra la pantalla de la velocidad del viento en tiempo real luego de realizarse esta perturbación, así mismo se puede apreciar en la parte izquierda los valores de velocidad del viento y del ventilador en m/s.

Finalmente se interfiere en la dirección del viento para realizar esta prueba y poder notar como ha cambiado la posición de la veleta y por ende el eje del motor. Para tal efecto se cambia la posición del ventilador externo en cuadratura.

Se monitorea dirección del viento, velocidad del viento y la velocidad del ventilador, y sus resultados se muestran en la figura 4.4.

La figura 4.4 muestra la pantalla de la dirección del viento en tiempo real, así mismo se puede apreciar en la parte izquierda los valores de la velocidad del viento y del ventilador en m/s, para este caso la dirección del viento ha cambiado

con respecto a la dirección de la anterior prueba a la posición N 0° O, partiendo de la anterior posición E 0° N.

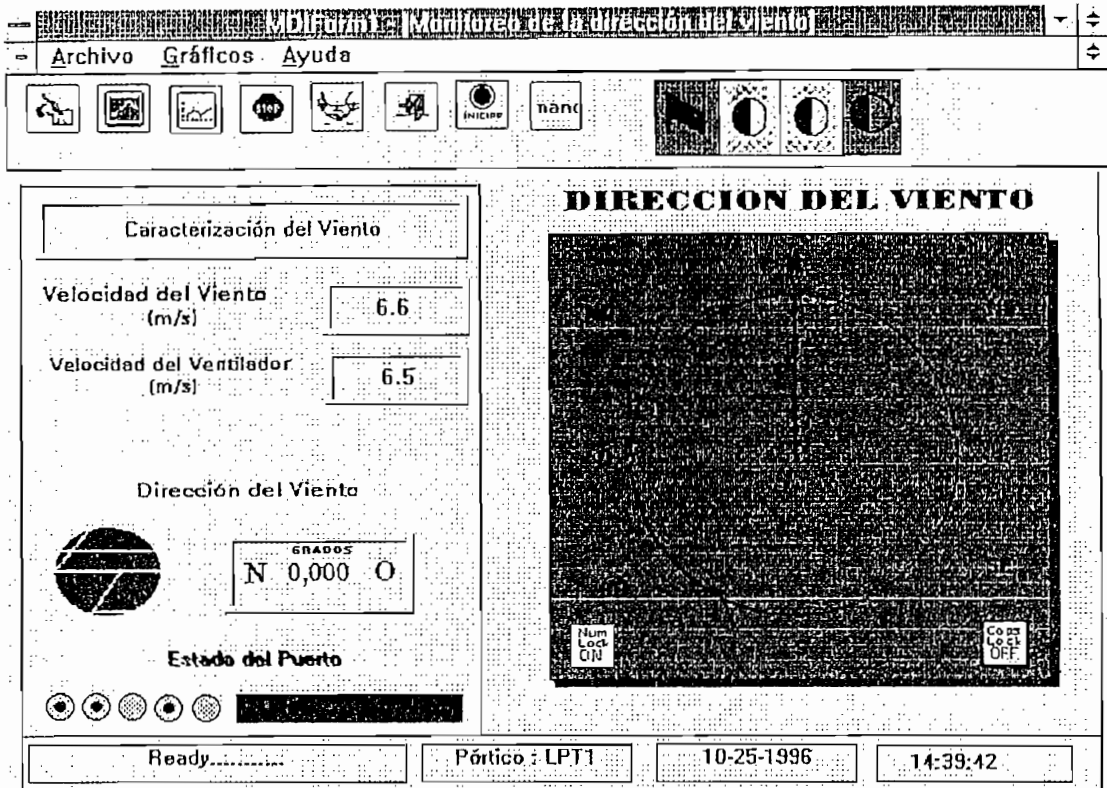


Fig. 4.4 Prueba del sistema completo con perturbación - Gráfico de la dirección

Más allá de comparar la velocidad del ventilador con la del anemómetro, vale la pena visualizar como va aumentando la velocidad del ventilador para posiciones donde el flujo del viento es mayor, tal como se notan en las figuras anteriores. Este hecho indica que el ventilador o cualquier otro elemento terminal está orientado en el sentido del mayor flujo de viento y por lo que el objetivo de este trabajo está realmente cumplido.

4.1.5 PRUEBA DEL ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN

Esta prueba consiste en almacenar información durante un intervalo de 3 minutos, para luego mostrarlos en pantalla que en verdad se almacenan los datos cada 3 segundos. En la figura 4.5 se muestran los datos almacenados.

FECHA	HORA	VELOCIDAD	DIRECCION
24/10/1996	04:33:52	2,014	N 55,714 O
24/10/1996	04:33:55	2,014	N 55,714 O
24/10/1996	04:33:58	2,014	N 55,714 O
24/10/1996	04:33:61	2,014	N 55,714 O
24/10/1996	04:33:64	2,014	N 55,714 O
24/10/1996	04:33:67	2,014	N 55,714 O
24/10/1996	04:33:70	2,014	N 55,714 O
24/10/1996	04:36:48		N 55,714 O
24/10/1996	04:36:52	0	N 55,714 O
24/10/1996	04:38:20	0	N 55,714 O
24/10/1996	04:38:24	0	N 55,714 O
24/10/1996	04:38:27	0	N 55,714 O
24/10/1996	04:39:00	,576	E 47,143 N
24/10/1996	04:39:03	1,48	E 2,857 N
24/10/1996	04:39:07	,411	E 2,857 N
24/10/1996	04:39:10	,082	E 2,857 N
24/10/1996	04:39:13	0	E 2,857 N
24/10/1996	04:39:17	0	E 2,857 N
24/10/1996	04:39:20	0	E 2,857 N
24/10/1996	04:39:23	1,973	E 2,857 N
24/10/1996	04:39:26	1,603	O 67,143 S

Fig. 4.5 Reporte de los almacenados en la BDD

4.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.2.1 CONCLUSIONES

La alternativa de utilizar un pórtico paralelo como medio de control y medición

de fenómenos análogos es excelente, ya que de esta manera se puede ahorrar tiempo y diseño de una compleja tarjeta de adquisición de datos.

En lo que respecta al costo de la tarjeta de adquisición de datos, la ventaja económica de esta alternativa es substancial, ya que el costo de los materiales de esta tarjeta es de alrededor de s/. 100.000,00, una cifra pequeña comparada con la de las tarjetas comerciales.

Para mejorar la sensibilidad de las mediciones y el control, se podría emplear otro conversor con una resolución mayor a 8 bits, pero las mediciones de velocidad y dirección del viento no son puntos factores críticos que obligen a este cambio.

El programa de adquisición y control de datos, cumple con su tarea de medir las características del viento y controlar el posicionamiento del motor, tal como así lo demuestran los resultados que se obtuvieron durante las pruebas. Con seguridad, se puede mejorar su algoritmo; pero al menos se espera haber dado la pauta en lo que a explotar el pórtico paralelo y manejar la información desde un ambiente windows se refiere.

En la rutina de control del motor, el retardo de pulsos es indispensable, ya que permite mantener el pulso en los bobinados el tiempo necesario para que el motor responda. Si éste es demasiado bajo, el motor no alcanza a sincronizar los pulsos recibidos con el movimiento ejecutado y empieza a oscilar en una posición. Si el retardo es demasiado alto, se puede presentar calentamiento excesivo del motor,

ya que constantemente están energizadas las bobinas de manera innecesaria.

El apoyo de Visual Basic para la realización de este programa, hace precisamente de él un programa interactivo y amigable, fácil de navegar y obtener la información que de él se requiera, tal como datos instantáneos de velocidad y dirección; así como un reporte de datos almacenados con hora y fecha.

La implementación de un circuito controlador de motores de pasos tal como el MC3479 simplificó el diseño de la tarjeta de control de este motor. Cabe indicar que este driver puede ser utilizado para operar motores de dos fases con una capacidad máxima de 500 mA, lo que hizo que se pueda manejar el motor de este proyecto sin la implementación de amplificadores de corriente. Si otro fuese el caso; sería necesario añadir configuraciones darlington para operar estos motores.

Se ha diseñado y construido un prototipo que a más de controlar la posición de las hélices de un aerogenerador permite registrar la dirección y velocidad del viento, que se realiza precisamente con el objeto de estudiar una localidad con fines energéticos.

Se recalca también que la primera condición que debe reunir un sistema aerogenerador es la de recoger la mayor cantidad posible de viento. Esta condición exige que el sistema aerogenerador o sistema de aprovechamiento de energía este dotado de un sistema de seguimiento del viento, de allí el objetivo de esta tesis.

El presente trabajo presenta todos los aspectos correspondientes al diseño y construcción de un prototipo de registro y control de un sistema de energía eólica, cuyos objetivos planteados al inicio del proyecto fueron cumplidos sin inconvenientes.

El prototipo construido contribuye en gran medida para que todos pongamos la visión en aprovechar una energía desperdiciada como es la del viento. Esto se actualiza debido a la presente crisis energética que vive nuestro país.

La actualización de motores de pasos, como elemento final de actuación, da como resultado que el posicionamiento del aerogenerador sea más exacto sin error acumulativo.

En las pruebas del equipo se detectó un error relativo del orden del 1.5% en las medidas de la velocidad y dirección del viento, pero estos son muy aceptables dados a que no son factores críticos.

4.2.2 RECOMENDACIONES.

Si la distancia entre los sensores y el equipo aumenta, se debe utilizar cable blindado para la conexión entre ambos, con el objeto de minimizar el ruido eléctrico en la señal.

Se recomienda usar motores de pasos cuando se requiere de un posicionamiento preciso y confiable de cualquier mecanismo. De la misma forma se recomienda usar un computador, puesto que se reduce significativamente el diseño del

hardware y se consigue manipular la información, lográndose toda clase de cálculos; así como también controlar, graficar y realizar cualquier proceso estadístico.

Finalmente, se debería tomar este trabajo como punto de partida para la creación de un nuevo prototipo de arquitectura mixta (microprocesador - computador) con el objeto de instalarlo en localidades remotas sin suministro de energía eléctrica con el fin de evaluar el potencial eólico de una zona determinada, y además transferir estos datos vía modem hacia el computador.

La alternativa sugerida, consta de una unidad de medición y control, y un computador, además de los transductores, las protecciones, la batería y el panel; tal como lo muestra el diagrama de bloques de la figura 4.6

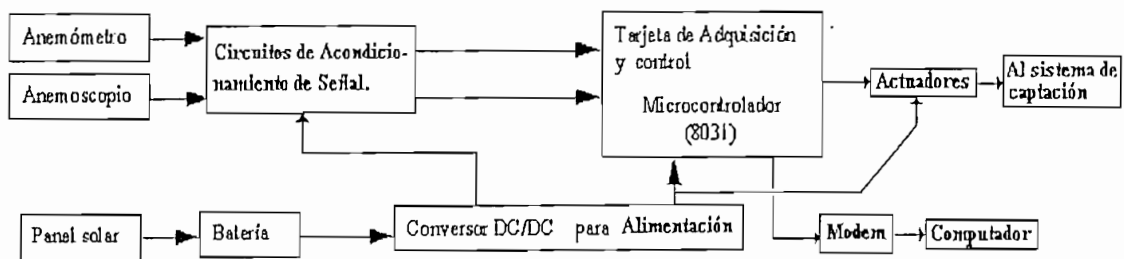


Fig. 4.6 Diagrama de bloques de la alternativa de diseño sugerida.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Documentos OLADE, PROSPECCION, EVALUACION Y CARACTERIZACION DE LA ENERGIA EOLICA, serie No. 10, Octubre 1980.
2. Micro Computer Personal Journal, HOW TO USE A PC'S PARALLEL PORT FOR MONITORING, May/June 1994.
3. Mitchell F. H., ELECTRONICS DESIGN, Princite Hall, Newy Jersey, 1988.
4. Fitzgerald A. E., MAQUINAS ELECTRICAS, McGraw -Hill, 1992.
5. Linear Circuits, DATA ACQUISITION AND CONVERSION, Texas Instruments, 1989
6. Control Systems magazine, MICROCOMPUTER SPEED CONTROL OF STEPPER MOTOR, Chen C.S., No.1, 1982.
7. Graeme Jerald G., APLICACIONES OF OPERATIONAL AMPLIFIERS, Mc Graw Hill, Kogakusha, 1973.
8. Gary Cornell, "MANUAL DE VISUAL BASIC 3. PARA WINDOWS", Osbornet/ McGraw-Hill, 1994
9. Katsuhiko Ogata, "SISTEMAS DE CONTROL EN TIEMPO DISCRETO",

Printice-Hall, 1996

10. Ludwing Ochoa S. "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO DE RASTREO SOLAR CON DOS GRADOS DE LIBERTAD", E.P.N, 1992

11. Freddy Salgado, "SIMULADOR PARA MEDICIÓN DE NIVEL DE LIQUÍDOS", E.P.N., octubre 1987.

ANEXO I

ANEXO 1. MANUAL DE USO DEL PROGRAMA

De acuerdo al esquema planteado, el desarrollo del programa de control e ingreso de datos se ejecuta bajo un formato visual, siendo Visual Basic 3.0 el entorno de trabajo utilizado en esta aplicación.

El prototipo utiliza el p rtico paralelo o de impresora y un programa desarrollado en Visual Basic (V.3.0) para Windows, por lo que es necesario un computador que disponga de estos recursos. Se ha utilizado un computador 486DX2/66Mhz, para el desarrollo de esta aplicación, pero podría utilizarse cualquier computador de p rtico paralelo unidireccional, en donde ejecutar windows y ciertos programas bajo el entorno windows no afecten la velocidad de la máquina.

El nombre de esta aplicación es "EOLICA.EXE" y debe registrarse en el drive C del computador bajo el directorio EOLICA. Este programa tiene una extensión de 236 Kbytes y consta de cuatro ambientes (pantallas) definidos del siguiente modo:

1. Pantalla de presentación
2. Pantalla Principal
2. Gráfico de la dirección
3. Gráfico de la velocidad, y
4. Pantalla de reporte de datos

A.1. EJECUCIÓN DE LA PANTALLA DE PRESENTACIÓN.

En esta pantalla se despliega el título del proyecto, los nombres de los autores y dos botones que permiten continuar o salir del programa. En la figura A1.1 se muestra dicha pantalla.

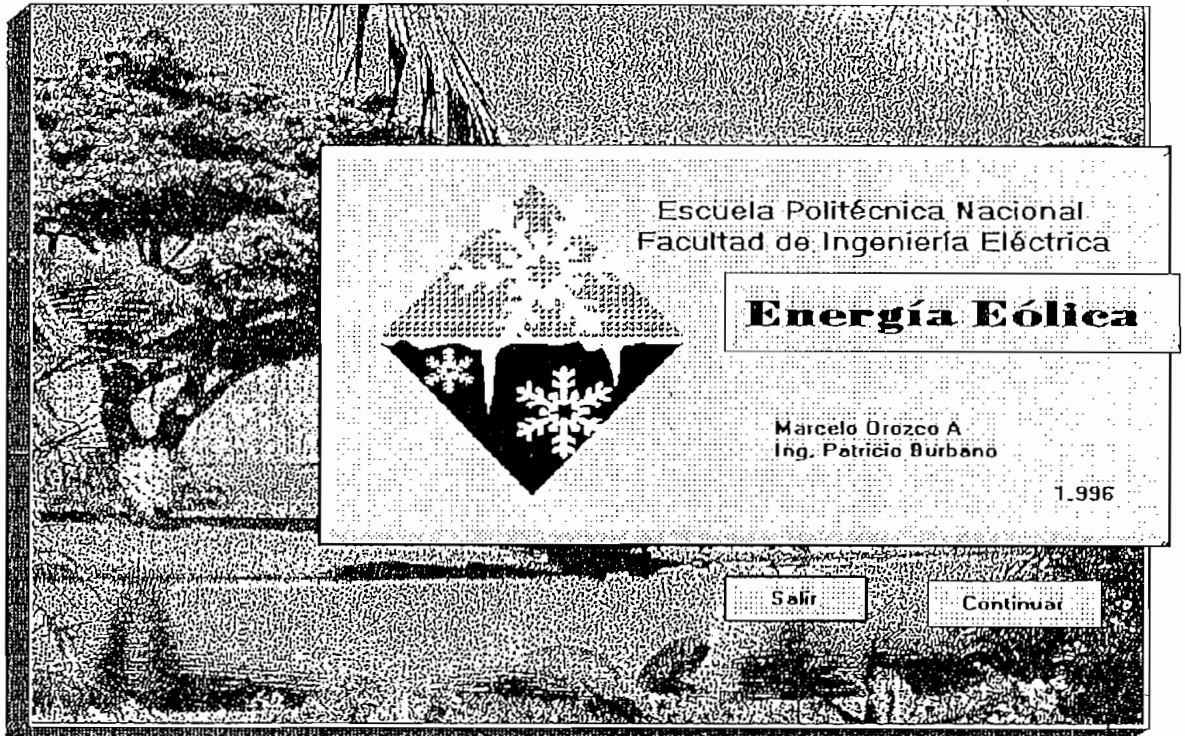


Fig. A1.1 Pantalla de Presentación

Después de aceptar la continuación del programa, se muestra un mensaje de ayuda, en la que se indica el primer paso que debe dar el usuario antes de encender el prototipo para el correcto control del elemento de captación de energía eólica, en este caso el ventilador. En él se indica que: “ Para un correcto posicionamiento del ventilador, debe hacerse coincidir la marca del eje del motor con la del graficado en la base del ventilador.” En la figura A1.2 se muestra el

despliegue de este mensaje y la respuesta dada a la opción NO.

2. PANTALLA PRINCIPAL.

Esta pantalla se desarrolla en base a un formulario MDI1, con el objeto de que las demás ventanas se comporten como subordinadas a la ventana principal. En ella se presentan botones de rápido acceso a las tareas y una barra de menú que

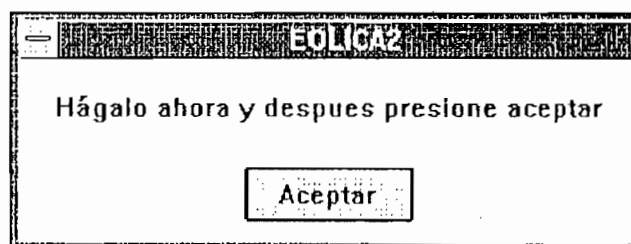
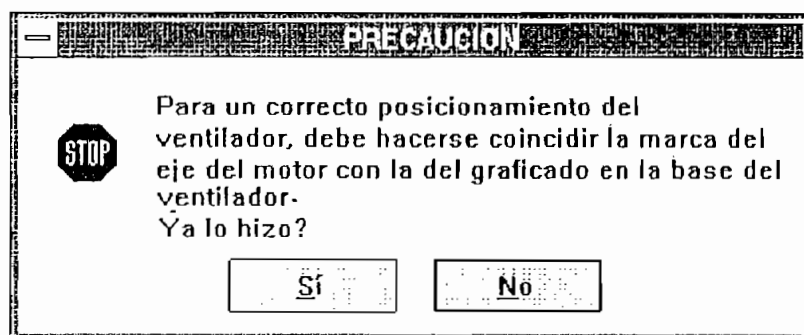


Fig. A1.2 Pantalla de advertencia

aparece inmediatamente después de la barra de títulos. Para acceder a estas funciones se tienen dos vías: Por teclado y mouse. En la figura A1.3 se muestra la pantalla descrita.

¹ MDI: Interfaz para documentos múltiples

Los números escritos debajo de los botones servirán de referencia para enunciar las tareas que ejecutan los botones de acceso rápido:

BOTON 1.- Al presionar este botón se da inicio al almacenamiento de la velocidad y dirección del viento durante 3 minutos. Tiempo que puede ser regulado desde el código fuente, de acuerdo a los requerimientos del proyecto. Los archivos de datos se guardan en el archivo “Noviembre.mdb”.

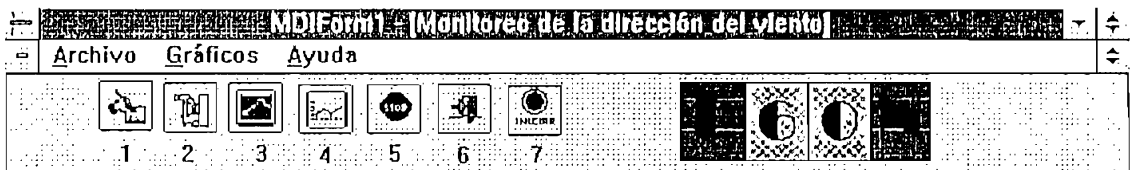


Fig. A1.3 Pantalla Principal

BOTÓN 2.- Un click en este botón permite abrir y mostrar los datos almacenados en la base de datos que se guardaron con el botón 1.

BOTÓN 3.- Al presionar este botón se muestra el gráfico de la velocidad del viento registrado instantáneamente.

BOTÓN 4.- Al presionar este botón se muestra el gráfico de la dirección del viento registrada instantáneamente y otros parámetros que se mencionan en la sección correspondiente a la pantalla “Dirección del Viento”

BOTÓN 5.- Al presionar este botón se detiene el sistema y se abandona el mismo.

BOTÓN 6.- Este botón permite posicionar al ventilador desde el computador, osea se trata de un posicionamiento manual.

BOTÓN 7.- Este botón permite que se alinien el eje del sensor de dirección con el eje del ventilador, dando así inicio al control por parte del computador. Cabe aclarar que la alineación indicada en la sección correspondiente a la pantalla de presentación (figura A1.2) es manual y por lo tanto se debe empezar inicialmente por ésta para que el control por parte del computador tenga éxito.

En la figura A1.4 se presenta una nueva manera de identificar las funciones que ejecutan los botones, dadas por la navegación del mouse sobre los mismos.

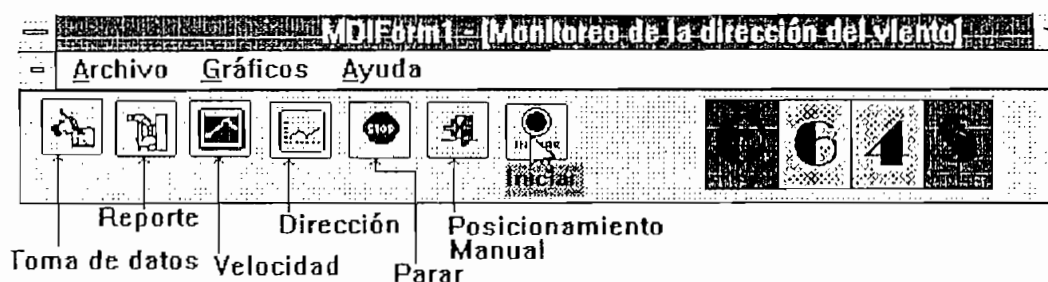


Fig. A1.4 Nombres de las aplicaciones de los botones

En la parte derecha se muestra la dirección del viento. En el ejemplo se ve: O 64 S (Oeste 64° Sur).

En la barra de menús se han especificado recursos como: Archivos, Gráficos y Ayuda, los cuales ejecutan las mismas funciones que los botones y a las que se acceden desde teclado o mouse. En la misma figura A1.4 debajo de la barra de

títulos MDI se muestra estos recursos.

A1.3 PANTALLA DEL GRÁFICO DE DIRECCIÓN.

Esta pantalla aparece inmediatamente debajo de la pantalla principal, en ella se muestran los valores instantáneos de la dirección (en grados) y velocidad (en m/s) del viento, así como el valor de la velocidad del ventilador (en m/s).

Además se representa gráficamente la posición de la dirección del viento a través de la aguja del indicador a manera de radar dibujado. En la parte inferior en cambio se muestra, una barra en la que consta la fecha actual, la hora actual, el nombre del pórtico utilizado y mensajes relacionados al navegar sobre los botones. Para acceder a esta pantalla se debe dar un click del mouse sobre el botón 4 de la barra de acceso rápido (fig. A1.3). En la figura A1.5 se muestra esta pantalla al ejecutarse este programa

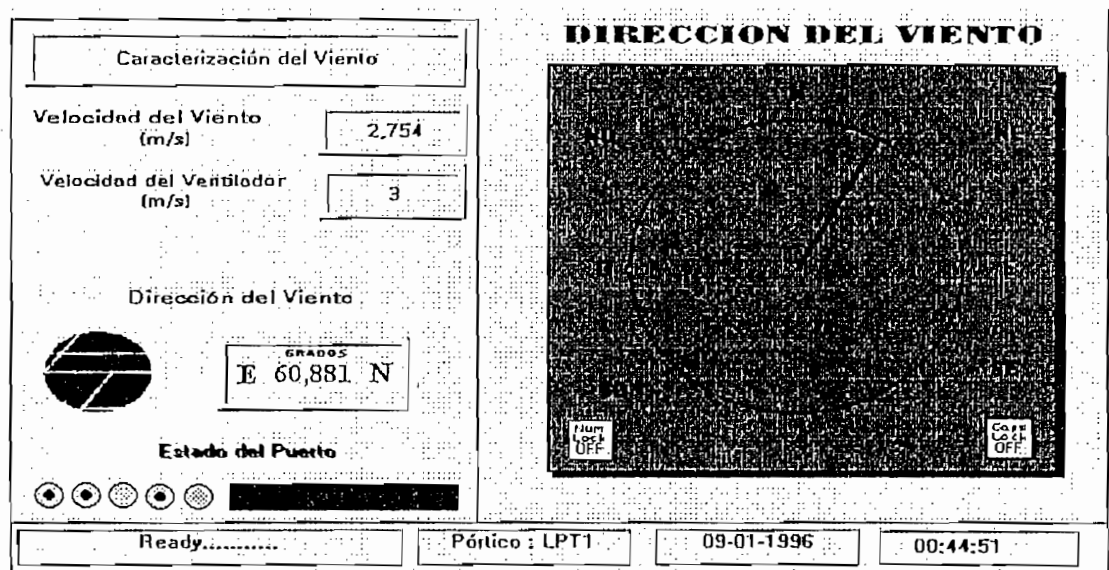


Fig. A1.5 Pantalla de la dirección del viento

A1.4 PANTALLA DEL GRÁFICO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO.

En ella se muestra el gráfico de la velocidad instantánea del viento. Para acceder a esta pantalla se dar click en el botón 3. (Fig A1.3)

En la figura A1.6 se muestra esta pantalla al ejecutarse este programa

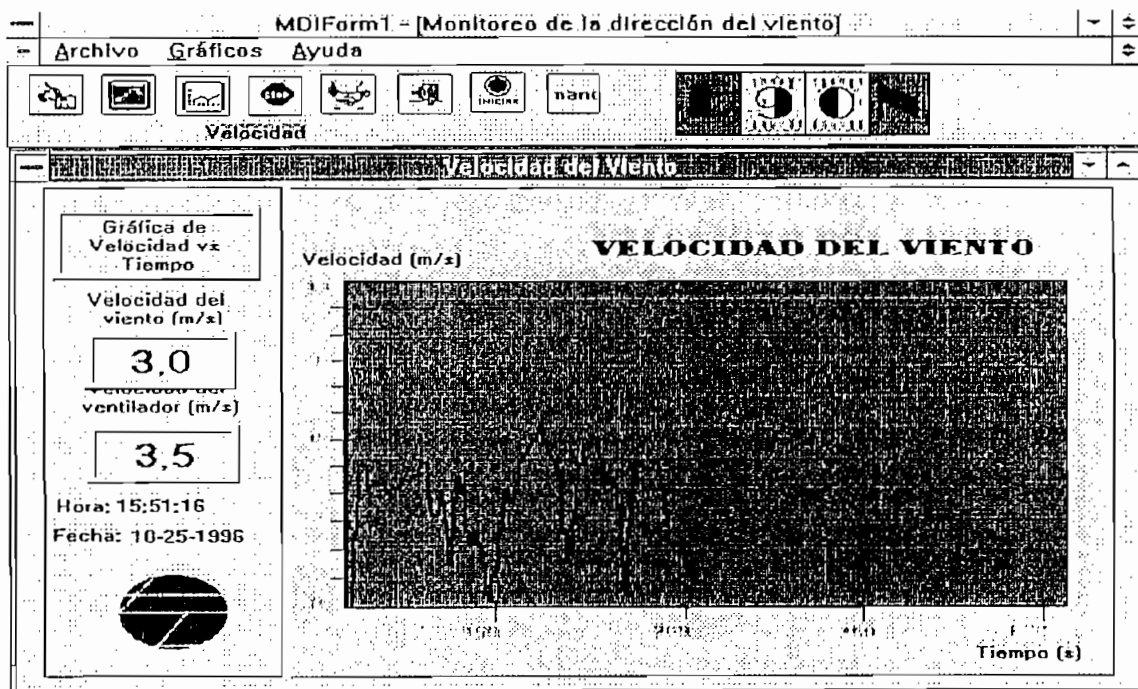


Fig. A1.6 Pantalla de la velocidad del viento.

A1.5 PANTALLA DEL REPORTE DE DATOS.

En esta pantalla se muestra los datos almacenados en una base de datos y se accesa a esta pantalla haciendo un click del mouse en el botón 2 de la barra de botones de acceso rápido (fig A1.3)

En la figura A1.7 se muestra esta pantalla al ejecutarse este programa.

Reporte				
FECHA	HORA	VELOCIDAD	DIRECCION	
24/10/1996	04:33:52	2,014	N 55,714 O	
24/10/1996	04:33:55	2,014	N 55,714 O	
24/10/1996	04:33:58	2,014	N 55,714 O	
24/10/1996	04:33:61	2,014	N 55,714 O	
24/10/1996	04:33:64	2,014	N 55,714 O	
24/10/1996	04:33:67	2,014	N 55,714 O	
24/10/1996	04:33:70	2,014	N 55,714 O	
24/10/1996	04:36:48		N 55,714 O	
24/10/1996	04:36:52	0	N 55,714 O	
24/10/1996	04:38:20	0	N 55,714 O	
24/10/1996	04:38:24	0	N 55,714 O	
24/10/1996	04:38:27	0	N 55,714 O	
24/10/1996	04:39:00	,576	E 47,143 N	
24/10/1996	04:39:03	1,48	E 2,857 N	
24/10/1996	04:39:07	,411	E 2,857 N	
24/10/1996	04:39:10	,002	E 2,857 N	
24/10/1996	04:39:13	0	E 2,857 N	
24/10/1996	04:39:17	0	E 2,857 N	
24/10/1996	04:39:20	0	E 2,857 N	
24/10/1996	04:39:23	1,973	E 2,857 N	
24/10/1996	04:39:26	1,603	O 67,143 S	

Fig. A1.7 Pantalla de reporte de datos.

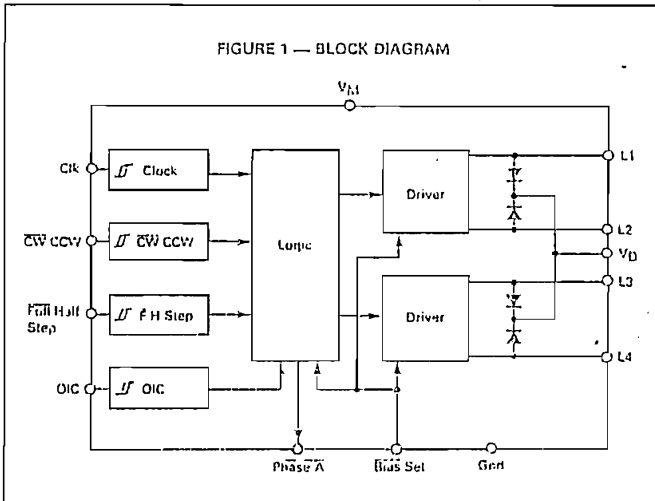
ANEXO 2

STEPPER MOTOR DRIVER

The MC3479 is designed to drive a two-phase stepper motor in the bipolar mode. The circuit consists of four input sections, a logic decoding/sequencing section, two driver-stages for the motor coils, and an output to indicate the Phase A drive state.

- Single Supply Operation — +7.2 to +16.5 Volts
- 350 mA/Coil Drive Capability
- Clamp Diodes Provided for Back-EMF Suppression
- Selectable CW/CCW and Full/Half Step Operation
- Selectable High/Low Output Impedance (Half Step Mode)
- TTL/CMOS Compatible Inputs
- Input Hysteresis — 400 mV Minimum
- Phase Logic Can Be Initialized to Phase A
- Phase A Output Drive State Indication (Open-Collector)
- Available in Standard DIP and Surface Mount

FIGURE 1 — BLOCK DIAGRAM



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Junction Temperature Range	Package
MC3479P	-65° to +150°C	Plastic
MC3479FN		Plastic

MC3479

STEPPER MOTOR DRIVER

SILICON MONOLITHIC
 INTEGRATED CIRCUIT

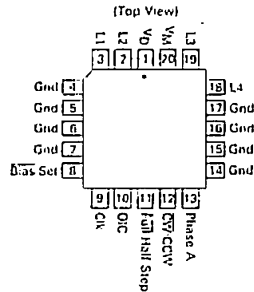
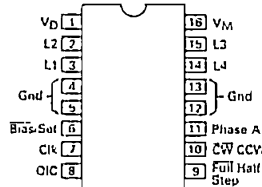


P SUFFIX
 PLASTIC PACKAGE
 CASE 648C



FN SUFFIX
 PLASTIC PACKAGE
 CASE 775
 (PLCC 20)

PIN ASSIGNMENTS



INPUT TRUTH TABLE

	Input Low	Input High
CW/CCW	CW	CCW
Full-Half Step	Full Step	Half Step
OIC	Hi Z	Low Z
Ck	Positive Edge Triggered	

MAXI
 Supply
 Clamp
 Driver O
 Drive O
 Input V
 Bias Set
 Phase A
 Phase A
 Junction
 Storage
 RECOM
 Supply V
 Clamp D
 Driver O
 Input Vo
 Bias Set
 Phase A
 Phase A
 Operatin
 NOTE:
 5. See si
 DC ELEC
 (Specifi
 INPUT LO
 Threshold
 Threshold
 Hysteresis
 Current
 DRIVER OI
 Output High
 IBS = -
 Output Low
 IBS = -
 Differential
 IBS = -
 Common M
 IBS = -
 Output Leak
 IO ≤ VOD
 IO ≤ VOD

NOTES:
 1. Algebraic
 2. Current in
 3. OVOD -
 4. CVOD -

MC3479

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V_M	+18	Vdc
Clamp Diode Cathode Voltage (Pin 1)	V_D	$V_M + 5.0$	Vdc
Driver Output Voltage	V_{OD}	$V_M + 6.0$	Vdc
Drive Output Current/Coil	I_{OD}	± 500	mA
Input Voltage (Logic Controls)	V_{in}	-0.5 to +7.0	Vdc
Bias/Set Current	I_{BS}	-10	mA
Phase A Output Voltage	V_{OA}	+18	Vdc
Phase A Sink Current	I_{OA}	20	mA
Junction Temperature	T_J	+150	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	°C

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
Supply Voltage	V_M	+7.2	+16.5	Vdc
Clamp Diode Cathode Voltage	V_D	V_M	$V_M + 4.5$	Vdc
Driver Output Current (Per Coil) (Note 5)	I_{OD}	—	350	mA
Input Voltage (Logic Controls)	V_{in}	0	+5.5	Vdc
Bias/Set Current (Outputs Active)	I_{BS}	-300	-75	μ A
Phase A Output Voltage	V_{OA}	—	V_M	Vdc
Phase A Sink Current	I_{OA}	0	8.0	mA
Operating Ambient Temperature	T_A	0	+70	°C

NOTE:

5. See section on Power Dissipation in Application Information.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS * (Pin numbers refer to the DIP Package)

(Specifications apply over the recommended supply voltage and temperature ranges unless otherwise noted.) (See Notes 1, 2)

Characteristic	*Pins	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
INPUT LOGIC LEVELS						
Threshold Voltage (Low-to-High)	7, 8, 9, 10	V_{TLH}	—	—	2.0	Vdc
Threshold Voltage (High-to-Low)		V_{THL}	0.8	—	—	Vdc
Hysteresis		V_{HYS}	0.4	—	—	Vdc
Current		I_{L} I_{IH1} I_{IH2}	-100 — —	— — —	— +100 +20	μ A
		$(V_I = 0.4 \text{ V})$ $(V_I = 5.5 \text{ V})$ $(V_I = 2.7 \text{ V})$				
DRIVER OUTPUT LEVELS						
Output High Voltage ($I_{BS} = -300 \mu\text{A}$)	2, 3, 14, 15	V_{OHD}	$V_M - 2.0$ $V_M - 1.2$	— —	— —	Vdc
Output Low Voltage ($I_{BS} = -300 \mu\text{A}, I_{OD} = 350 \text{ mA}$)		V_{OLD}	—	—	0.8	Vdc
Differential Mode Output Voltage Difference (Note 3) ($I_{BS} = -300 \mu\text{A}, I_{OD} = 350 \text{ mA}$)		DV_{OD}	—	—	0.15	Vdc
Common Mode Output Voltage Difference (Note 4) ($I_{BS} = -300 \mu\text{A}, I_{OD} = -0.1 \text{ mA}$)		CV_{OD}	—	—	0.15	Vdc
Output Leakage — Hi Z State ($0 \leq V_{OD} \leq V_M, I_{BS} = -5.0 \mu\text{A}$) ($0 \leq V_{OD} \leq V_M, I_{BS} = -300 \mu\text{A}, F/H = 2.0 \text{ V}, OIC = 0.8 \text{ V}$)		I_{OZ1} I_{OZ2}	-100 -100	— —	+100 +100	μ A

NOTES:

- Algebraic convention rather than absolute values is used to designate limit values.
- Current into a pin is designated as positive. Current out of a pin is designated as negative.
- $DV_{OD} = |V_{OD1,2} - V_{OD3,4}|$ where: $V_{OD1,2} = |V_{OHD1} - V_{OLD2}|$ or $|V_{OHD2} - V_{OLD1}|$, and $V_{OD3,4} = |V_{OHD3} - V_{OLD4}|$ or $|V_{OHD4} - V_{OLD3}|$.
- $CV_{OD} = |V_{OHD1} - V_{OHD2}|$ or $|V_{OHD3} - V_{OHD4}|$.

79

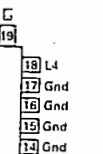
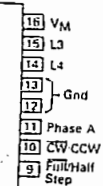
OR DRIVER

NOLITHIC
CIRCUIT

P SUFFIX
ASTIC PACKAGE
CASE 648C

FN SUFFIX
ASTIC PACKAGE
CASE 775
(PLCC 20)

MENTS



TABLE

Input High	
CCW	
Half Step	
Low Z	
Edge Triggered	

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued) *Pin numbers refer to the DIP Package

(Specifications apply over the recommended supply voltage and temperature ranges unless otherwise noted.) (See Notes 1, 2)

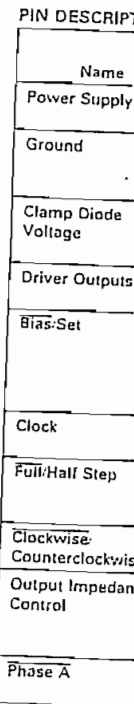
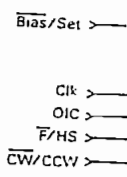
Characteristic	*Pins	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
CLAMP DIODES						
Forward Voltage ($I_D = 350 \text{ mA}$)	1, 2, 3, 14, 15	V_{DF}	—	2.5	3.0	Vdc
Leakage Current (Per Diode) (Pin 1 = 21 V; Outputs = 0 V; $I_{BS} = 0 \mu\text{A}$)		I_{DR}	—	—	100	μA
PHASE A OUTPUT						
Output Low Voltage ($I_{OA} = 8.0 \text{ mA}$)	11	V_{OLA}	—	—	0.4	Vdc
Off State Leakage Current ($V_{OHA} = 16.5 \text{ V}$)		I_{OHA}	—	—	100	μA
POWER SUPPLY						
Power Supply Current ($I_{OD} = 0 \mu\text{A}$, $I_{BS} = -300 \mu\text{A}$) (L1 = V_{OHD} , L2 = V_{OLD} , L3 = V_{OHD} , L4 = V_{OLD}) (L1 = V_{OHD} , L2 = V_{OLD} , L3 = Hi Z, L4 = Hi Z) (L1 = V_{OHD} , L2 = V_{OLD} , L3 = V_{OHD} , L4 = V_{OHD})	16	I_{MW} I_{MZ} I_{MN}	— — —	— — —	70 40 75	mA

BIAS/SET CURRENT						
To Set Phase A	6	I_{BS}	-5.0	—	—	μA

PACKAGE THERMAL CHARACTERISTICS						
Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	
Thermal Resistance, Junction to Ambient — No Heatsink	$R_{\theta JA}$	—	45	—	$^{\circ}\text{C/W}$	

AC SWITCHING CHARACTERISTICS ($T_A = +25^{\circ}\text{C}$, $V_{M} = 12 \text{ V}$) (See Figures 2, 3, 4)						
Characteristic	*Pins	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Clock Frequency	7	f_{CK}	0	—	50	kHz
Clock Pulse Width — High	7	PW_{CKH}	10	—	—	μs
Clock Pulse Width — Low	7	PW_{CKL}	10	—	—	μs
Bias/Set Pulse Width	6	PW_{BS}	10	—	—	μs
Setup Time — \overline{CW} :CCW and $\overline{F/HS}$	10-7 9-7	t_{su}	5.0	—	—	μs
Hold Time — \overline{CW} :CCW and $\overline{F/HS}$	10-7 9-7	t_h	10	—	—	μs
Propagation Delay — Clk-to-Driver Output		t_{PCD}	—	8.0	—	μs
Propagation Delay — Bias/Set-to-Driver Output		t_{PBSD}	—	1.0	—	μs
Propagation Delay — Clk-to-Phase A Low	7-11	t_{PHLA}	—	12	—	μs
Propagation Delay — Clk-to-Phase A High	7-11	t_{PLHA}	—	5.0	—	μs

- NOTES:
 1. Algebraic convention rather than absolute values is used to designate limit values.
 2. Current into a pin is designated as positive. Current out of a pin is designated as negative.



GENERAL
 The MC3479 int stepper positionin drives and robot outputs change st of the clock input, on the previous st the logic controls.

MC3479

FIGURE 2 — AC TEST CIRCUIT

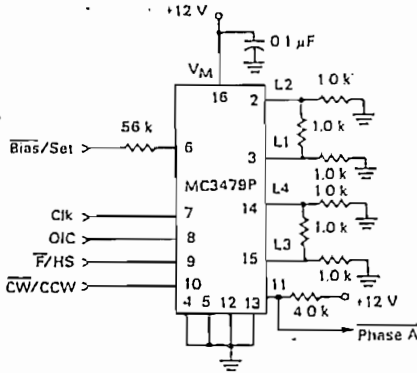
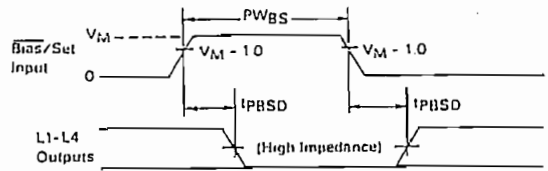


FIGURE 3 — BIAS/SET TIMING (Refer to Figure 2)



Note: t_r, t_f (10%-90%) for input signals are ≤ 25 ns.

PIN DESCRIPTION

Name	Symbol	Pin #		Description
		FN	DIP	
Power Supply	V_M	20	16	Power supply pin for both the logic circuit and the motor coil current. Voltage range is +7.2 to +16.5 volts.
Ground	Gnd	4, 5, 6, 7, 14, 15, 16, 17	4, 5, 12, 13	Ground pins for the logic circuit and the motor coil current. The physical configuration of the pins aids in dissipating heat from within the IC package.
Clamp Diode Voltage	V_D	1	1	This pin is used to protect the outputs where large voltage spikes may occur as the motor coils are switched. Typically a diode is connected between this pin and Pin 16. See Figure 11.
Driver Outputs	L1, L2, L3, L4	2, 3, 18, 19	2, 3, 14, 15	High current outputs for the motor coils. L1 and L2 are connected to one coil, and L3 and L4 to the other coil.
Bias/Set	$\bar{B}.S$	8	6	This pin is typically 0.7 volts below V_M . The current out of this pin (through a resistor to ground) determines the maximum output sink current. If the pin is opened ($\bar{B}.S < 5.0 \mu A$) the outputs assume a high impedance condition, while the internal logic presets to a Phase A condition.
Clock	Clk	9	7	The positive edge of the clock input switches the outputs to the next position. This input has no effect if Pin 6 is open.
Full/Half Step	$\bar{F}.HS$	11	9	When low (Logic "0"), each clock pulse will cause the motor to rotate one full step. When high, each clock pulse will cause the motor to rotate one-half step. See Figure 7 for sequence.
Clockwise/Counterclockwise	$\bar{C}W/CCW$	12	10	This input allows reversing the rotation of the motor. See Figure 7 for sequence.
Output Impedance Control	OIC	10	8	This input is relevant only in the half step mode (Pin 9 $>$ 2.0 V). When low (Logic "0") the two driver outputs of the non-energized coil will be in a high impedance condition. When high the same driver outputs will be at a low impedance referenced to V_M . See Figure 7.
Phase A	$\bar{P}h A$	13	11	This open-collector output indicates (when low) that the driver outputs are in the Phase A condition (L1 = L3 = V_{OHD} , L2 = L4 = V_{OLD}).

APPLICATION INFORMATION

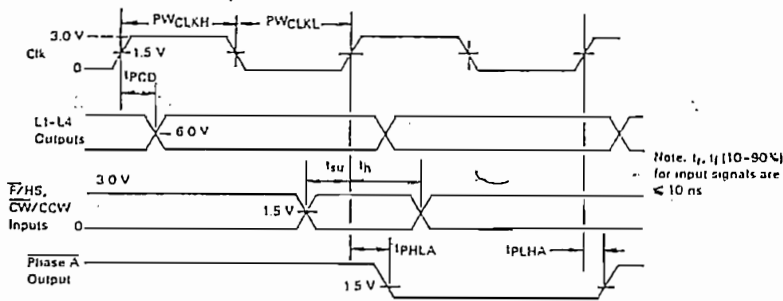
GENERAL

The MC3479 integrated circuit is designed to drive a stepper positioning motor in applications such as disk drives and robotics. The outputs can provide up to 350 mA to each of two coils of a two-phase motor. The outputs change state with each low-to-high transition of the clock input, with the new output state depending on the previous state, as well as the input conditions at the logic controls.

OUTPUTS

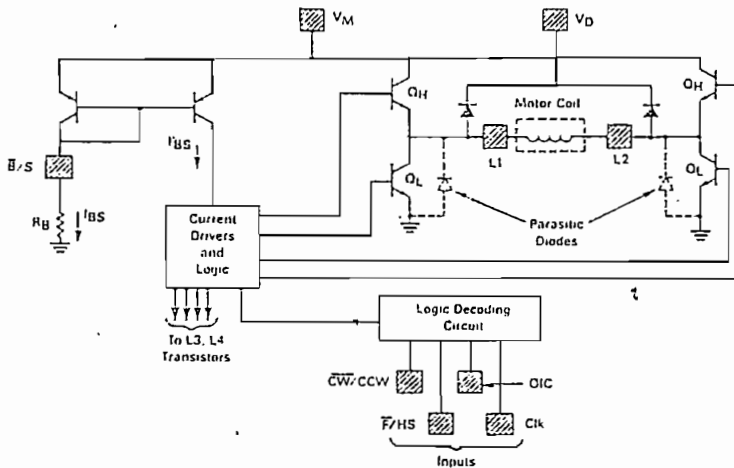
The outputs (L1-L4) are high current outputs (see Figure 5), which when connected to a two-phase motor, provide two full-bridge configurations (L3 and L4 are not shown in Figure 5). The polarities applied to the motor coils depend on which transistor (Q_H or Q_L) of each output is on, which in turn depends on the decoding circuitry.

FIGURE 4 — CLOCK TIMING (Refer to Figure 2)



Note: t_r, t_f (10-90%) for input signals are ≤ 10 ns

FIGURE 5 — OUTPUT STAGES

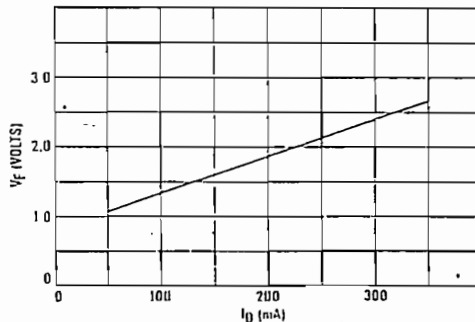


The maximum sink current available at the outputs is a function of the resistor connected between Pin 6 and ground (see section on \overline{Bios} /Set operation). Whenever the outputs are to be in a high impedance state, both transistors (Q_H and Q_L of Figure 5) of each output are off.

V_D

This pin allows for provision of a current path for the motor coil current during switching, in order to suppress back-EMF voltage spikes. V_D is normally connected to V_M (Pin 16) through a diode (zener or regular), a resistor, or directly. The peak instantaneous voltage at the outputs must not exceed V_M by more than 6.0 volts. The voltage drop across the internal clamping diodes must be included in this portion of the design (see Figure 6). Note the parasitic diodes (Figure 5) across each Q_L of each output provide for a complete circuit path for the switched current.

FIGURE 6 — CLAMP DIODE CHARACTERISTICS



FULL-
The
output
the se-
input.
comple
through
in Figu
When:
change
sequent
Eight st
of the se
(in polar
full step
to one n
The con
depends
diagram.
OIC
The ou
output in
ating in t

MC3479

FULL/HALF STEP

When this input is at a Logic "0" (<0.8 volts), the outputs change a full step with each clock cycle, with the sequence direction depending on the \overline{CW}/CCW input. There are four steps (Phase A, B, C, D) for each complete cycle of the sequencing logic. Current flows through both motor coils during each step, as shown in Figure 7.

When taken to a Logic "1" (>2.0 volts), the outputs change a half step with each clock cycle, with the sequence direction depending on the \overline{CW}/CCW input. Eight steps (Phase A-H) result for each complete cycle of the sequencing logic. Phase A, C, E and G correspond (in polarity) to Phase A, B, C, and D, respectively, of the full step sequence. Phase B, D, F and H provide current to one motor coil, while de-energizing the other coil. The condition of the outputs of the de-energized coil depends on the OIC input. See Figure 7 for timing diagram.

OIC

The output impedance control input determines the output impedance to the de-energized coil when operating in the half-step mode. When the outputs are in

Phase B, D, F or H (Figure 7) and this input is at a Logic "0" (<0.8 V), the two outputs to the de-energized coil are in a high impedance condition — O_L and O_H of both outputs (Figure 5) are off. When this input is at a Logic "1" (>2.0 V), a low impedance output is provided to the de-energized coil as both outputs have O_H on (O_L off). To complete the low impedance path requires connecting V_D to V_M as described elsewhere in this data sheet.

BIAS/SET

This pin can be used for three functions:

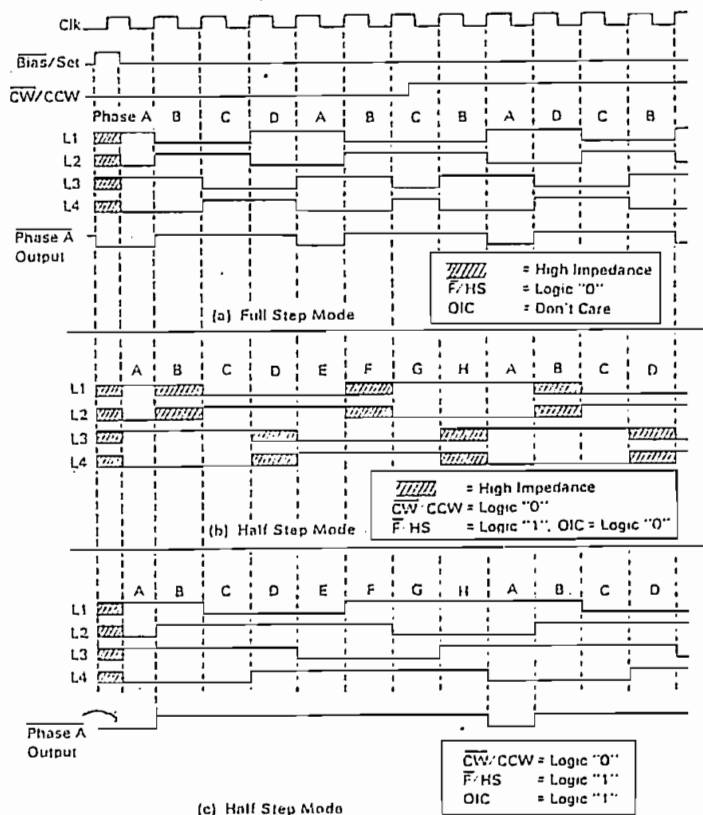
- determining the maximum output sink current;
- setting the internal logic to a known state; and
- reducing power consumption.

a) The maximum output sink current is determined by the base drive current supplied to the lower transistors (O_L s of Figure 5) of each output, which in turn, is a function of I_{BS} . The appropriate value of I_{BS} is determined by:

$$I_{BS} = I_{OD} \times 0.86$$

where I_{BS} is in microamps, and I_{OD} is the motor current/coil in millamps.

FIGURE 7 — OUTPUT SEQUENCE



The value of R_B (between this pin and ground) is then determined by:

$$R_B = \frac{V_M - 0.7 \text{ V}}{I_{BS}}$$

b) When this pin is opened (raised to V_M) such that I_{BS} is $< 5.0 \mu\text{A}$, the internal logic is set to the Phase \bar{A} condition, and the four driver outputs are put into a high impedance state. The Phase \bar{A} output (Pin 11) goes active (low), and input signals at the controls are ignored during this time. Upon re-establishing I_{BS} , the driver outputs become active, and will be in the Phase \bar{A} position ($L1 = L3 = V_{OHD}$, $L2 = L4 = V_{OLD}$). The circuit will then respond to the inputs at the controls.

The Set function (opening this pin) can be used as a power-up reset while supply voltages are settling. A CMOS logic gate (powered by V_M) can be used to control this pin as shown in Figure 11.

c) Whenever the motor is not being stepped, power dissipation in the IC and in the motor may be lowered by reducing I_{BS} , so as to reduce the output (motor) current. Setting I_{BS} to $75 \mu\text{A}$ will reduce the motor current, but will not reset the internal logic as described above. See Figure 12 for a suggested circuit.

POWER DISSIPATION

The power dissipated by the MC3479 must be such that the junction temperature (T_J) does not exceed 150°C . The power dissipated can be expressed as:

$$P = (V_M \times I_M) + (2 \times I_{OD}) [(V_M - V_{OHD}) + V_{OLD}]$$

where V_M = Supply voltage;

I_M = Supply current other than I_{OD} ;

I_{OD} = Output current to each motor coil;

V_{OHD} = Driver output high voltage;

V_{OLD} = Driver output low voltage.

The power supply current (I_M) is obtained from Figure 8. After the power dissipation is calculated, the junction temperature can be calculated using:

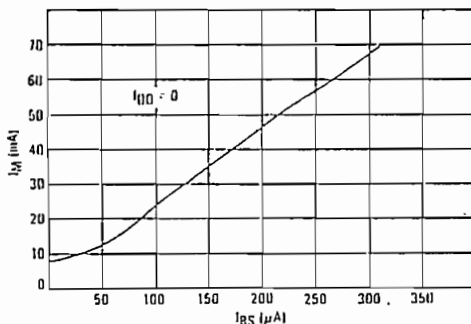
$$T_J = (P \times R_{\theta JA}) + T_A$$

where $R_{\theta JA}$ = Junction to ambient thermal resistance; ($52^\circ\text{C}/\text{W}$ for the DIP, $72^\circ\text{C}/\text{W}$ for the FN Package)

T_A = Ambient Temperature.

For example, assume an application where $V_M = 12 \text{ V}$, the motor requires $200 \text{ mA}/\text{coil}$, operating at room

FIGURE 8 — POWER SUPPLY CURRENT



temperature with no heatsink on the IC. I_{BS} is calculated:

$$I_{BS} = 200 \times 0.86$$

$$I_{BS} = 172 \mu\text{A}$$

R_B is calculated:

$$R_B = (12 - 0.7) \text{ V} / 172 \mu\text{A}$$

$$R_B = 65.7 \text{ k}\Omega$$

From Figure 8, I_M (max) is determined to be 40 mA . From Figure 9, V_{OLD} is 0.46 volts , and from Figure 10, $(V_M - V_{OHD})$ is 1.4 volts .

$$P = (12 \times 0.040) + (2 \times 0.2) (1.4 + 0.46)$$

$$P = 1.22 \text{ W}$$

$$T_J = (1.22 \text{ W} \times 52^\circ\text{C}/\text{W}) + 25^\circ\text{C}$$

$$T_J = 88^\circ\text{C}$$

This temperature is well below the maximum limit. If the calculated T_J had been higher than 150°C , a heatsink such as the Staver Co. V-7 Series, Aavid #5802, or Thermalloy #6012 could be used to reduce $R_{\theta JA}$. In extreme cases forced air cooling should be considered.

The above calculation, and $R_{\theta JA}$, assumes that a ground plane is provided under the MC3479 (either or both sides of the PC board) to aid in the heat dissipation. Single nominal width traces leading from the four ground pins should be avoided as this will increase T_J , as well as provide potentially disruptive ground noise and I_R drops when switching the motor current.

FIGURE 9 — MAXIMUM SATURATION VOLTAGE — DRIVER OUTPUT LOW

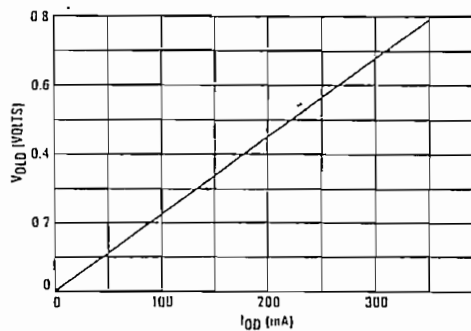
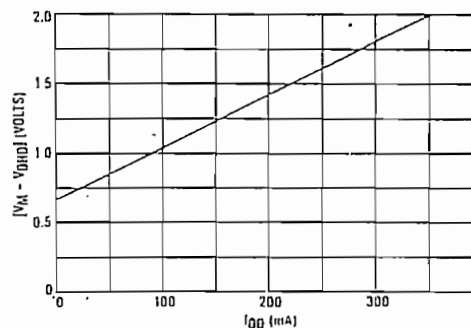


FIGURE 10 — MAXIMUM SATURATION VOLTAGE — DRIVER OUTPUT HIGH



MC3479

FIGURE 11 — TYPICAL APPLICATIONS CIRCUIT

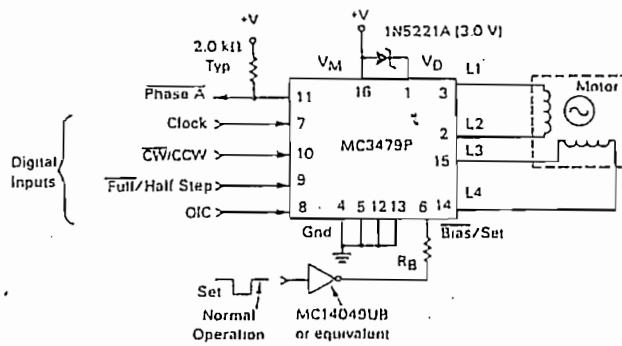
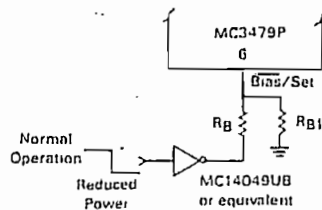


FIGURE 12 — POWER REDUCTION



- Suggested value for R_{B1} ($V_M = 12$ V) is 150 k Ω .
- R_B calculation (see text) must take into account the current through R_{B1} .

LM2907, LM2917 Frequency to Voltage Converter

General Description

The LM2907, LM2917 series are monolithic frequency to voltage converters with a high gain op amp/comparator designed to operate a relay, lamp, or other load when the input frequency reaches or exceeds a selected rate. The tachometer uses a charge pump technique and offers frequency doubling for low ripple, full input protection in two versions (LM2907-8, LM2917-8) and its output swings to ground for a zero frequency input.

Advantages

- Output swings to ground for zero frequency input
- Easy to use; $V_{OUT} = f_{IN} \times V_{CC} \times R1 \times C1$
- Only one RC network provides frequency doubling
- Zener regulator on chip allows accurate and stable frequency to voltage or current conversion. (LM2917)

Features

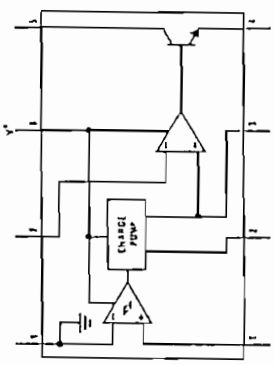
- Ground referenced tachometer input interfaces directly with variable reluctance magnetic pickups
- Op amp/comparator has floating transistor output
- 50 mA sink or source to operate relays, solenoids, meters, or LEDs

- Frequency doubling for low ripple
- Tachometer has built-in hysteresis with either differential input or ground referenced input
- Built-in zener on LM2917
- $\pm 0.5\%$ linearity typical
- Ground referenced tachometer is fully protected from damage due to swings above V_{CC} and below ground

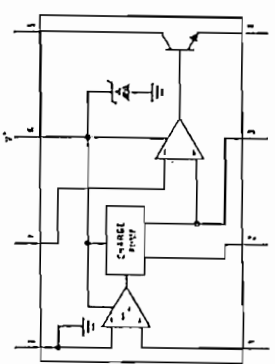
Applications

- Over/under speed sensing
- Frequency to voltage conversion (tachometer)
- Speedometers
- Breaker point dwell meters
- Hand-held tachometer
- Speed governors
- Cruise control
- Automotive floor lock control
- Clutch control
- Horn control
- Touch or sound switches

Block and Connection Diagrams Dual-In-Line Packages, Top Views



Order Number LM2907N-8
See NS Package N08B



Order Number LM2917N-8
See NS Package N08B

Order Number LM2907J
See NS Package J14A
Order Number LM2907N
See NS Package N14A

Order Number LM2917J
See NS Package J14A
Order Number LM2917N
See NS Package N14A

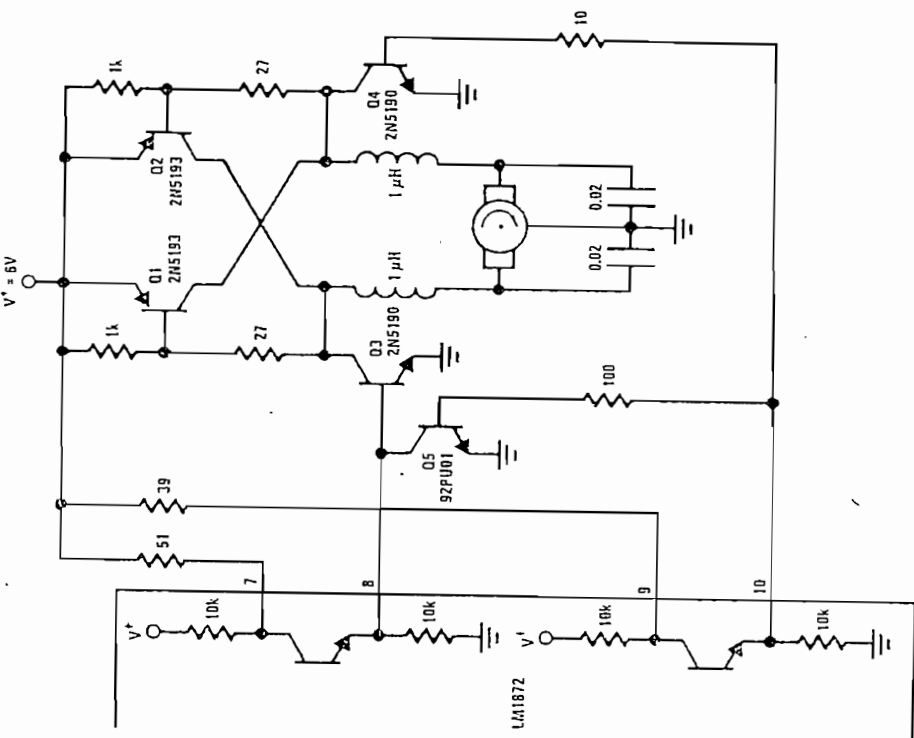


FIGURE 16. Digital Bridge Motor Drive

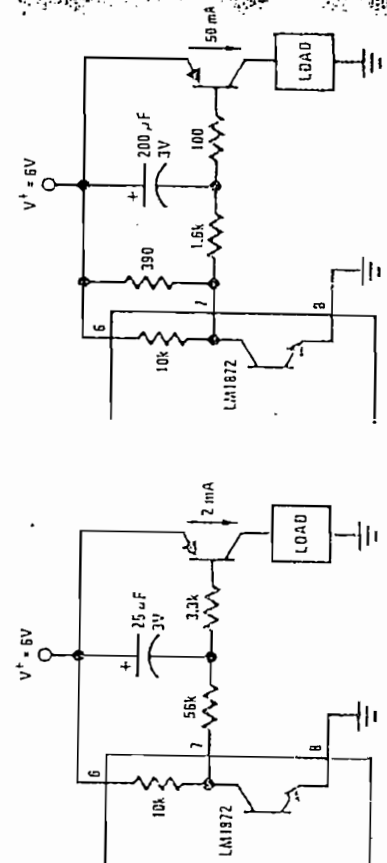


FIGURE 17. Integrating a Digital Channel Output to Achieve Noise Immunity

a) Low Current Load

b) High Current Load

Supply Voltage
 29V
 25 mA
 28V
 Collector Voltage
 28V
 Differential Input Voltage
 28V
 Zener
 Op Amp/Comparator

Input Voltage Range
 LM2907-8, LM2917-8
 Tachometer LM2907, LM2917
 Op Amp/Comparator
 Power Dissipation
 Operating Temperature Range
 Storage Temperature Range
 Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)

Electrical Characteristics $V_{CC} = 12V_{DC}$, $T_A = 25^\circ C$, see test circuit

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX
TACHOMETER				
Input Thresholds	$V_{IN} = 250\text{ mV}_{p-p}$ @ 1 kHz (Note 2)	± 10	± 15	± 40
Hysteresis	$V_{IN} = 250\text{ mV}_{p-p}$ @ 1 kHz (Note 2)		30	
Offset Voltage	$V_{IN} = 250\text{ mV}_{p-p}$ @ 1 kHz (Note 2)		3.5	10
LM2907/LM2917			5	15
LM2907-8/LM2917-8			0.1	1
Input Bias Current	$V_{IN} = \pm 50\text{ mV}_{DC}$		8.3	
V_{OH} Pin 2	$V_{IN} = +125\text{ mV}_{DC}$ (Note 3)		2.3	
V_{OL}	$V_{IN} = -125\text{ mV}_{DC}$ (Note 3)	140	180	240
Output Current: I_2, I_3	$V_2 = V_3 = 6.0V$ (Note 4)		1.0	1.1
Leakage Current: I_3	$I_2 = 0, V_3 = 0$ (Note 3)	0.9		
Gain Constant, K	$f_{IN} = 1\text{ kHz}, 5\text{ kHz}, 10\text{ kHz}$, (Note 5)	-1.0	0.3	+1.0
Linearity				
OP/AMP COMPARATOR				
V_{OC}	$V_{IN} = 6.0V$		3	10
I_{OUT5}	$V_{IN} = 6.0V$		50	500
Input Common-Mode Voltage		0		$V_{CC} - 1.5V$
Voltage Gain			200	
Output Sink Current	$V_C = 1.0$		50	
Output Source Current	$V_E = V_{CC} - 2.0$		10	
Saturation Voltage	$I_{SINK} = 5\text{ mA}$		0.1	0.5
	$I_{SINK} = 20\text{ mA}$			1.0
	$I_{SINK} = 50\text{ mA}$		1.0	1.5

ZENER REGULATOR

Regulator Voltage	$R_{ONOP} = 470\Omega$	7.56
Series Resistance		10.5
Temperature Stability		+1
TOTAL SUPPLY CURRENT		3.8
		6

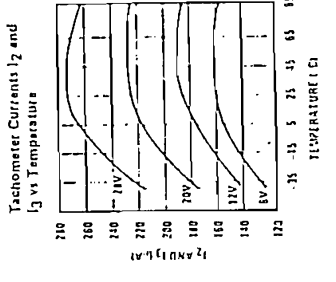
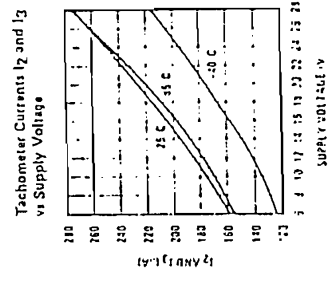
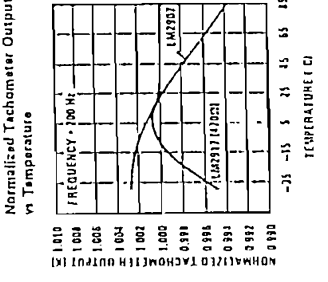
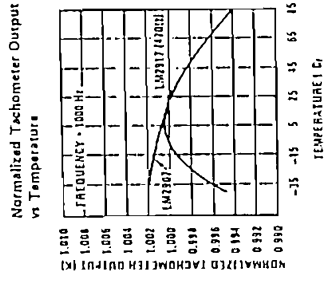
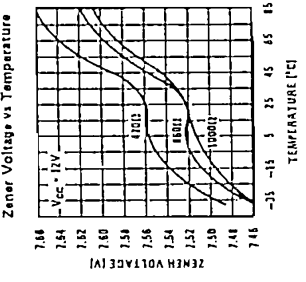
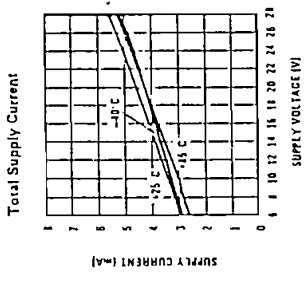
Note 1: For operation in ambient temperatures above $25^\circ C$, the device must be derated based on a $150^\circ C$ maximum junction temperature. The thermal resistance of 1/5 C/W junction to ambient for package 22 and 16 or a thermal resistance of 187 C/W junction to ambient for package 28.

Note 2: Hysteresis is the sum of $V_{TH} - (I_{SINK} - I_{SINK})$, offset voltage is their difference. See test circuit.

Note 3: V_{OH} is equal to $3/4 \times V_{CC} - 1 V_{BE}$. V_{OL} is equal to $1/4 \times V_{CC} - 1 V_{BE}$ therefore $V_{OH} - V_{OL} = V_{CC}/2$. The difference, $V_{OH} - V_{OL}$, and the mirror gain, I_2/I_3 , are the two factors that cause the tachometer gain constant to vary from 1.0.

Note 4: Be sure when choosing the time constant $R1 \times C1$ that $R1$ is such that the maximum anticipated output voltage at pin 3 can be reached with $I_3 \times R1$. The maximum value for $R1$ is limited by the output resistance of pin 3 which is greater than 10 M Ω typically.

Note 5: Linearity is defined as the deviation of V_{OUT} (at pin 3) for $f_{IN} = 5\text{ kHz}$ from a straight line defined by the V_{OUT} at 1 kHz and V_{OUT} at 10 kHz. $C1 = 1000\text{ pF}$, $R1 = 65\text{ k}\Omega$, $C2 = 0.22\text{ mF}$.



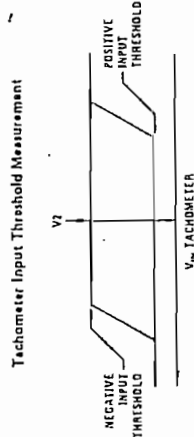
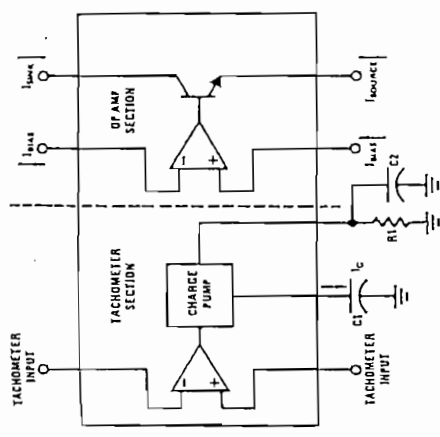
tachometer input and uncommitted op amp inputs. With this version the tachometer input may be floated and the op amp becomes suitable for active filter conditioning of the tachometer output.

Both of these configurations are available with an active shunt regulator connected across the power leads. The regulator clamps the supply such that stable frequency to voltage and frequency to current operations are possible with any supply voltage and a suitable resistor.

The op amp comparator is a high speed, low propagation delay device with a floating transistor as its output. This feature allows either a ground or supply referred load of up to 50 mA. The collector may be taken above V_{CC} up to a maximum V_{CE} of 28V.

The two basic configurations offered include an 8-pin device with a ground referenced tachometer input and an internal connection between the tachometer output and the op amp non-inverting input. This version is well suited for single speed or frequency switching or fully buffered frequency to voltage conversion applications.

Test Circuit and Waveform



Applications Information

The LM2907 series of tachometer circuits is designed for minimum external part count applications and maximum versatility. In order to fully exploit its features and advantages let's examine its theory of operation. The first stage of operation is a differential amplifier driving a positive feedback flip-flop circuit. The input threshold voltage is the amount of differential input voltage at which the output of this stage changes state. Two options (LM2907-8, LM2917-8) have one input internally grounded so that an input signal must swing above and below ground and exceed the input thresholds to produce an output. This is offered specifically for magnetic variable reluctance pickups which typically provide a single-ended ac output. This single input is also fully protected against voltage swings to $\pm 28V$, which are easily attained with these types of pickups.

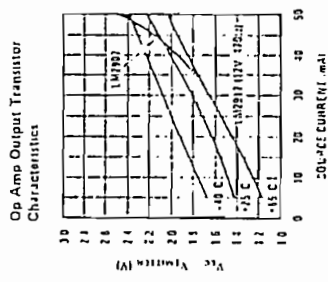
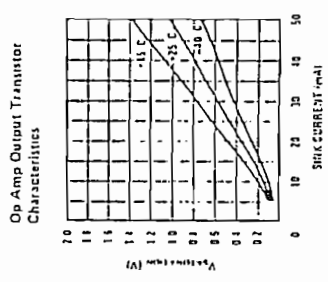
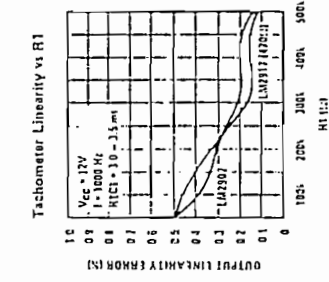
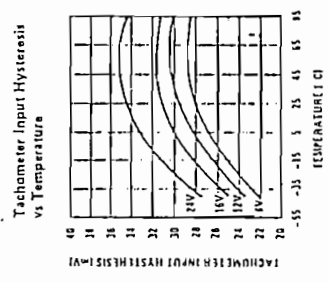
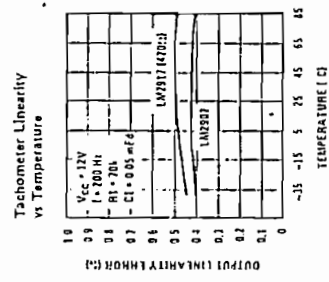
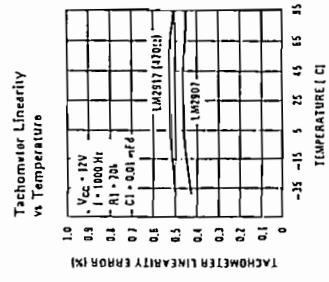
The differential input options (LM2907, LM2917) give the user the option of setting his own input switching level and still have the hysteresis around that level for excellent noise rejection in any application. Of course in order to allow the inputs to attain common-mode voltages above ground, input protection is removed

and neither input should be taken outside the limits of the supply voltage being used. It is very important that an input not go below ground without some resistance in its lead to limit the current that will then flow in the epi-substrate diode.

Following the input stage is the charge pump where the input frequency is converted to a dc voltage. To do this requires one timing capacitor, one output resistor, and an integrating or filter capacitor. When the input stage changes state (due to a suitable zero crossing or differential voltage on the input) the timing capacitor is either charged or discharged linearly between two voltages whose difference is $V_{CC}/2$. Then in one half cycle of the input frequency or a time equal to $1/2 f_{IN}$ the change in charge on the timing capacitor is equal to $V_{CC}/2 \times C1$. The average amount of current pumped into or out of the capacitor then is:

$$\frac{\Delta Q}{T} = I_{E(AVG)} = C1 \times \frac{V_{CC}}{2} \times (2f_{IN}) = V_{CC} \times f_{IN} \times C1$$

The output circuit mirrors this current very accurately into the load resistor $R1$, connected to ground, such that if the pulses of current are integrated with a filter



capacitor, then, $V_o = i_c \times R_1$, and the total conversion equation becomes:

$$V_o = V_{CC} \times f_{IN} \times C_1 \times R_1 \times K$$

Where K is the gain constant—typically 1.0.
The size of C2 is dependent only on the amount of ripple voltage allowable and the required response time.

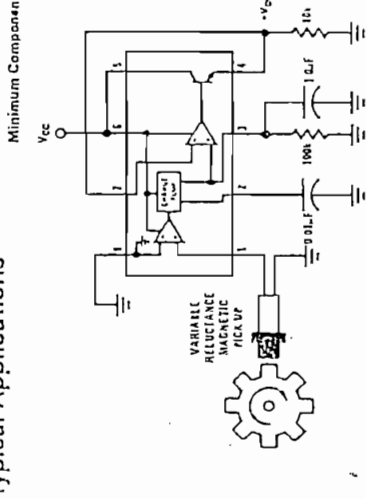
CHOOSING R1 AND C1

There are some limitations on the choice of R1 and C1 which should be considered for optimum performance. The timing capacitor also provides internal compensation for the charge pump and should be kept larger than 100 pF for very accurate operation. Smaller values can cause an error current on R1, especially at low temperatures. Several considerations must be met when choosing R1. The output current at pin 3 is internally fixed and therefore V_o/R_1 must be less than or equal to this value. If R1 is too large, it can become a significant fraction of the output impedance at pin 3 which degrades linearity. Also output ripple voltage must be considered and the size of C2 is affected by R1. An expression that describes the ripple content on pin 3 for a single R1C2 combination is:

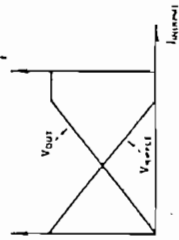
$$V_{RIPPLE} = \frac{V_{CC}}{2} \times \frac{C_1}{C_2} \times \left(1 - \frac{V_{CC} \times f_{IN} \times C_1}{I_2} \right) \text{ pk-pk}$$

It appears R1 can be chosen independent of ripple,

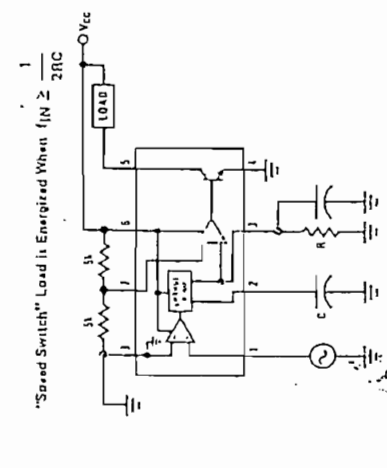
Typical Applications



Minimum Component Tachometer



Zener Regulated Frequency to Voltage Converter



"Shared Switch" Load Is Energized When $f_{IN} \geq 2f_C$

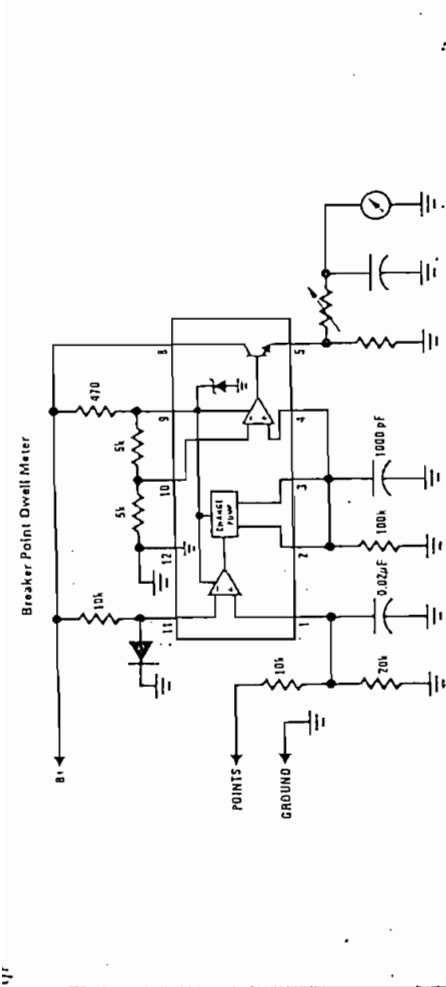
however response time, or the time it takes V_{OUT} to stabilize at a new voltage increases as the size of C1 increases so a compromise between ripple, response time, and linearity must be chosen carefully.

As a final consideration, the maximum attainable frequency is determined by V_{CC} , C1 and I2:

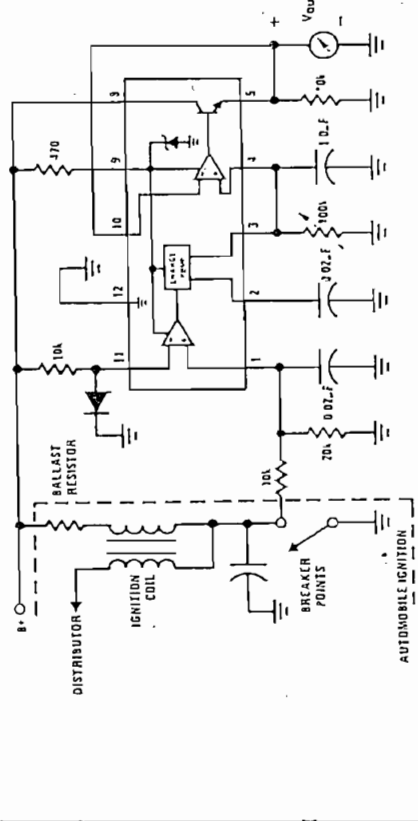
$$f_{MAX} = \frac{I_2}{C_1 \times V_{CC}}$$

USING ZENER REGULATED OPTIONS (LM2917)

For those applications where an output voltage or current must be obtained independent of supply voltage variations, the LM2917 is offered. The most important consideration in choosing a dropping resistor from an unregulated supply to the device is that the tachometer and op amp circuitry alone require about 3 mA and the voltage level provided by the zener. At low input voltages there must be some current flowing in the resistor above the 3 mA circuit current to operate the regulator. As an example, if the raw supply varies from 9 to 16V, a resistance of 470Ω will minimize the voltage variation to 180 mV. If the resistance goes under 400Ω or over 600Ω the zener variation quickly goes above 200 mV for the same input variation.

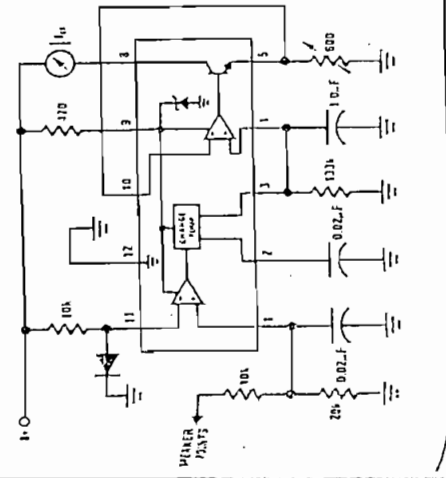


Breaker Point Dwell Meter



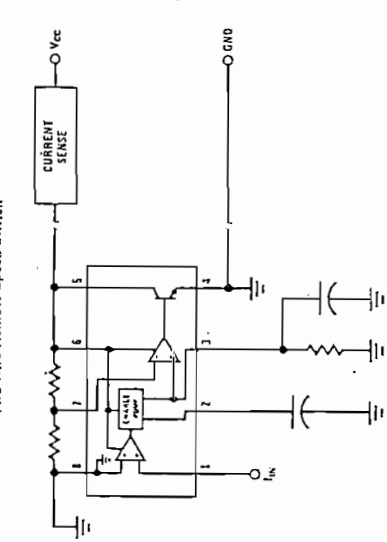
Voltage Driven Meter Indicating Engine RPM
 $V_o = 6V @ 400 \text{ Hz or } 6000 \text{ ERPM (8 Cylinder Engine)}$

Current Driven Meter Indicating Engine RPM
 $I_o = 10 \text{ mA @ } 300 \text{ Hz or } 6000 \text{ ERPM (6 Cylinder Engine)}$

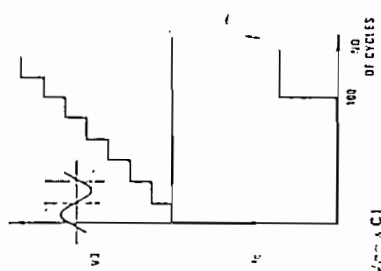
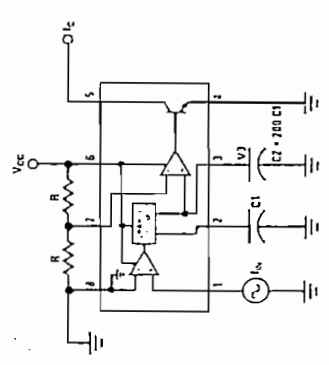


Capacitance Meter
 $V_{OUT} = I - 10V \text{ for } C_x = 0.01 \text{ to } 0.1 \text{ mF}$
($R = 111k$)

Two-Wire Remote Speed Switch

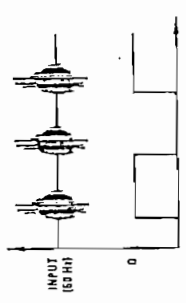
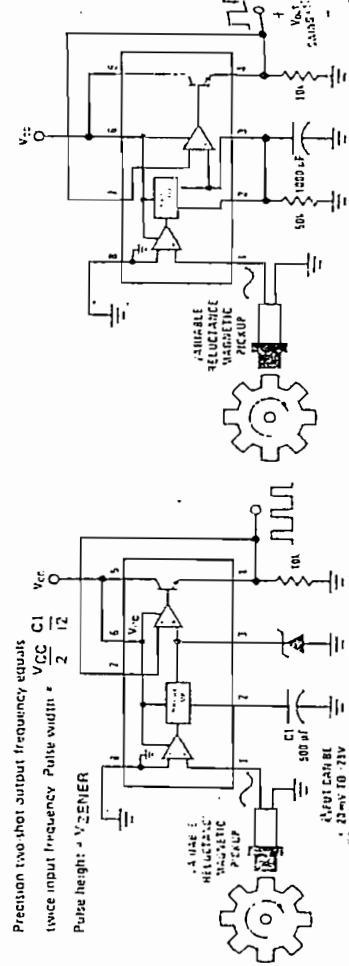


100 Cycle Delay Switch

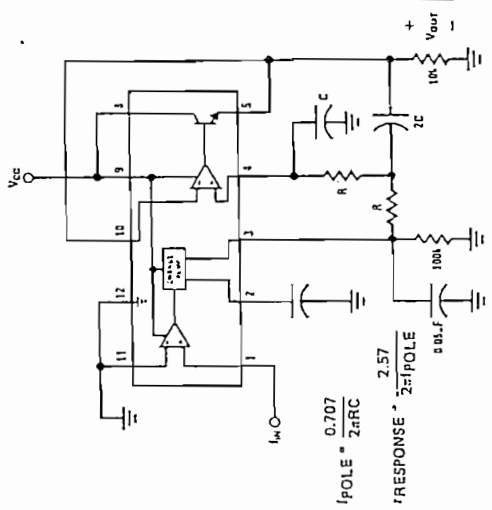


V_2 steps up in voltage by the amount $\frac{V_{CC} \times C_1}{C_2}$ for each complete input cycle (2 zero crossings).
 Example:
 If $C_2 = 200 \text{ C1}$ after 100 consecutive input cycles.
 $V_2 = 1/2 V_{CC}$

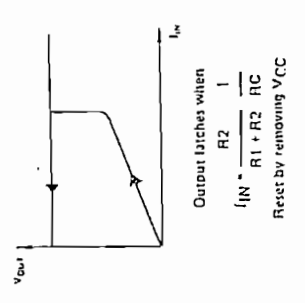
Variable Reluctance Magnetic Pickup Circuits



Frequency to Voltage Converter with 2 Pole Butterworth Filter to Reduce Ripple

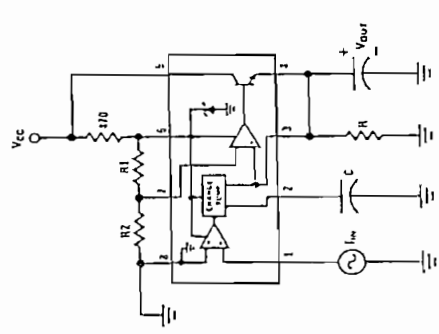


$f_{\text{POLE}} = \frac{0.707}{2\pi RC}$
 $f_{\text{RESPONSE}} = 2\pi f_{\text{POLE}}$

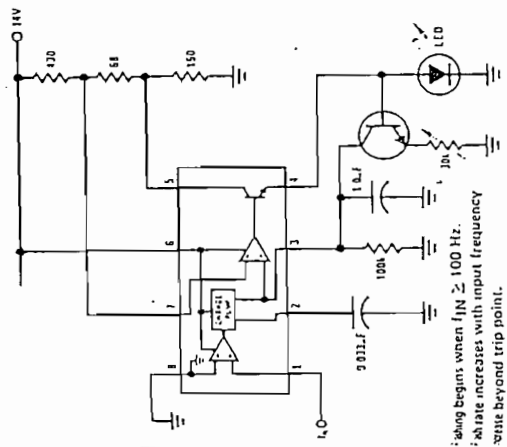


Output latches when $f_{IN} = \frac{1}{R_1 + R_2} \frac{1}{RC}$
 Reset by removing VCC

Overspeed Latch



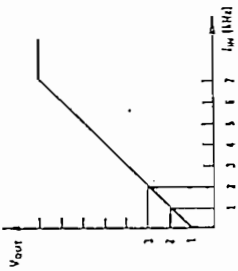
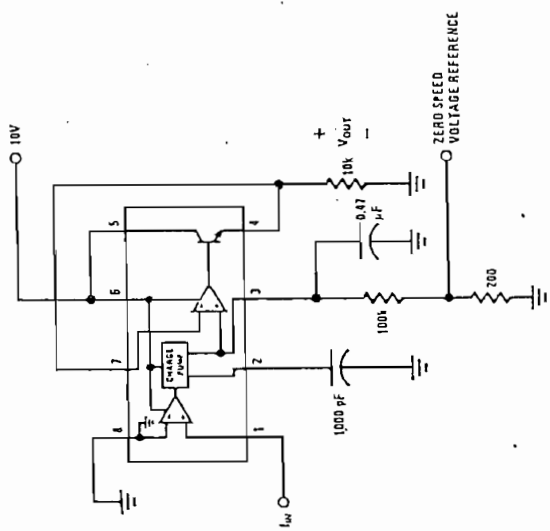
Flashing LED Indicates Overspeed



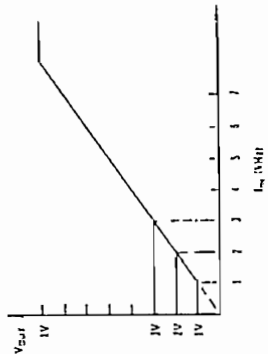
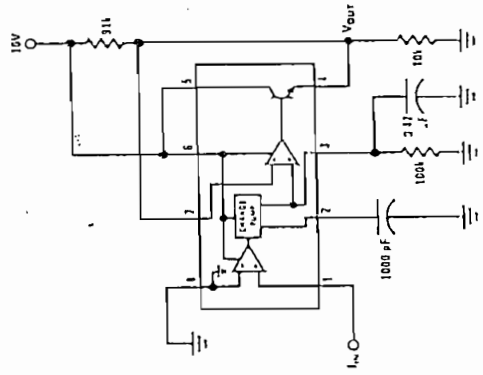
Flashing begins when $f_{IN} \geq 100 \text{ Hz}$.
 Brightness increases with input frequency above beyond trip point.



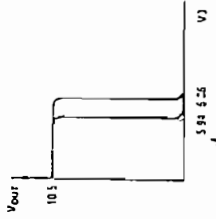
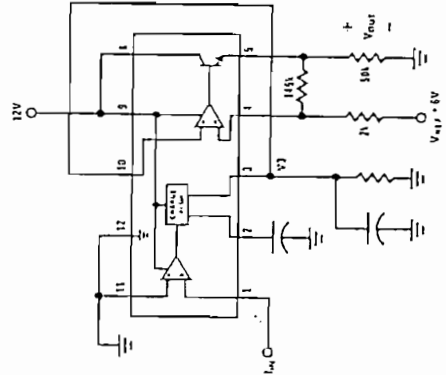
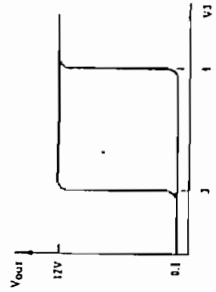
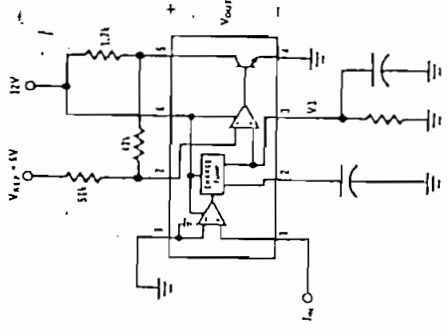
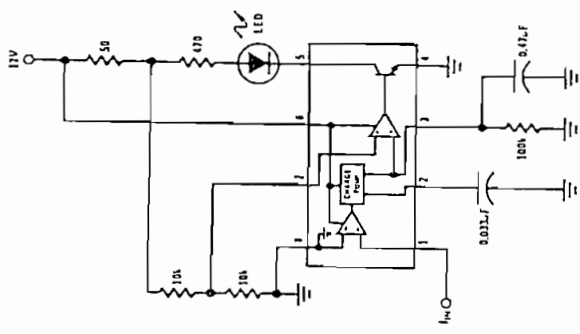
Changing the Output Voltage for an Input Frequency of Zero

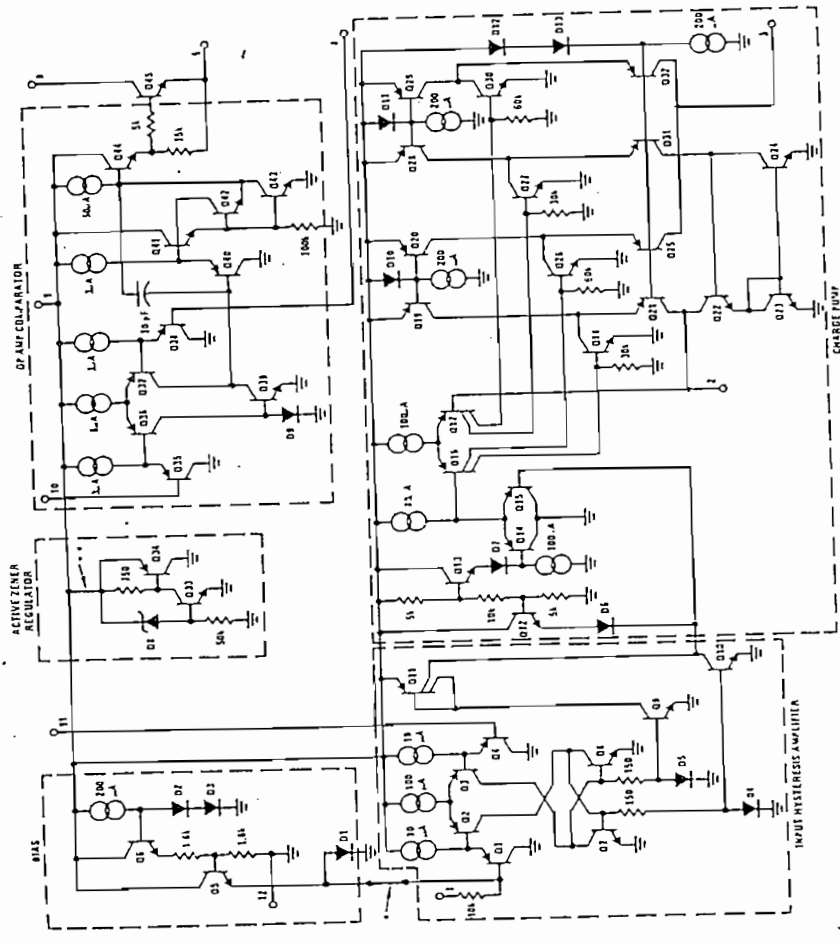


Changing Triacometer Gain Curves or Clamping the Minimum Output Voltage

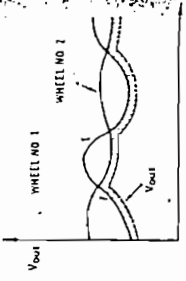


Some Frequency Switch Applications May Require Hysteresis in the Comparator Function Which Can Be Implemented in Several Ways:

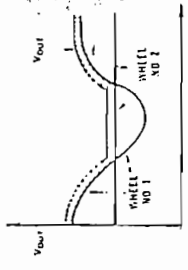




- Note: This connection made on LM2907 & LM2917-8 only.
- Note: This connection made on LM2917 and LM2917-8 only.

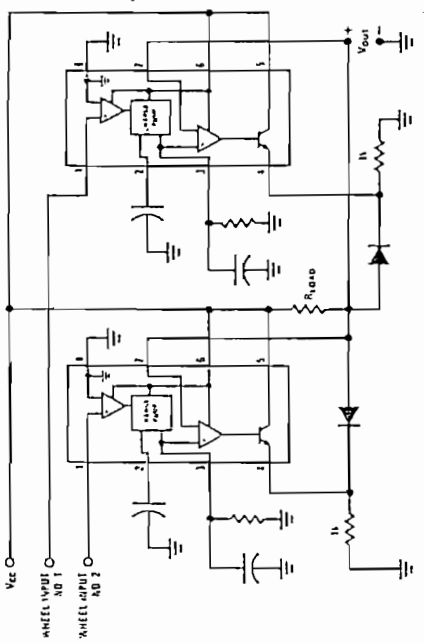


V_{out} is proportional to the lower of the two input wheel speeds.

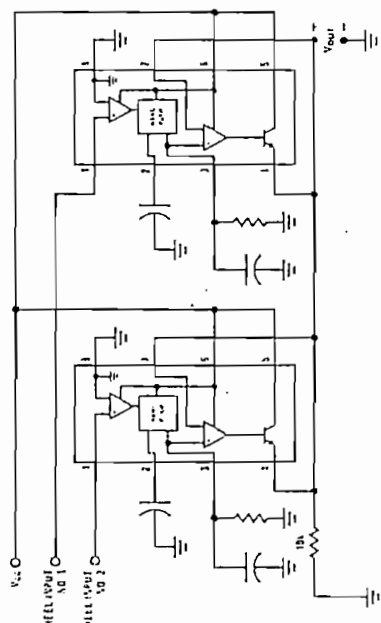


V_{out} is proportional to the higher of the two input wheel speeds.

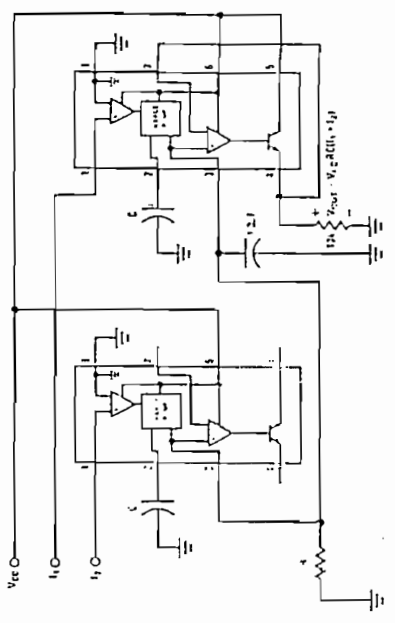
"Select-Low" Circuit



"Select-High" Circuit



"Select-Average" Circuit



ANEXO 3

LISTADO GENERAL DEL PROGRAMA

'declaración de las funciones que define al puerto.

```
Declare Function test Lib "c:\WINDOWS\SYSTEM\CUSER2.DLL" (ByVal Num%) As Integer
```

```
Declare Sub out Lib "c:\windows\system\cuser2.dll" (ByVal Addr%, ByVal Byte%)
```

```
Declare Function inp Lib "c:\windows\system\cuser2.dll" (ByVal Addr%) As Integer
```

```
Dim Cadena As Variant
```

```
Dim Habilito As Integer
```

```
Dim UnaSolaVez As Integer
```

```
Dim leodireccion As Integer
```

```
Dim datoini As Integer
```

```
Dim iniciar As Integer
```

```
Dim contador1 As Integer
```

```
Dim Veloviento As Single
```

```
*****
```

```
Sub abrir_Click ()
```

```
    frmdireccion.Show
```

```
End Sub
```

```
*****
```

```
Sub acerca_Click ()
```

```
    Const MB_ok = 0
```

```
    Const MB_iconinformacion = 64, idok = 1
```

```
    Dim DgDef, Msg, Response, Title
```

```
    Title = "Acerca de..."
```

```
    Msg = " Este programa es realizado como trabajo de tesis. Su desarrollo es autoria de  
Marcelo Orozco A, bajo la dirección del Ing. Patricio Burbano"
```

```
    Msg = Msg & " . DESEA SALIR?"
```

```
    DgDef = MB_ok + MB_iconinformacion
```

```
    Response = MsgBox(Msg, DgDef, Title)
```

```
    If Response = idok Then
```

```
        End If
```

```
End Sub
```

```

*****
'pantalla de ayuda
Sub ayudha_Click ()
frmayuda.Show
End Sub
*****

Sub cmdmanual_Click ()
    'posicionamiento manual
    'antihorario
    posicion = Val(txtmotor.Text)'escalamiento a 90 grados
    lblposicion.Caption = posicion
    ' lblinicial.Caption = r
    If posicion >= 1 Then
        Do Until pasos = posicion
            out 890, (&H0 Xor &HB)
            For i = 1 To 2
                out 890, (&HD Xor &HB)
                For j = 1 To 800: Next j
                out 890, (&HB Xor &HB)
                For j = 1 To 800: Next j
            Next
            pasos = pasos + 1
        Loop
        posicion = 0
    End If
End Sub
*****

Sub cmdmanual_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    lblreprincipal.Visible = False
    lblcaratula.Visible = True

End Sub

```

```

*****
Sub cmddirección_Click ()
'muestro la pantalla dirección del viento
frmdirección.Show
End Sub
*****

Sub cmddirección_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    lblguardar.Visible = False
    lbldirección.Visible = True
    lblparar.Visible = False
    lblvelocidad.Visible = False
    lblreprincipal.Visible = False
    principal.lbl2guardar.Visible = False
    principal.lbl2abrir.Visible = False
    principal.lbl2parar.Visible = False
    principal.lbl2dirección.Visible = True
    principal.lbl2velocidad.Visible = False
    principal.lbl2listo.Visible = False
    principal.lbl2principal.Visible = False

End Sub
*****

Sub cmdguardar_Click ()
    Habilito = 1
    UnaSolaVez = 1
    cmdguardar.Visible = False
    timer2.Enabled = True
    frmvelocidad.timvelo.Enabled = False
End Sub
*****

Sub cmdguardar_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)

```

```
lblparar.Visible = False
lblvelocidad.Visible = False
lbldirección.Visible = False
lblguardar.Visible = True
lblreprincipal.Visible = False
principal.lbl2guardar.Visible = True
principal.lbl2principal.Visible = False
```

```
End Sub
```

```
*****
```

```
Sub cmdiniciar_Click ()
```

```
'rutina de inicialización de la posición del motor
```

```
Dim posicion As Integer
```

```
out 890, (&H4 Xor &HB)
```

```
out 890, (&H0 Xor &HB)
```

```
datoini = 255
```

```
r = datoini - leodireccion
```

```
    If r <= 128 Then
```

```
        'antihorario
```

```
        posicion = CInt(r * 100 / 64)'escalamiento a 90 grados
```

```
        lblposicion.Caption = posicion
```

```
        lblr.Caption = r
```

```
        If posicion >= 1 Then
```

```
            Do Until pasos = posicion
```

```
                out 890, (&H0 Xor &HB)
```

```
                For i = 1 To 2
```

```
                    out 890, (&HD Xor &HB)
```

```
                    For j = 1 To 800: Next j
```

```
                    out 890, (&HB Xor &HB)
```

```
                    For j = 1 To 800: Next j
```

```
                Next
```

```
                pasos = pasos + 1
```

```

        Loop
        posicion = 0
    End If
Else
    'horario
    posicion = CInt(400 - (100 * r / 64))'escalamiento a 90 grados
    'lblposicion.Caption = posicion
    lblr.Caption = r
    If posicion >= 1 Then
        Do Until pasos = posicion
            out 890, (&H0 Xor &HB)
            For i = 1 To 2
                out 890, (&HF Xor &HB)
                For j = 1 To 800: Next j
                out 890, (&HB Xor &HB)
                For j = 1 To 800: Next j
            Next
            pasos = pasos + 1
        Loop
        posicion = 0
    End If
End If

```

```
cmdiniciar.Visible = True
```

```
datoini = leodireccion
```

```
iniciar = 1
```

```
End Sub
```

```
*****
```

```
Sub cmdiniciar_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
    lbliniciar.Visible = True
```

```
    lblcaratula.Visible = False
```

```
    principal.lbl2guardar.Visible = False
```

```
principal.lbl2abrir.Visible = False
principal.lbl2parar.Visible = False
principal.lbl2dirección.Visible = False
principal.lbl2velocidad.Visible = False
principal.lbl2listo.Visible = False
principal.lbl2abrir.Visible = True
```

End Sub

```
*****
```

```
Sub cmdparar_Click ()
```

```
    out 888, (&H0 Xor &HB)
```

```
    out 890, (&H0 Xor &HB)
```

```
End
```

```
'form1.Show
```

End Sub

```
*****
```

```
Sub cmdparar_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
    lblguardar.Visible = False
```

```
    lblvelocidad.Visible = False
```

```
    lblparar.Visible = True
```

```
    lbldirección.Visible = False
```

```
    lblreprincipal.Visible = False
```

```
    principal.lbl2guardar.Visible = False
```

```
    principal.lbl2abrir.Visible = False
```

```
    principal.lbl2parar.Visible = True
```

```
    principal.lbl2dirección.Visible = False
```

```
    principal.lbl2velocidad.Visible = False
```

```
    principal.lbl2listo.Visible = False
```

```
    principal.lbl2principal.Visible = False
```

End Sub

```

*****
Sub cmdparar_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    lblguardar.Visible = False
    lblvelocidad.Visible = False
    lblparar.Visible = True
    lbldirección.Visible = False
    lblreprincipal.Visible = False
    principal.lbl2guardar.Visible = False
    principal.lbl2abrir.Visible = False
    principal.lbl2parar.Visible = True
    principal.lbl2dirección.Visible = False
    principal.lbl2velocidad.Visible = False
    principal.lbl2listo.Visible = False
    principal.lbl2principal.Visible = False
End Sub
*****
Sub cmdreprincipal_Click ()
    'muestra pantalla de dirección
    pincipal.Show
End Sub
*****
Sub cmdreprincipal_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y
As Single)
    lblguardar.Visible = False
    lblvelocidad.Visible = False
    lblparar.Visible = False
    lbldirección.Visible = False
    lblcaratula.Visible = False
    lblreprincipal.Visible = True
    principal.lbl2guardar.Visible = False
    principal.lbl2abrir.Visible = False
    principal.lbl2parar.Visible = False

```



```

principal.lbl2dirección.Visible = False
principal.lbl2velocidad.Visible = False
principal.lbl2listo.Visible = False
principal.lbl2principal.Visible = True

End Sub
*****

Sub cmdvelocidad_Click ()
'muestra la velocidad del viento
frmvelocidad.Show
frmvelocidad.timvelo.Enabled = True
End Sub
*****

Sub cmdvelocidad_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    lblguardar.Visible = False
    lblparar.Visible = False
    lbldirección.Visible = False
    lblvelocidad.Visible = True
    lblreprincipal.Visible = False
    principal.lbl2guardar.Visible = False
    principal.lbl2abrir.Visible = False
    principal.lbl2parar.Visible = False
    principal.lbl2dirección.Visible = False
    principal.lbl2velocidad.Visible = True
    principal.lbl2listo.Visible = False
    principal.lbl2principal.Visible = False
End Sub
*****

Sub dirección_Click ()
    principal.Show
End Sub

```

Sub MDIForm_Load ()

 contador = 0

 Rem lblguardar2.Visible = False

 principal.Show

End Sub

Sub Picture1_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)

 lblguardar.Visible = False

 lblvelocidad.Visible = False

 lblparar.Visible = False

 lbldirección.Visible = False

 lbliniciar.Visible = False

 lblcaratula.Visible = False

 principal.lbl2guardar.Visible = False

 principal.lbl2abrir.Visible = False

 principal.lbl2listo.Visible = True

 principal.lbl2dirección.Visible = False

 principal.lbl2parar.Visible = False

 lblreprincipal.Visible = False

End Sub

Sub salir_Click ()

 out 888, (&H0 Xor &HB)

 out 890, (&H0 Xor &HB)

End

End Sub

Sub Timer1_Timer ()

 'tomo datos de velocidad, dirección y del ventilador cada 25ms

 Dim entrada

```

Dim salida
Dim control
salida = 888
entrada = salida + 1
control = entrada + 1
Rem codigo para leer la velocidad del viento
For i = 1 To 2
    out salida, &H3 'ale=d1=1 ,nand=d0=1,d2=A=0,d3=B=0
    out salida, &H1 'ale=d1=0, nand=d0=1,d2=A=0,d3=B=0
Next i
For j = 1 To 4000: Next j
    leovelicidad1 = (inp(entrada) Xor &H8F) / 16 'bajos
    out salida, 0 'habilit. señales switches 4066b
    For k = 1 To 100: Next
        leovelicidad2 = (inp(entrada) Xor &H8F)
        leovelicidad = leovelicidad1 Or leovelicidad2
        datovelicidad = (leovelicidad * 5 / (255 * .36425))
        principal.viento.Caption = Format$(datovelicidad * .76369, "0.0")
        Veloviento = principal.viento.Caption
'Rem codigo para leer el ventilador
For i = 1 To 3
    out salida, &HB
    out salida, &H9
Next i
For j = 1 To 4000: Next j
    leoventi1 = (inp(entrada) Xor &H8F) / 16'bajos
    out salida, 8 'habilit. señales switches 4066b
    leoventi2 = (inp(entrada) Xor &H8F)
    leoventi = leoventi1 Or leoventi2
    datoventi = 1.2 * (leoventi * 5 / (255 * .36425))
    principal.ventilador.Caption = Format$((datoventi) * .76369, "0.0")

```

Rem código para leer la dirección del viento

```

For j = 1 To 2
    out salida, &H7 'd0=bajos=1,d1=ale=1,d2=A=1,d3=B=0
    out salida, &H5 'd0=1,d1=ale=0,d2=1,d3=0
Next
For j = 1 To 4000: Next
leodireccion1 = (inp(entrada) Xor &H8F) / 16 'bajos
lblposicion.Caption = leodireccion1 * 16
out salida, &H4 'altos, habilit. señales switches 4066b
For k = 1 To 50: Next
leodireccion2 = (inp(entrada) Xor &H8F) 'altos
lbldir.Caption = leodireccion2
leodireccion = (leodireccion1 Or leodireccion2)
principal.hora.Text = " " + Time$
End Sub
*****

Sub Timer2_Timer.()
'almacenamiento en la base de datos
Dim db As DataBase
Dim tb As table
Dim UltimoDato As Integer
Dim cont As Integer
On Error GoTo QueHare
    If Habilito = 1 Then
        If UnaSolaVez = 1 Then
            Set db = OpenDatabase("c:\eolica\Noviem.mdb")
            Set tb = db.OpenTable("Características")
            tb.MoveLast
            UltimoDato = tb(0)
            cont = UltimoDato + 1
            contador1 = UltimoDato + 10
            tb.AddNew
            tb.Fields("NúmeroDato") = cont
            tb.Fields("Fecha") = Format$(Now, "dd/mm/yyyy")

```

```

tb.Fields("Hora") = Format$(Time, "hh:mm:ss")
tb.Fields("Velocidad") = Veloviento
tb.Fields("Dirección") = Cadena
tb.Update
tb.Close
db.Close
cont = cont + 1
UnaSolaVez = 0
Else
Set db = OpenDatabase("c:\eolica\Noviem.mdb")
Set tb = db.OpenTable("Características")
tb.MoveLast
UltimoDato = tb(0)
cont = UltimoDato + 1
Do While cont < contador1
    tb.AddNew
    tb.Fields("NúmeroDato") = cont
    tb.Fields("Fecha") = Format$(Now, "dd/mm/yyyy")
    tb.Fields("Hora") = Format$(Time, "hh:mm:ss")
    tb.Fields("Velocidad") = Veloviento
    tb.Fields("Dirección") = Cadena
    tb.Update
Loop
tb.Close
db.Close
If cont = contador1 Then
    timer2.Enabled = False
    cmdguardar.Visible = True
End If
End If
End If
Exit Sub
QueHare:

```

```

Select Case Err
Case 3021
    UltimoDato = 0
Case 3022
    Exit Sub
Case Else
    MsgBox "Se ha producido el error " & Err, 48, "Mucho Ojo"
End Select
Resume Next
End Sub
*****
Sub Timer3_Timer ()
'Promedio de los valores de la velocidad, dirección y muestro en pantalla
Dim direccion
direccion = 0
For i = 1 To 32
    direccion = (leodireccion + direccion)
Next i
z = direccion / 32
'despliegue de datos en la pantalla
    Select Case z
        Case 192 To 255
            principal.poloizquierda.Caption = "S"
            principal.poloderecha.Caption = "E"
            datodireccion = Format$((255 - leodireccion) * 90 / 63, "0.000")
'descalamiento a 90 grados
            principal.pnldireccion.Caption = datodireccion
            principal.Gauge1.Value = 750 - datodireccion * 125 / 45 'escalamiento al
guage
            poloizq.Caption = "S"
            poloder.Caption = "E"
            prin.counter.Value = CInt(datodireccion)
        Case 128 To 191

```

```
principal.poloizquierda.Caption = "E"  
principal.poloderecha.Caption = "N"  
datodireccion = (191 - leodireccion) * 90 / 63  
principal.pnldireccion.Caption = Format$(datodireccion, "0.000")  
principal.Gauge1.Value = 500 - datodireccion * 250 / 90  
poloizq.Caption = "E"  
poloder.Caption = "N"  
prin.counter.Value = CInt(datodireccion)
```

Case 64 To 127

```
principal.poloizquierda.Caption = "N"  
principal.poloderecha.Caption = "O"  
datodireccion = (127 - leodireccion) * 90 / 63  
principal.pnldireccion.Caption = Format$(datodireccion, "0.000")  
principal.Gauge1.Value = 250 - datodireccion * 250 / 90  
poloizq.Caption = "N"  
poloder.Caption = "O"  
prin.counter.Value = CInt(datodireccion)
```

Case 0 To 63

```
principal.poloizquierda.Caption = "O"  
principal.poloderecha.Caption = "S"  
datodireccion = (63 - leodireccion) * 90 / 63  
principal.pnldireccion.Caption = Format$(datodireccion, "0.000")  
principal.Gauge1.Value = 1000 - datodireccion * 125 / 45  
poloizq.Caption = "O"  
poloder.Caption = "S"  
prin.counter.Value = CInt(datodireccion)
```

End Select

Rem rutina de control del motor

If iniciar = 1 Then

 If datoini > leodireccion Then

 r = datoini - leodireccion

 'lblinicial.Caption = leodireccion

 'If r <= 1 Then GoTo continuar

If r <= 128 Then

'antihorario

posicion = CInt(r * 100 / 64)'escalamiento a 90 grados

'lblposicion.Caption = posicion

lblr.Caption = r

Do Until pasos = posicion

For k = 1 To 2000: Next k

out 890, (&H0 Xor &HB)

For i = 1 To 2

out 890, (&HD Xor &HB)

For j = 1 To 500: Next j

out 890, (&HB Xor &HB)

For j = 1 To 500: Next j

Next

pasos = pasos + 1

Loop

lblinicial.Caption = Val(Val(lblinicial.Caption) + posicion)

posicion = 0

Else

'horario

posicion = CInt(400 - (100 * r / 64))'escalamiento a 90 grados

'lblposicion.Caption = posicion

lblr.Caption = r

Do Until pasos = posicion

For k = 1 To 2000: Next k

out 890, (&H0 Xor &HB)

For i = 1 To 2

out 890, (&HF Xor &HB)

For j = 1 To 500: Next j

out 890, (&HB Xor &HB)

For j = 1 To 500: Next j

Next


```

        pasos = pasos + 1
    Loop
    lblinicial.Caption = Val(Val(lblinicial.Caption) - posicion)
    posicion = 0
End If
ElseIf datoini = leodireccion Then
    txtdatoini.Text = datoini
    GoTo continuar
ElseIf datoini < leodireccion Then
    r = leodireccion - datoini
    'If r <= 1 Then GoTo continuar
    If r <= 128 Then
        'horario
        posicion = CInt(100 * r / 64)'escalamiento a 90 grados
        'lblposicion.Caption = posicion
        lblr.Caption = r
        Do Until pasos = posicion
            For k = 1 To 2000: Next k
            out 890, (&H0 Xor &HB)
            For i = 1 To 2
                out 890, (&HF Xor &HB)
                For j = 1 To 500: Next j
                out 890, (&HB Xor &HB)
                For j = 1 To 500: Next j
            Next
            pasos = pasos + 1
        Loop
        lblinicial.Caption = Val(Val(lblinicial.Caption) - posicion)
        posicion = 0
    Else
        'antihorario
        posicion = CInt(400 - (100 * r / 64))'escalamiento a 90 grados
        'lblposicion.Caption = posicion

```

```

lblr.Caption = r
  Do Until pasos = posicion
    For k = 1 To 2000: Next k
    out 890, (&H0 Xor &HB)
    For i = 1 To 2
      out 890, (&HD Xor &HB)
      For j = 1 To 500: Next j
      out 890, (&HB Xor &HB)
      For j = 1 To 500: Next j
    Next
    pasos = pasos + 1
  Loop
  lblinicial.Caption = Val(Val(lblinicial.Caption) + posicion)
  posicion = 0
End If
End If
continuar:
End If
datoini = leodireccion
txtdatoini.Text = datoini
lblr.Caption = leovelocidad
Cadena = poloizq.Caption & Chr$(32) & Format$(datodireccion, "0.000") & Chr$(32)
& poloder.Caption

End Sub
*****

Sub velocidad_Click ()
'grafico de la velocidad
frmvelocidad.Show
frmvelocidad.timvelo.Enabled = True
End Sub
*****

***

```

```

Sub timvelo_Timer ()
Dim ancho
'rutina para la graficación de la velocidad en la pantalla
y = (leovelocidad * 5 / (255 * .36425))
VeloY = (y * .76369)
frmvelocidad.pnlvelo.Caption = Format$(VeloY, "0.0")
y1 = (leoventi * 5 / (255 * .36425))
VeloY1 = (y1 * .76369)
frmvelocidad.pnlventil.Caption = Format$(VeloY1, "0.0")

Drawmode = 4
If contador < 24000 Then
    ejex = contador * .025 * 3
    frmvelocidad.Picture2.Line -(ejex, VeloY * 200 / 12), RGB(0, 0, 0)
    'frmvelocidad.Picture2.Line -(contador, VeloY1 * 200 / 40), RGB(255, 255, 255)
    contador = contador + 1
Else timvelo.Enabled = False
End If
lblhora.Caption = Time$
lblfecha.Caption = Date$
End Sub
*****
'Declaraciones definidas en la forma de la velocidad, esta no es MDI
Declare Function test Lib "c:\WINDOWS\SYSTEM\CUSER2.DLL" (ByVal Num%) As
Integer
Declare Sub out Lib "c:\windows\system\cuser2.dll" (ByVal Addr%, ByVal Byte%)
Declare Function inp Lib "c:\windows\system\cuser2.dll" (ByVal Addr%) As Integer
*****
Sub Form_Load ()
    Unload frmDirección
    prin.Show
    frmvelocidad.Height = 5750
    frmvelocidad.Left = 20

```

```
frmvelocidad.Top = 1460
frmvelocidad.Width = 9600
frmvelocidad.Picture2.ScaleMode = 3
frmvelocidad.Picture2.Scale (0, 200)-(700, 0)
frmvelocidad.Picture2.AutoRedraw = True
```

End Sub

```
*****
```

```
Sub Form_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, y As Single)
```

‘Para que aparezca la label en donde esta la posición del mouse

```
prin.lblguardar.Visible = False
prin.lblvelocidad.Visible = False
prin.lblparar.Visible = False
prin.lbldirección.Visible = False
prin.lblreprincipal.Visible = False
principal.lbl2guardar.Visible = False
principal.lbl2abrir.Visible = False
principal.lbl2parar.Visible = True
principal.lbl2dirección.Visible = False
principal.lbl2velocidad.Visible = False
principal.lbl2listo.Visible = False
```

End Sub

```
*****
```

```
Sub Form_Load ()
```

‘Creación del cuadro de reporte

```
frmDirección.Width = Grid1.Width + shape1.Width + line1.BorderWidth
Grid1.ColWidth(0) = 1600
Grid1.ColWidth(1) = 1600
Grid1.ColWidth(2) = 1600
Grid1.ColWidth(3) = 1600
```

End Sub

```
Sub grid1_GotFocus ()
'Rutina para la creaci3n del reporte
Dim db As database
Dim tb As table
Dim cont, i As Integer
    Set db = OpenDatabase("c:\eolica\Noviem.mdb")
    Set tb = db.OpenTable("Características")
    cont = tb.RecordCount
    Grid1.Rows = cont + 1
    Grid1.FixedAlignment(0) = 2
    Grid1.FixedAlignment(1) = 2
    Grid1.FixedAlignment(2) = 2
    Grid1.FixedAlignment(3) = 2
    Grid1.ColAlignment(0) = 2
    Grid1.ColAlignment(1) = 2
    Grid1.ColAlignment(2) = 2
    Grid1.ColAlignment(3) = 2
    Grid1.Row = 0
    Grid1.Col = 0
    Grid1.Text = "FECHA"
    Grid1.Row = 0
    Grid1.Col = 1
    Grid1.Text = "HORA"
    Grid1.Row = 0
    Grid1.Col = 2
    Grid1.Text = "VELOCIDAD"
    Grid1.Row = 0
    Grid1.Col = 3
    Grid1.Text = "DIRECCION"
    tb.MoveFirst
    For i = 1 To cont
        Grid1.Row = i
```

```

Grid1.Col = 0
Grid1.Text = tb(1)
Grid1.Col = 1
Grid1.Text = tb(2)
Grid1.Col = 2
Grid1.Text = tb(3)
Grid1.Col = 3
Grid1.Text = tb(4)
tb.MoveNext
Next
tb.Close
db.Close
End Sub-
*****
'creación de los botones de la carátula : SALIR y CONTINUAR
Sub Command1_Click ()
Const MB_OK = 0, MB_OKCANCEL = 1 ' Define buttons.
Const MB_YESNOCANCEL = 3, MB_YESNO = 4
Const MB_ICONSTOP = 16, MB_ICONQUESTION = 32 '
Const MB_ICONEXCLAMATION = 48, MB_ICONINFORMATION = 64
Const MB_DEFBUTTON2 = 256, IDYES = 6, IDNO = 7 '
Dim DgDef, Msg, Response, Title ' Declare variables.
Title = "PRECAUCION"
Msg = "Para un correcto posicionamiento del ventilador, debe hacerse coincidir la
marca del eje del motor con la del graficado en la tabla."
Msg = Msg & " Ya lo hizo?"
DgDef = MB_YESNO + MB_ICONSTOP + MB_DEFBUTTON2
Response = MsgBox(Msg, DgDef, Title) '
If Response = IDYES Then ' Evalua response
Msg = "Esta seguro que lo hizo?."
Else ' action.
Msg = "Hágalo ahora y despues presione aceptar"
End If

```