

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO.

Escuela Politécnica del Ejército - Latacunga.

Carrera de Ingeniería Electrónica e Instrumentación

**Proyecto de Grado para la obtención del Título en
Ingeniería Electrónica e Instrumentación.**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN REGISTRADOR DE
ENERGÍA PARA EL MONITOREO DE UNA RED ELÉCTRICA
MONOFÁSICA & TRIFÁSICA RESIDENCIAL PARA EL SERVICIO
QUE ENTREGA LA EMPRESA ELÉCTRICA DE AMBATO
(EEASA).”**

Mauricio Alexander Egas Navas.

Jorge Saúl Sánchez Mosquera.

Latacunga – Ecuador.

2005.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente documento fue elaborado por los señores:

Mauricio Alexander Egas Navas.

Jorge Saúl Sánchez Mosquera.

Bajo nuestra dirección, como un requisito para la obtención del título de Ingeniero en Electrónica en Instrumentación.

Ing. Eddie Galarza

Director del Proyecto.

Ing. Marcelo Silva

Codirector del Proyecto.

AGRADECIMIENTO.

Nuestro más profundo agradecimiento a Dios y a nuestros profesores de la Escuela Politécnica del Ejército, por haber aportado con sus sabios conocimientos para lograr alcanzar una nueva etapa en nuestras vidas.

Un agradecimiento especial para nuestros coordinadores Ing. Eddie Galarza , Ing. Marcelo silva, para nuestro amigo Ing. César Naranjo y para todos nuestros amigos quienes de una u otra forma aportaron para hacer posible la culminación de este trabajo.

Mauricio A. Egas Navas.

Jorge S. Sánchez Mosquera.

DEDICATORIA

Este trabajo dedico a Dios por darme más de lo que espero, por ponerme personas sabias en el transcurso de mi vida.

A mi esposa Gaby y a mi hijo Mateo por su respaldo incondicional. Y a esos seres queridos mis padres: Mauricio, Ma. del Carmen y mi hermano Paúl Andrés por su comprensión a lo largo de mi carrera estudiantil y sobre todo su amor, ya que sin el apoyo de ellos no habría culminado una etapa tan trascendental en mi vida.

Que Dios les bendiga siempre.

Mauricio A. Egas Navas.

Este trabajo esta dedicado a Dios, a mis padres Saúl y Lilia, a mi abuelito Rafael y a mi hermano Carlitos quienes con su apoyo incondicional y palabras de aliento supieron brindarme la confianza y los ánimos necesarios en todo este tiempo para culminar con éxito esta nueva etapa de mi vida.

Jorge S. Sánchez Mosquera.

ÍNDICE

CAPÍTULO I FUNDAMENTOS.

1.1	Descripción del Problema	1
1.2	Variables Eléctricas de un Sistema Monofásico & Trifásico	2
1.2.1	Corriente	2
1.2.2	Voltaje	6
1.2.3	Factor de Potencia	6
1.2.4	Potencia	9
1.2.4.1	Potencia Aparente	10
1.2.4.2	Potencia Activa	10
1.2.4.3	Potencia Reactiva	11
1.2.4.4	Flicker	12
1.3	Cadena de Generación-Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica .	13
1.3.1	Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica	14
1.3.2	El Sistema Elemental de Energía Eléctrica	17
1.3.2.1	Generación de Energía Eléctrica	18
1.3.2.2	Transmisión de Energía Eléctrica	19
1.4	Transductores para Variables Eléctricas	23
1.5	Microcontroladores PIC	25
1.5.1	Arquitectura	26
1.5.2	Características Generales	27

1.5.3	Gamas del Microcontrolador PIC	30
1.5.3.1	Gama Baja	31
1.5.3.2	Gama Media	32
1.5.3.3	Gama Alta	34
1.5.4	Recursos Especiales	34
1.6	Software de Instrumentación Virtual	42
1.6.1	Tipos de Datos en Labview, Controles e Indicadores	43
1.6.2	Controles y funciones	46
1.6.3	Adquisición y Análisis de Datos	48
1.6.4	Visualización de Datos	49
1.6.4.1	Indicadores Chart y Graph	49

CAPÍTULO II PRINCIPIOS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

2.1	Adquisición de Datos	51
2.2	Sensores	52
2.2.1	Sensor de Voltaje	52
2.2.2	Sensor de Corriente	53
2.3	Acondicionamiento de Señales	54

2.3.1	Circuito de acondicionamiento de Señales	55
2.3.1.1	Circuito Acondicionamiento de Voltaje	55
2.3.1.2	Circuito Acondicionador de Corriente	59
2.3.1.3	Circuito Detector de Cruce por Cero	63
2.4	Conversión Análogo Digital	65
2.4.1	Registros de Control y Dirección del Conversor Análogo Digital ...	66
2.4.2	Muestreo de la Señal	71
2.4.3	Consideraciones Generales de la Digitalización de Datos	72
2.4.3.1	Resolución y Números de Bits	72

CAPÍTULO III HARDWARE PARA LA ADQUISICIÓN Y TRANSMISIÓN DE DATOS

3.1	Generalidades	73
3.2	Hardware para la Adquisición de Datos	73

3.3	Switch Analógico	75
3.4	PIC 18F452	76
3.5	Memoria 24C1024	78
3.5.1	El Bus I2C (Inter IC)	80
3.5.2	Secuencia de Lectura y Escritura del PIC en las Memorias	84
3.6	MAX 232	86

CAPÍTULO IV SOFTWARE PARA LA ADQUISICIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

4.1	Generalidades	88
4.2	Operación de LabVIEW	89
4.2.1	Menús de LabVIEW	91
4.2.1.1	Uso de los Modos Edit (Edición) y Run (Ejecución)	92
4.2.1.2	Creación de Objetos	92
4.2.1.3	Herramientas de LabVIEW	93
4.2.2	Programación Estructurada	94
4.3	Desarrollo de la Interfaz Gráfica	98
4.3.1	Adquisición de Datos	98
4.3.2	Inicialización del Puerto de Comunicación	100
4.3.3	Funciones que se Utilizan en el Análisis de los Datos	101

4.4	Presentación de Datos	104
4.4.1	Indicador Gráfico	104
4.4.1.1	Waveform Graph	104
4.4.2	Indicadores Numéricos	105

CAPÍTULO V ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1	Generalidades	106
-----	---------------------	-----

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.....	119
Recomendaciones.....	122

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS.

Anexo A	Manual de usuario
Anexo B	Hojas Técnicas
Anexo C	Esquemáticos y placas.

INTRODUCCIÓN

El modernizar el sector energético es uno de los objetivos primordiales, ya que nos permitirá tener recursos económicos, una amplia funcionalidad y agilizar el servicio eléctrico en la ciudad y/o el país.

En el sector residencial debido a que en el país se ha mantenido una política de subsidios durante las últimas décadas, se han formado malos hábitos de consumo en la población, lo que produce un sobre consumo innecesario. Para conocer su magnitud real deberán realizarse estudios de los actuales hábitos de energía. Por otro lado, debido también a que la tarifa no es la adecuada, no se evidencia una utilización de equipos de alta eficiencia energética. El consumo promedio actual en el sector residencial del Ecuador es de 130kWh/mes.

Debido a la falta de una normativa de eficiencia energética no se tienen las herramientas que limiten el ingreso al país de equipos ineficientes o que éstos se etiqueten adecuadamente, con la finalidad de orientar al consumidor a que no solo tome en cuenta el costo de inversión del equipo sino también su costo de operación. Por otro lado existe una falta de normativa de edificaciones que permita que las mismas se construyan en base a estándares que facilite aprovechar la energía que se posee localmente.

El personal técnico difícilmente cuentan con un dispositivo integrado que pueda monitorear las variables eléctricas de una red monofásica, tales como: voltaje, corriente, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia y frecuencia.

La E.E.A.S.A. determina la calidad de energía que se está entregando a la colectividad para lo cual es necesario que se realice un conjunto de pruebas que determinen el estado de la calidad de energía así como la elaboración de una ficha o historial que contenga las características de la misma.

El objetivo del siguiente proyecto es el de “Diseñar e implementar un registrador de energía para el monitoreo de una Red Eléctrica Monofásica & Trifásica mediante la utilización de un microcontrolador, y realizar un análisis de la calidad de energía.”

A continuación se realiza una descripción breve de los capítulos desarrollados en el presente proyecto.

En el capítulo uno se da a conocer los conceptos generales sobre los parámetros eléctricos que se relacionan en un sistema elemental de energía eléctrica.

El capítulo dos trata sobre los principios de adquisición de datos dando conceptos de sensores, acondicionamientos de señales y las técnicas de adquisición de señales.

El capítulo tres indica el tipo hardware para la adquisición y transmisión de datos.

En el capítulo cuarto se detalla el software empleado así como, su operación y programación para la adquisición y análisis de datos.

En el capítulo quinto se realiza un análisis de los resultados experimentales realizados con un instrumento base empleado para la misma aplicación.

El sexto capítulo recopila las conclusiones obtenidas en el transcurso del desarrollo del presente proyecto y además algunas recomendaciones para la operabilidad del equipo.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS.

En este capítulo se procederá a definir y fundamentar los conceptos, modos de operación, elementos y sistemas a emplearse para la realización de este proyecto.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

En el sector residencial, debido a que en el país se ha mantenido una política de subsidios durante las últimas décadas, se han formado malos hábitos de consumo en la población, lo que produce un sobre consumo innecesario. Para conocer su magnitud real deberán realizarse estudios de los actuales hábitos de energía. Por otro lado, debido también a que la tarifa no es la adecuada, no se evidencia una utilización de equipos de alta eficiencia energética.

En el sector industrial las deficiencias se presentan principalmente debido a la mala gestión energética y a la no renovación tecnológica con la que se desarrollan sus procesos, tanto desde el punto de vista eléctrico como térmico.

Debido a la falta de una normativa de eficiencia energética no se tienen las herramientas que limiten el ingreso al país de equipos ineficientes o que estos se etiqueten adecuadamente, con la finalidad de orientar al consumidor a que no solo tome en cuenta el costo de inversión del equipo sino también su costo de operación. Por otro lado existe una falta de normativa de edificaciones que permita que las mismas se construyan en base a estándares que faciliten aprovechar las energías que posean localmente.

El personal técnico difícilmente cuenta con un dispositivo integrado que pueda monitorear las variables eléctricas de una red monofásica, tales como: voltaje, corriente, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia y frecuencia.

1.2 VARIABLES ELÉCTRICAS DE UN SISTEMA MONOFÁSICO & TRIFÁSICO.

1.2.1 CORRIENTE.¹

Cuando se hace oscilar un conductor en un campo magnético, el flujo de corriente en el conductor cambia de sentido tantas veces como lo hace el movimiento físico del conductor. Varios sistemas de generación de electricidad se basan en este principio, y producen una forma de corriente oscilante llamada *corriente alterna*. Esta corriente tiene una serie de características ventajosas en comparación con la corriente continua, y suele utilizarse como fuente de energía eléctrica tanto en aplicaciones industriales como en el hogar.

La característica práctica más importante de la corriente alterna es que su voltaje puede cambiarse mediante un sencillo dispositivo electromagnético denominado transformador. Cuando una corriente alterna pasa por una bobina de alambre, el campo magnético alrededor de la bobina se intensifica, se anula, se vuelve a

¹ EDMINISTER, J. Circuitos Eléctricos Pág. 3

intensificar con sentido opuesto y se vuelve a anular. Si se sitúa otra bobina en el campo magnético de la primera bobina, sin estar directamente conectada a ella, el movimiento del campo magnético induce una corriente alterna en la segunda bobina. Si esta segunda bobina tiene un número de espiras mayor que la primera, la tensión inducida en ella será mayor que la tensión de la primera, ya que el campo actúa sobre un número mayor de conductores individuales. Al contrario, si el número de espiras de la segunda bobina es menor, la tensión será más baja que la de la primera.

En un circuito de corriente alterna, el campo magnético en torno a una bobina varía constantemente, y la bobina obstaculiza continuamente el flujo de corriente en el circuito debido a la autoinducción. La relación entre el voltaje aplicado a una bobina ideal (es decir, sin resistencia) y la intensidad que fluye por dicha bobina es tal que la intensidad es nula cuando el voltaje es máximo, y es máxima cuando el voltaje es nulo. Además, el campo magnético variable induce una diferencia de potencial en la bobina de igual magnitud y sentido opuesto a la diferencia de potencial aplicada. En la práctica, las bobinas siempre presentan resistencia y capacidad además de autoinducción

Si en un circuito de corriente alterna se coloca un capacitor, la intensidad de corriente es proporcional a la capacidad del condensador y a la velocidad de variación del voltaje en el mismo. En un capacitor ideal, el voltaje está totalmente desfasado con la intensidad. Cuando el voltaje es máximo no fluye intensidad, porque la velocidad de cambio de voltaje es nula. La intensidad es máxima cuando el voltaje es nulo, porque en ese punto la velocidad de variación del voltaje es máxima. A través de un capacitor circula intensidad —aunque no existe una conexión eléctrica directa entre sus placas— porque el voltaje de una placa induce una carga opuesta en la otra.

De los efectos indicados se deduce que si se aplica un voltaje alterno a una bobina o capacitor ideales, no se consume potencia. No obstante, en todos los casos prácticos los circuitos de corriente alterna presentan resistencia además de autoinducción y

capacidad, y se consume potencia. Esta potencia consumida depende de la proporción relativa de las tres magnitudes en el circuito.

Si se mueve el polo de un imán metiéndolo y sacándolo de una bobina con movimiento armónico simple, el corte de líneas magnéticas va a generar una *FEM* (fuerza electromotriz). *Alterna*. Cada electrón oscila en torno a una posición media.

Si se tiene un generador simple en el que la fuerza electromotriz en la bobina gira con rapidez constante y cambia sinusoidalmente con el tiempo, y lo conectamos con un pedazo de alambre que obra como una resistencia pura, esto es, su autoinducción y su capacidad son muy pequeñas. El voltaje entre los extremos del alambre y la corriente que pasan por él varían. (Ver figura 1.1)

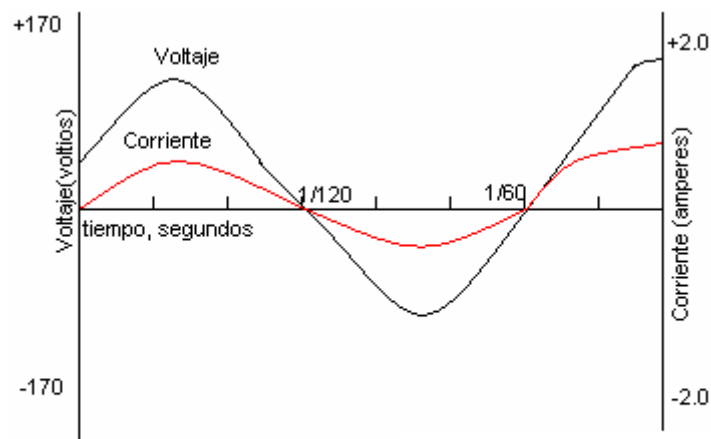


Figura. 1.1 Formas de onda de corriente y voltaje

En el eje de las X está delimitado el tiempo (el tiempo es directamente proporcional al ángulo que ha girado la bobina del generador).

Se debe tener en cuenta, para el sistema de residencial de Ambato, expresado idealmente que el voltaje y la corriente estén en fase para el caso de una carga resistiva, llegan a sus máximos valores y a los valores nulos (0), que el voltaje máximo es de 170 voltios y la corriente máxima es de 2 amperios, y que el periodo de la corriente y del voltaje es de 1/60 seg. Y su frecuencia es de 60 ciclos.

Se pueden escribir ecuaciones para la corriente i y el voltaje v en un tiempo cualquiera t .

$$i_{ins} = I * \text{sen}\left[\frac{2\pi t}{T}\right] \quad \text{o} \quad i_{ins} = I * \text{sen}(2\pi)ft \quad (\text{ec. 1.1})$$

$$V_{ins} = V * \text{sen}\left[\frac{2\pi t}{T}\right] \quad \text{o} \quad V_{ins} = V * \text{sen}(2\pi)ft \quad (\text{ec. 1.2})$$

Siendo I la amplitud de la corriente, V la amplitud del voltaje, T el periodo de rotación del generador y f la frecuencia del generador.

Cuando la corriente y el voltaje están en fase, la corriente y el voltaje instantáneos están relacionados por la ley de Ohm:

$$V = I * R \quad I = \frac{V}{R} \quad (\text{ec. 1.3})$$

Solo para circuitos resistivos, siendo R la resistencia del circuito.

La corriente efectiva I_{ef} y el voltaje efectivo V_{ef} están relacionados con la potencia del circuito. Estas magnitudes son cantidades que se miden con amperímetros y voltímetros de corriente alterna. Por ejemplo, $I_{ef} = 0.707 I$ y $V_{ef} = 0.707 V$, en un sistema sinusoidal puro.

Un ampere efectivo (en corriente alterna) es aquella corriente alterna que calienta un conductor con la misma rapidez que un ampere de corriente directa.

Un ampere efectivo es la fuerza electromotriz alterna en un circuito tal, que la corriente efectiva es de un ampere cuando la resistencia del circuito es de un ohm.

1.2.2 VOLTAJE. ²

También llamada tensión eléctrica, es el trabajo necesario para desplazar una carga positiva unidad de un punto a otro en el interior de un campo eléctrico; en realidad se habla de diferencia de potencial entre ambos puntos ($V_A - V_B$). La unidad de diferencia de potencial es el voltio (V).

Un generador de corriente eléctrica permite mantener una diferencia de potencial constante y, en consecuencia, una corriente eléctrica permanente entre los extremos de un conductor. Sin embargo, para una determinada diferencia de potencial, los distintos conductores difieren entre sí en el valor de la intensidad de corriente obtenida, aunque el campo eléctrico sea el mismo. Existe una relación de proporcionalidad, dada por la ley de Ohm, entre la diferencia de potencial entre los extremos de un conductor y la intensidad que lo recorre. La constante de proporcionalidad se denomina resistencia del conductor y su valor depende de su naturaleza, de sus dimensiones geométricas y de las condiciones físicas, especialmente de la temperatura.

² EDMINISTER, J. Circuitos Eléctricos Pág. 4

La diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito se mide con un voltímetro, instrumento que se coloca siempre en derivación entre los puntos del circuito cuya diferencia de potencial se quiere medir.

1.2.3 FACTOR DE POTENCIA.³

Cuando la reactancia total de un circuito es cero, su retraso de fase es cero, y su impedancia es igual a su resistencia. Al aumentar la reactancia inductiva, aumenta el retraso.

Si la corriente y el voltaje de un circuito de corriente alterna están en fase, la potencia se calcula con la fórmula

$$P = V_{ef} * I_{ef} \quad (\text{ec. 1.4})$$

Si no están en fase, el máximo voltaje y la corriente ocurren en momentos diferentes en cada ciclo. La potencia no está dada por el producto del voltaje y la corriente, sino por

$$P = V_{ef} * I_{ef} * \cos\theta \quad (\text{ec. 1.5})$$

θ es el ángulo de retraso de fase o retraso

La relación entre la potencia "verdadera" dada por la ecuación previa, y la potencia aparente $V_{ef}I_{ef}$ se llama factor de potencia.

$$\text{factor_potencia} = \frac{\text{Potencia_verdadera}}{\text{Potencia_aparente}} = \cos\theta = \frac{R}{Z} \quad (\text{ec. 1.6})$$

³ EDMINISTER, J. Circuitos Eléctricos Pág. 284

Cualquier sistema de distribución de electricidad requiere una serie de equipos suplementarios para proteger los generadores, transformadores y las líneas de transmisión. Suelen incluir dispositivos diseñados para regular la tensión que se proporciona a los usuarios y corregir el factor de potencia del sistema.

Las largas líneas de transmisión presentan inductancia, capacitancia y resistencia al paso de la corriente eléctrica. El efecto de la inductancia y de la capacitancia de la línea es la variación de la tensión si varía la corriente, por lo que la tensión suministrada varía con la carga acoplada. Se utilizan muchos tipos de dispositivos para regular esta variación no deseada. La regulación de la tensión se consigue con reguladores de la inducción y motores síncronos de tres fases. Ya que la inductancia y la capacitancia tienden a anularse entre sí, cuando la carga del circuito tiene mayor reactancia inductiva que la potencia suministrada para una tensión y corriente determinada es menor que si las dos son iguales. Como las pérdidas en las líneas de transmisión son proporcionales a la intensidad de corriente, se aumenta la capacitancia para que el factor de potencia tenga un valor lo más cercano posible a 1. Por esta razón, se suelen instalar grandes condensadores en los sistemas de transmisión de electricidad.

Factor potencia (PHI):⁴

Relación entre la potencia activa y la potencia aparente en instalaciones y redes de corriente alterna monofásica y trifásica. Correspondientemente con una curva senoidal, la tensión varía entre dos valores máximos (positivo y negativo), con lo que se cambia constantemente la dirección de la corriente. En los circuitos con carga puramente resistiva, tensión e intensidad alcanzan al mismo tiempo sus valores máximos: $(\text{PHI})=1$ (potencia activa pura). Con consumidores inductivos, la tensión se adelanta a la intensidad, es decir, la tensión alcanza su valor más alto antes que la intensidad (desviación inductiva de $(\text{PHI})=1$). Con consumidores capacitivos, la intensidad se adelanta a la tensión, es decir, la intensidad alcanza su valor más alto antes que la tensión (desviación capacitiva del $(\text{PHI})=1$). $(\text{PHI})=0$, significa potencia reactiva pura. Cuanto mayor es la desviación de 1, tanto más es solicitado el aparato

⁴ EDMINISTER, J. Circuitos Eléctricos Pág. 285

de maniobra al conectar el circuito (Inductivo; difícil desconexión; capacitivo; difícil conexión).Desviaciones inductivas de 1, pueden volver a igualarse a 1 por medio de capacidades y a la inversa (utilización de instalaciones reguladores de condensadores).Con (PHI)=1 se consigue la mejor explotación de cables.

El factor de potencia (en general mal llamado *cosfi*) es un tema muy importante para la industria. Se puede definir como la relación entre la potencia activa (KW) y la potencia aparente (KVA) y es indicativo de la eficiencia con que se está utilizando la energía eléctrica para producir un trabajo útil. Un bajo factor de potencia (varía entre 0 y 1) limita la capacidad de los equipos y los arriesga a sobrecargas peligrosas y pérdidas excesivas de energía. Adicionalmente provoca recargos en la cuenta de energía eléctrica, los cuales llegan a ser significativos cuando el factor de potencia es reducido.

El factor de potencia se debe a las cargas de naturaleza inductiva, principalmente motores de inducción, luces fluorescentes, equipos electrónicos y formas de onda distorsionadas (armónicas). El primer paso en la corrección de un problema de factor de potencia es prevenirlos mediante la selección y operación correcta de los equipos. Los sistemas de compensación de reactivos (condensadores principalmente) son una forma práctica y económica de mejorar el factor de potencia, sobre todo en instalaciones existentes. Su utilización puede ser un problema complejo y es conveniente recurrir a especialistas si no se cuenta con los recursos necesarios para resolverlo.

1.2.4 POTENCIA.⁵

Se define como potencia al ritmo, en Julios por segundo, con lo que la energía se transfiere es la potencia expresada en vatios. Además el producto de tensión por intensidad de corriente, define la Potencia Eléctrica,

$$P = V * I \quad (\text{ec. 1.7})$$

$$1W = 1V * 1A \quad (\text{ec. 1.8})$$

⁵ EDMINISTER, J. Circuitos Eléctricos Pág. 261

En un sentido mas preciso, la potencia es la derivada de la energía con respecto al tiempo $\frac{dw}{dt}$, de tal forma que la potencia P es función del tiempo.

1.2.4.1 POTENCIA APARENTE:

En corriente alterna, es el producto de la tensión y la intensidad sin tener en cuenta el (PHI), se indica en VA (vatios x amperios). La potencia aparente es igual o mayor que la potencia activa o que la potencia reactiva. (PHI)= 1, significa potencia aparente = potencia activa. (PHI)= 0, significa potencia aparente = potencia reactiva. La potencia aparente es una potencia medible.

La potencia eléctrica aparente, para corrientes alternas, se expresa mediante la fórmula:

Donde: $P = V * I$ (ec. 1.9)

P = Potencia eléctrica aparente en Voltamperios (VA)

V = Tensión en Voltios (V)

I = Intensidad en Amperios (A)

La potencia aparente está compuesta por la potencia activa y la potencia reactiva

1.2.4.2. POTENCIA ACTIVA:

Indicado en vatios (W) es la parte de la potencia, que gasta el consumidor y transforma en otra forma de energía (por ejem. calor, potencia mecánica cedida).

La potencia activa se transforma de un modo efectivo en:

- Potencia mecánica
- Potencia térmica
- Potencia lumínica

La potencia activa viene dada por la ecuación:

$$P = V * I * \cos\theta \quad (\text{ec. 1.10})$$

Donde:

P_a = Potencia activa en vatios (w)

V = Tensión en voltios (V)

I = Intensidad en amperios (A)

$\cos \theta$ = Factor de potencia o relación entre potencia activa y potencia aparente

1.2.4.3. POTENCIA REACTIVA:

Es la potencia que es necesaria (en corriente alterna mono o trifásica) para la formación del campo electromagnético, por ejem. en motores eléctricos y transformadores, ésta es imprescindible para el servicio de todos los consumidores inductivos, pero al contrario de la potencia activa, no puede ser transformada en ninguna forma de energía utilizable.

La potencia reactiva, es la fracción de la potencia aparente que no es consumida en el circuito. La potencia reactiva se mide en VAR. Esta potencia no es contabilizada por los contadores domiciliarios

La potencia reactiva se transforma en campo magnético (Ley de Faraday)

La potencia reactiva permite la magnetización de:

- Motores eléctricos.
- Transformadores
- Reactores

En los proyectos de electrificación urbana, los cálculos se efectúan sobre la base de las potencias activas y aparentes para corrientes senoidales trifásicas o monofásicas.

1.2.4.4. FLICKER.

El Flicker es una sensación fisiológica producida por perturbaciones eléctricas. Las variaciones de la intensidad en la iluminación producen una sensación molesta a la vista (excepto cuando se busca ese efecto, por ejemplo en las discotecas).

El Flicker es producido por las fluctuaciones de voltaje: las variaciones cíclicas del valor eficaz, los cambios aleatorios, y los cambios de voltaje momentáneos.

Los cambios bruscos de carga (Flicker) ocasionado por algunos aparatos con perfil de carga interrumpido pueden ser en forma más o menos regular y van a variar la tensión de la red de un nivel a otro. Estas variaciones pueden ser también aleatorias y muy rápidas (por ejemplo, equipos que usan el efecto de arco - máquinas de soldar, hornos

de arco). La regulación de tensión que repone el nivel de tensión, luego de un intervalo de tiempo no elimina el Flicker. El daño causado por el efecto Flicker (oscilaciones) es deteriorar la calidad de la tensión, sin embargo la mayoría de equipos que tienen una constante de tiempo propia considerable no perciben este cambio. El efecto Flicker tiene una mayor influencia en la iluminación, cuando la variación del flujo luminoso de las lámparas causa cansancio en la visión.

El mínimo corresponde a una tensión senoidal con frecuencia 10 Hz y una amplitud relativa igual a 0.3 %. De esta forma se pueden construir curvas de datos iguales, similares a una curva punta.

El daño ocasionado por el Flicker se mide con ayuda de un instrumento llamado Flicker meter, que es un filtro lineal cuya curva de daño es una curva del conjunto lámpara - ojo. A la salida de este filtro la tensión se mide con un voltímetro que consta de un contador que envía impulsos cuya cantidad en un minuto se imprime en una cinta de papel; de tal manera que la magnitud A se mide en porcentaje al cuadrado por minuto.

Nota: Aunque se logra, como se menciona, detectar Flicker de tensión de magnitud 0.3%, el daño se detecta sólo cuando el Flicker alcanza magnitudes considerablemente mayores. En caso general se asume que la punta del daño alcanza 1-1.5 % para fenómenos lentos y prolongados y magnitudes mayores para fenómenos rápidos.

Para la medición de Flickers y su predicción se requiere de indicadores estadísticos de Flicker, como el índice P5 que es la probabilidad a corto plazo (Probability Short Term) calculada sobre un intervalo de 10 minutos y el Pj que es la probabilidad a largo plazo calculado cada 2 horas, y deducidas de 12 valores sucesivos de ya que las fuentes de Flicker pueden presentar ciclos de operación cortos o largos.

El índice es obtenido a partir de la densidad de probabilidad de los valores de sensación instantánea del Flicker (Cumulative Probability Function), es decir la clasificación final y la evaluación estadística del medidor de Flicker da el P5

1.3 CADENA DE GENERACIÓN – TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

La generación eléctrica se realiza, básicamente, mediante un generador; si bien estos no difieren entre sí en cuanto a su principio de funcionamiento, varían en función a la forma en que se accionan. Explicado de otro modo, en que fuente de energía primaria utiliza para convertir la energía contenida en ella, en energía eléctrica.

1.3.1 TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.⁶

Transmitir la energía a grandes distancias, es más económico haciéndolo a altas tensiones, por ello en las centrales se instalan transformadores elevadores de tensión.

El sistema nacional de transmisión a diciembre de 1999 estaba conformado por: 1041 Km. de líneas de 230 kV, 1360 Km aislados para 138 kV; y, 2468 MVA de capacidad OA en transformadores de reducción, de los cuales unos 1595 MVA da capacidad de transformación en subestaciones, son de entrega para distribución.

Casi en su totalidad, las líneas de 230 kV y las de 138 kV, han sido construidas en torres de acero galvanizado y conductores ACSR.

En los últimos años se usan transformadores para la excitación de campos de potentes turbo o hidrogeneradores, de mando eléctrico y otros fines más. Además gracias al uso de aislamiento resistente al calor en la fabricación de los transformadores, se ha podido elevar la potencia en 1.3 - 1.5 veces y disminuir sus dimensiones.

⁶ ENRÍQUEZ HARPER, G. Líneas de TX y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica. Pág. 16.

Para diferentes objetivos tecnológicos como soldadura, fuentes de alimentación, la potencia alcanza algunas decenas de kVA con tensiones de hasta 10 kV.

Para la alimentación de los diferentes circuitos de radio y TV, dispositivos de comunicaciones, automática y telemecánica, los transformadores por lo general tienen pequeña potencia (de algunos watts hasta algunos kW) y baja tensión. Son diseñados en 2, 3 y multidevanados.

Para conectar instrumentos de medición y otros dispositivos, por ejemplo relés, en los circuitos eléctricos de alta tensión (AT) ó en los circuitos por donde fluyen grandes corrientes, con el objetivo de ampliar las escalas de medición. Los transformadores que se usan para esta aplicación se llaman transformadores de medida, tienen pequeña potencia, que es determinada por la potencia de los aparatos de medición, relés y otros.

Los transformadores que se usan en la industria y en los sistemas eléctricos (transmisión y distribución) son llamados transformadores de potencia. Para su funcionamiento son características: magnitud de potencia variable en función a un diagrama de carga y pequeñas variaciones de tensión, tanto del primario como del secundario, con respecto al valor nominal.

El desarrollo de los sistemas eléctricos de potencia ha tenido gran auge en la actualidad debido a que representan un elemento de primordial importancia en el desarrollo de los países; se han hecho esfuerzos técnicos considerables para la creación de Centros Hidroeléctricos, Termoeléctrica o de Energía Nuclear, así como el diseño y construcción de líneas de transmisión de Extra alta tensión y operación automática de los sistemas.

En un sistema de potencia, desde la generación hasta el consumo de la energía eléctrica, se requiere mantener el suministro de energía eléctrica en una forma continua, es decir con un mínimo de interrupciones y en la cantidad que los distintos

tipos de usuarios requieran, esto con la calidad de servicio apropiada ya por ejemplo, una tensión inferior a la normal reduce apreciablemente la luminosidad en las lámparas incandescentes, una tensión superior a la normal aumenta la intensidad luminosa en estas lámparas, pero acorta su vida. En el caso de los motores eléctricos, sí se alimentan con tensión inferior a la nominal, absorben corrientes superiores a las nominales (de placa) y se pueden calentar aún cuando trabajen a la potencia nominal, una sobretensión ocasiona pérdidas en el núcleo, desperdiciándose así la energía con el posible perjuicio de la máquina. Es decir la tensión de servicio en cualquier nivel se debe especificar con una cierta variación sobre el voltaje nominal (hacia arriba y hacia abajo) generalmente expresada en porcentaje.

La frecuencia del sistema debe también mantenerse en valores próximos a la nominal ya que es otro de los elementos que determinan la calidad del servicio.

Lo anterior debe cumplir considerando que la carga en un sistema eléctrico varía a cada momento y para cualquier valor que tenga se deben satisfacer las condiciones de calidad y continuidad, ya que la industria moderna depende fuertemente de la energía eléctrica para su funcionamiento y por otro lado la situación social se hace cada día más compleja y los sectores residenciales, comercial y rural requieren de un buen servicio.

Desde el punto de vista económico la experiencia demuestra, particularmente en los países de la América Latina, que después de la inversión inicial para el establecimiento de la generación eléctrica y la transmisión hacia los principales centros de consumo de energía eléctrica, las subsecuentes erogaciones de capital se destinan a la distribución, que en países en vías de desarrollo, en donde las condiciones sociales y políticas plantean consideraciones especiales que hacen que los sistemas de distribución eléctrica se expandan fuera de los límites de los centros urbanos frecuentemente hacia zonas en donde el bajo nivel económico y de ingreso plantea la necesidad de reducir los costos.

Cuando las distancias entre los centros de generación a los centros de consumo son muy grandes, un 70% aproximadamente de la inversión total para la transmisión se canaliza hacia las líneas aéreas, y en los niveles de subtransmisión y distribución, este porcentaje puede superar el 85%, de aquí que la reducción de costos tienen un campo significativo en las líneas aéreas.

Lo que se ha descrito permite tener una idea de la importancia que tienen los sistemas de transmisión, subtransmisión y distribución, y que para su estudio no solo es necesario dar un enfoque puramente técnico, en el sentido analítico.

1.3.2 EL SISTEMA ELEMENTAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA.⁷

En una forma bastante simple, se puede decir que un sistema eléctrico se encuentra formado por varios elementos que se interconectan entre sí de tal forma que permiten conseguir el objetivo deseado.

En un sistema eléctrico de potencia los elementos principales que componen el sistema son: Las fuentes de energía primaria (Agua, carbón, gas, material nuclear, etc.) los convertidores de energía caldera, turbina, alternador, transformadores, los dispositivos de medición y protección, las líneas de transmisión, subtransmisión y redes de distribución. Físicamente estos sistemas pueden ser de gran complejidad y cubrir amplias zonas geográficas, pero en su forma mas elemental pueden ser representados por el siguiente diagrama (Ver figura 1.2) donde interviene en forma genérica los elementos de control:

⁷ ENRÍQUEZ HARPER, G. Líneas de TX y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica. Pág. 18.

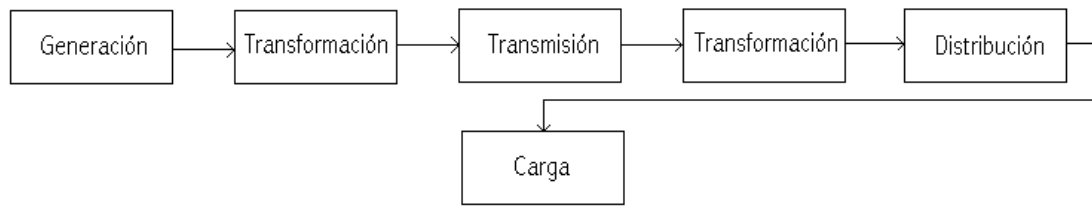


Figura. 1.2 Sistema elemental de energía eléctrica

1.3.2.1 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.⁸

Desde el punto de vista de planeación de sistema, se tiene interés en los aspectos de generación de energía eléctrica, considerando el tamaño de las unidades, eficiencia y costo de fuente a elementos convertidores de energía de manera que puedan hacerse estudios comparativos. Es necesario considerar que el costo del equipo de generación y sus costos de operación son solo una proporción del costo total, dado que los costos de transmisión y distribución deben ser considerados también para determinar el costo de energía para el consumidor; no obstante esto, los costos de generación

⁸ ENRÍQUEZ HARPER, G. Líneas de TX y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica. Pág. 22.

juegan un papel muy importante en la economía de los sistemas eléctricos e intervienen directamente en las decisiones sobre planificación de los mismos.

Prácticamente toda la energía eléctrica se obtiene por medio de máquinas rotatorias movidas por primo-motores a una velocidad determinada. Los grandes generadores trifásicos modernos tienen una eficiencia del orden de 99%, por lo que algunos propósitos pueden considerarse sus pérdidas como despreciables.

La primera clasificación de estas plantas se puede hacer tomando como base el tipo de fuente de energía que utilice. De esta manera se tendrán:

1.Plantas térmicas.

1.solares

2.de combustión

3.atómicas

2.Plantas hidráulicas.

3.Plantas eólicas.

4.Plantas solares.

5.Plantas geotermiales.

6.Plantas de fuentes novedosas o no tradicionales.

Las anteriores tienen como fuente de energía primaria respectivamente: El calor, el agua, el viento, el sol, y el calor de la tierra o una fuente novedosa que mediante un procedimiento diferente al tradicional permite transformar energía.

1.3.2.2 TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.⁹

El cálculo o diseño de una línea de transmisión consta de varios aspectos entre los que se puede mencionar como más importantes en el caso de líneas aéreas los siguientes: cálculo eléctrico, cálculo mecánico y cálculo o diseño de aislamiento.

El cálculo eléctrico se puede decir que se inicia a partir del establecimiento de las características del servicio de la línea o sea la tensión de transmisión, la potencia que se transmitirá, la distancia así como las características de la carga.

El procedimiento de cálculo puede tener dos enfoques, uno que considere que se encuentre con aspectos normalizados de cálculo como son calibre y tipo de conductores para una distancia, tensión y potencia transmitida y características de corrosión el tipo de torres de transmisión y la distancia intercostal en función de las características del terreno y que en forma automática establecen procedimientos de cálculo ya normalizados que simplifican el cálculo. El otro enfoque se refiere al diseño global de la línea, es decir al dimensionamiento de conductores, estructuras y cálculo del aislamiento en forma completa esto con propósitos de normalización o para casos particulares como pueden ser las líneas de alta y extra alta tensión.

Un sistema eléctrico se encuentra formado por varios elementos que se interconectan entre si de tal forma que permite conseguir el objetivo deseado de llevar la energía eléctrica de los centros de generación a los centros de consumo.

En un sistema eléctrico de potencia los objetos que componen al sistema son:

Las fuentes de energía primaria (Agua, carbón, gas, material nuclear, etc.) los convertidores de energía caldera, turbina, alternador, transformadores, los

⁹ ENRÍQUEZ HARPER, G. Líneas de TX y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica. Pág. 108.

dispositivos de medición y protección, las líneas de transmisión, circuitos de distribución y las máquinas y aparatos empleados por los consumidores.

Las líneas de transmisión funcionan nominalmente con cargas trifásicas equilibradas, aunque la disposición de los conductores no sea simétrica o tenga transportación.

Siguiendo el criterio convencional de clasificar las líneas de transmisión por su longitud, en la actualidad no se puede establecer una longitud determinada para las llamadas líneas cortas, medias y largas debido a que los cambios constantes que ha habido en los conceptos de transmisión al introducirse la extra alta tensión y aumentar considerablemente los volúmenes de generación por unidad sin embargo una idea de esta clasificación por longitud se obtiene con los valores siguientes:

- Líneas cortas de menos de 80Km de longitud.
- Líneas medias entre 80 y 240 Km de longitud.
- Líneas largas de más de 240 Km.

Un criterio práctico no generalizado es que una línea de transmisión debe tener como mínimo 1kV por cada Km de longitud y es practica común no establecer diferencias entre las llamadas líneas medias y las largas.

El análisis para las líneas de transmisión cortas se puede aplicar con cierto grado de seguridad en sistemas a 60 Hz con líneas ligeramente superiores a 50 Km el circuito equivalente de una línea corta se representa en la siguiente figura (Ver figura 1.3).

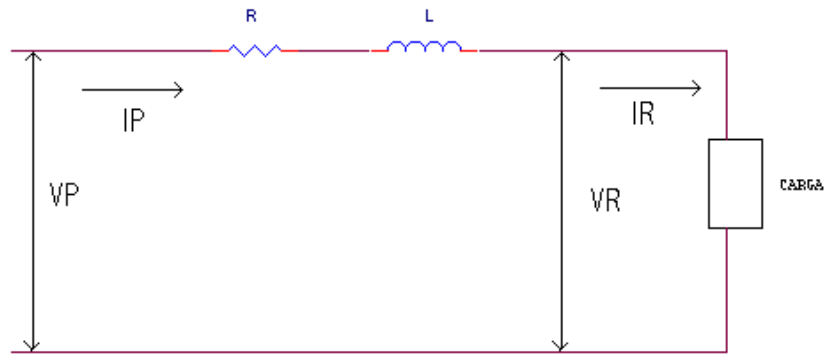


Figura. 1.3 Circuito equivalente de una línea de transmisión corta.

V_P = Voltaje en el extremo transmisor.

V_R = Voltaje en el extremo receptor.

$I_P = I_S$ Corriente en el extremo transmisor y receptor

En los cálculos de líneas de longitud media por lo general se incluye la capacitancia pura, así, si toda la admitancia se supone conectada en el punto medio del circuito que representa la línea, se dice que es un circuito T nominal (Ver figura 1.4), si la admitancia se supone dividida en dos partes iguales en los extremos de la línea se dice que el circuito es Π nominal.

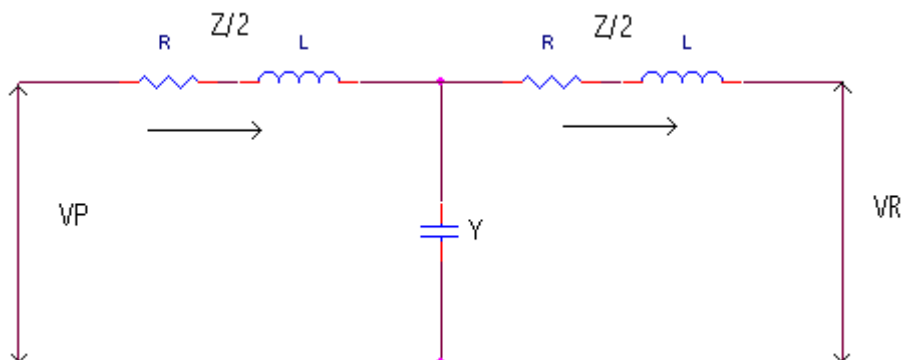


Figura. 1.4 Circuito T

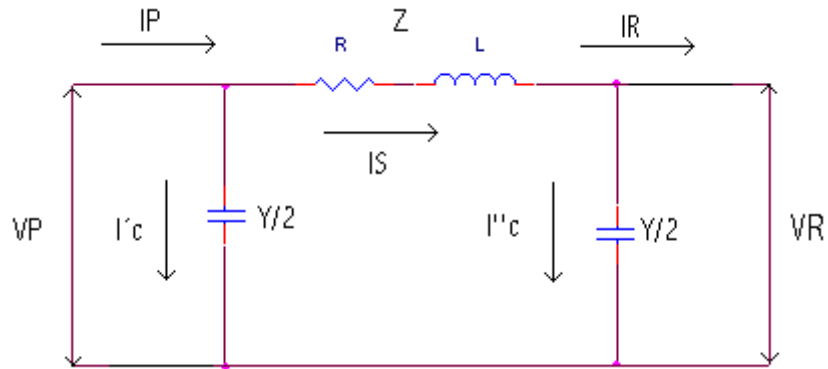


Figura. 1.5 Circuito Π nominal.

Cuando se requiere una mejor representación para una línea de transmisión larga T o Π nominal, debe dar una solución mas sofisticada ya que se debe considerar la longitud incremental de la línea y considera el efecto exacto de la capacitancia distribuida y su relación con la impedancia de la línea. Para ser mas exacto se debe tomar teóricamente un número infinito de segmentos de línea para lo cual requiere de la solución apropiada (Ver figura 1.6).

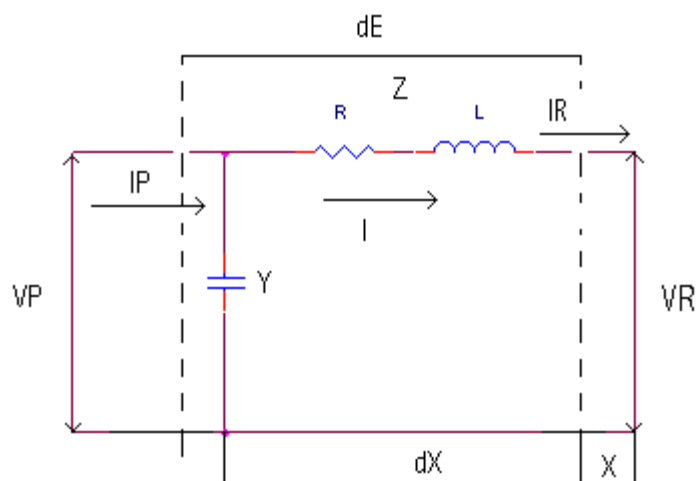


Figura. 1.6 Representación de una línea de transmisión

1.4 TRANSDUCTORES PARA VARIABLES ELÉCTRICAS.¹⁰

Los transformadores de instrumentos se aplican a la medición de c.a. en plantas generadoras, subestaciones y líneas de transmisión, junto con los instrumentos de medición de ca (voltímetros, amperímetros, vatímetros, VARmetros, etc.). Los transformadores de instrumentos se clasifican según su aplicación y se denominan transformadores de corriente (CT) y transformadores de potencial (PT).

Estos dispositivos realizan dos funciones importantes: una es la de ampliar el rango de medición de un instrumento de medición de ca, tanto como el derivador o el multiplicador, aumentan el rango del medidor de cd; la otra es aislar los instrumentos de medición de las líneas de energía de alto voltaje.

El rango de medición de un amperímetro de cd se puede ampliar mediante una resistencia derivadora, que divide la corriente de medición entre el medidor y el derivador. Este método sólo es satisfactorio para circuitos de cd; en circuitos ca, la división de corriente depende no solamente de la resistencia del medidor y del derivador, sino también de sus reactancias. Dado que las mediciones de ca se realizan en un rango muy amplio de frecuencia, es difícil obtener un alto grado de exactitud. Un CT permite ampliar al rango requerido mediante su razón de transformación; o se puede decir que produce casi las mismas lecturas independientemente de las constantes del instrumento (reactancia y resistencia) o el número de instrumentos (en ciertos límites) conectados en el circuito.

La figura 1.7 muestra tanto un transformador de potencial (a) como un

¹⁰ COOPER, W. Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición Pág. 94

transformador de corriente (b). El transformador de potencial transforma el alto voltaje de una línea de energía en un valor más bajo, adecuado para la conexión directa de un voltímetro de ca o de la bobina de potencial de un vatímetro de ca. El PT se selecciona para que envíe determinada potencia a la carga del secundario.

El PT debe satisfacer ciertos requerimientos de diseño, los cuales incluyen la exactitud de la relación de vueltas, la reactancia de fuga menor, la corriente de magnetización (muy baja) y una caída de voltaje mínima. Además, ya que puede trabajar a muy, altos voltajes en el primario, los aislamientos entre los devanados primario y secundario deben soportar grandes diferencias de potencial; por consiguiente, los requerimientos de los dieléctricos son muy altos. En el caso habitual, la bobina de alto voltaje se construye de forma circular y está blindada para evitar esfuerzos dieléctricos localizados. La bobina o bobinas de bajo voltaje están devanadas sobre una forma de papel y ensambladas dentro de la bobina de alto voltaje.

El *transformador de corriente* (CT) siempre tiene devanado secundario y algunas veces primario. Si hay devanado primario, el número de vueltas es pequeño. En la mayoría de los casos, el primario sólo es una vuelta o un simple conductor conectado en serie con la carga cuya corriente se va a medir. El devanado secundario tiene un número grande de vueltas y se conecta a un medidor de corriente o a la bobina de un relevador. A menudo el devanado primario es un solo conductor en forma de una barra gruesa de cobre o latón insertada en el núcleo del transformador. A este CT se le conoce como de *tipo barra*. El devanado secundario del CT se diseña para que dé una corriente de 5 A. Un transformador de corriente del tipo barra de 800/5 A tiene 160 vueltas en su bobina secundaria. El devanado primario del transformador de corriente se conecta directamente al circuito de carga. Cuando el devanado secundario se pone en circuito abierto, el voltaje desarrollado a través de sus terminales abiertas puede ser muy alto (en razón de los voltajes) y es muy probable que el aislamiento se perfora entre los devanados secundarios. El devanado secundario de un transformador de corriente siempre debe estar en cortocircuito o conectado a un medidor o a una bobina de relevador. Un trans-

formador de corriente *nunca* debe tener el secundario abierto mientras el primario conduzca corriente; se debe conservar *siempre* cerrado a través del medidor de corriente, la bobina del relevador, la bobina de corriente de un vatímetro o simplemente en corto. Una falla en alguna de estas precauciones puede causar serio daño al equipo o al personal de operación.



(a) Transformador de potencial



(b) Transformador de corriente

Figura. 1.7 Transformadores de potencia y corriente.

1.5 MICROCONTROLADORES PIC.¹¹

Desde la invención del circuito integrado, el desarrollo constante de la electrónica digital ha dado lugar a dispositivos cada vez más complejos. Entre ellos los microprocesadores y los microcontroladores, los cuales son básicos en electrónica.

Considerando el momento actual, comparando los parámetros fundamentales con los modelos comerciales de otros fabricantes y las aplicaciones más habituales a las que se destinan los microcontroladores, la elección de una versión adecuada de PIC es la mejor solución. Sin embargo, otras familias de microcontroladores son más eficaces en aplicaciones concretas, especialmente si predomina una característica especial.

¹¹ CAMPOS, M. Manual PIC. Pág. 5

Pero no queremos dejar pasar la ocasión de afirmar que en la actualidad los PIC tienen "algo" que fascina a los diseñadores. Pueden ser la velocidad, el precio, la facilidad de uso, la información, las herramientas de apoyo. Quizás un poco de todo es lo que produce esa imagen de sencillez y utilidad. Es muy posible que mañana otra familia de microcontroladores le arrebatase ese "algo". Es la ley del mercado y la competencia.

1.5.1 ARQUITECTURA.¹²

Para resolver aplicaciones sencillas se precisan pocos recursos; en cambio, las aplicaciones grandes requieren numerosos y potentes recursos. Así, hay disponibles microcontroladores sencillos y baratos para atender las aplicaciones simples y otros complejos y más costosos para las de mucha envergadura.

Entre los fabricantes de microcontroladores hay dos tendencias para resolver las demandas de los usuarios:

1ª. Microcontroladores de arquitectura cerrada

Cada modelo se construye con un determinado CPU, cierta capacidad de memoria de datos, cierto tipo y capacidad de memoria de instrucciones, un número de E/S y un conjunto de recursos auxiliares muy concreto. El modelo no admite variaciones ni ampliaciones.

La aplicación a la que se destina debe encontrar en su estructura todo lo que precisa y, en caso contrario, hay que desecharlo. Microchip ha elegido principalmente este modelo de arquitectura.

2ª. Microcontroladores de arquitectura abierta

¹² CAMPOS, M. Manual PIC. Pág. 19

Estos microcontroladores se caracterizan porque, además de disponer de una estructura interna determinada, pueden emplear sus líneas de E/S para sacar al exterior los buses de datos, direcciones y control, con lo que se posibilita la ampliación de la memoria y las E/S con circuitos .integrados externos. Microchip dispone de modelos PIC con arquitectura abierta, sin embargo, esta alternativa se escapa de la idea de un microcontrolador incrustado y se asemeja a la solución que emplean los clásicos microprocesadores.

En nuestra opinión, los verdaderos microcontroladores responden a la arquitectura cerrada y permiten resolver una aplicación con un solo circuito integrado y a precio muy reducido.

La mayoría de los sistemas de control incrustados requieren CPU, memoria de datos, memoria de instrucciones, líneas de E/S, y diversas funciones auxiliares como temporizadores, comunicación serie y otras. La capacidad y el tipo de las memorias, el número de líneas de E/S y el de temporizadores, así como circuitos auxiliares, son parámetros que dependen exclusivamente de la aplicación y varían mucho de unas situaciones a otras. Quizás se pueda considerar la decisión más importante del proyecto la elección del modelo de microcontrolador. Para adaptarse de forma óptima a las necesidades de los usuarios, Microchip oferta tres gamas de microcontroladores de 8 bits

1.5.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES.

Se comienza describiendo las características más representativas de los PIC:

1ª. La arquitectura del procesador sigue el modelo Harvard.

En esta arquitectura, el CPU se conecta de forma independiente y con buses distintos con la memoria de instrucciones y con la de datos. Figura 1.8.

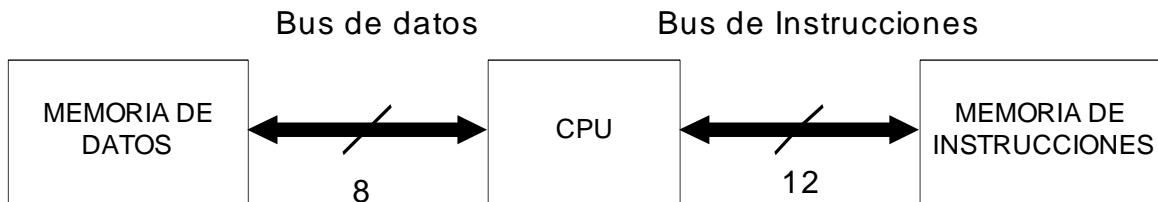


Figura 1.8 La arquitectura Harvard.

La arquitectura Harvard permite al CPU acceder simultáneamente a las dos memorias. Además, propicia numerosas ventajas al funcionamiento del sistema.

2ª. Se aplica la técnica de segmentación (“pipe-line”) en la ejecución de las instrucciones.

La segmentación permite al procesador realizar al mismo tiempo la ejecución de una instrucción y la búsqueda del código de la siguiente. De esta forma se puede ejecutar cada instrucción en un ciclo (un ciclo de instrucción equivale a cuatro ciclos de reloj).

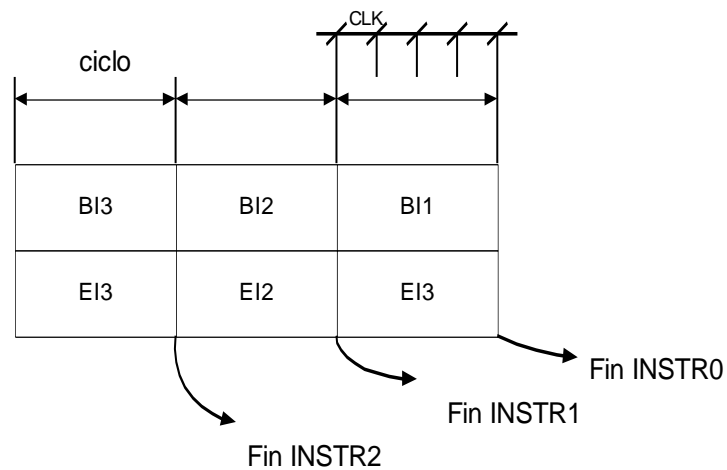


Figura 1.9 Técnica de segmentación.

La segmentación permite al procesador ejecutar cada instrucción en un ciclo de instrucción equivalente a cuatro ciclos de reloj. En cada ciclo se realiza la búsqueda de una instrucción y la ejecución de la anterior.

Las instrucciones de salto ocupan dos ciclos al no conocer la dirección de la siguiente instrucción hasta que no se haya completado la de bifurcación.

3ª. El formato de todas las instrucciones tiene la misma longitud

Todas las instrucciones de los microcontroladores de la gama baja tienen una longitud de 12 bits. Las de la gama media tienen 14 bits y más las de la gama alta. Esta

característica es muy ventajosa en la optimización de la memoria de instrucciones y facilita enormemente la construcción de ensambladores y compiladores.

4ª. Procesador RISC (Computador de Juego de Instrucciones Reducido)

Los modelos de la gama baja disponen de un repertorio de 33 instrucciones, 35 los de la gama media y casi 60 los de la alta.

5ª. Todas las instrucciones son ortogonales

Cualquier instrucción puede manejar cualquier elemento de la arquitectura como fuente o como destino.

6ª. Arquitectura basada en un banco de registros.

Esto significa que todos los objetos del sistema (puertos de E/S, temporizadores, posiciones de memoria, etc.) están implementados físicamente como registros.

7ª. Diversidad de modelos de microcontroladores con prestaciones y recursos diferentes.

La gran variedad de modelos de microcontroladores PIC permite que el usuario pueda seleccionar el más conveniente para su proyecto.

8ª. Herramientas de soporte potentes y económicas

La empresa Microchip y otras que utilizan los PIC ponen a disposición de los usuarios numerosas herramientas para desarrollar hardware y software.

1.5.3 GAMAS DEL MICROCONTROLADOR PIC

LAS TRES GAMAS DE PIC.

Con las tres gamas de PIC se dispone de gran diversidad de modelos y encapsulados, pudiendo seleccionar el que mejor se acople a las necesidades de acuerdo con el tipo y capacidad de las memorias, el número de líneas de E/S y las funciones auxiliares precisas. Sin embargo, todas las versiones están construidas alrededor de una arquitectura común, un repertorio mínimo de instrucciones y un conjunto de opciones muy apreciadas, como el bajo consumo y el amplio margen del voltaje de alimentación. En la figura 1.10 se muestra la distribución de los modelos de PIC en las tres gamas.

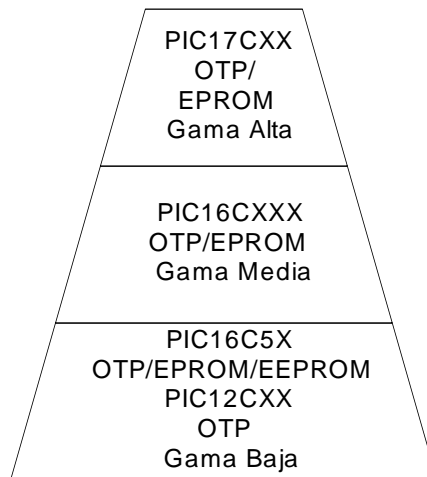


Figura 1.10 Modelos de PIC en las tres gamas.

1.5.3.1 GAMA BAJA.

La memoria de programa puede contener 512, 1 k. y 2 k palabras de 12 bits, y ser de tipo ROM, EPROM. También hay modelos con memoria OTP (One Time Programmable), que sólo puede ser grabada una vez por el usuario. La memoria de datos puede tener una capacidad comprendida entre 25 y 73 bytes. Sólo disponen de un temporizador (TMR0), un repertorio de 33 instrucciones y un número de patitas para soportar las E/S comprendido entre 12 y 20. El voltaje de alimentación admite un valor muy flexible comprendido entre 2 y 6,25 V, lo cual posibilita el funcionamiento mediante pilas corrientes teniendo en cuenta su bajo consumo (menos de 2 mA a 5 V y 4 MHz).

Al igual que todos los miembros de la familia PIC16/17, los componentes de la gama baja se caracterizan por poseer los siguientes recursos.

1. Sistema POR (POWER ON RESET).

Todos los PIC tienen la facultad de generar una autoreinicialización o autoreset al conectarles la alimentación.

2. Perro guardián, (Watchdog)

Existe un temporizador que produce un reset automáticamente si no es recargado antes que pase un tiempo prefijado. Así se evita que el sistema quede "colgado" dado en esa situación el programa no recarga dicho temporizador y se genera un reset.

3. Código de protección

Cuando se procede a realizar la grabación del programa, puede protegerse para evitar su lectura. También disponen, los PIC de posiciones reservadas para registrar números de serie, códigos de identificación, prueba, etc. -

4. Líneas de E/S de alta corriente.

Las líneas de E/S de los PIC pueden proporcionar o absorber una corriente de salida comprendida entre 20 y 25 mA, capaz de excitar directamente ciertos periféricos.

5. Modo de reposo (bajo consumo o SLEEP).

Ejecutando una instrucción (SLEEP), el CPU y el oscilador principal se detienen y se reduce notablemente el consumo.

Para terminar el comentario introductorio sobre los componentes de la gama baja conviene nombrar dos restricciones importantes:

1ª) La pila o "stack" sólo dispone de dos niveles lo que supone no poder encadenar más de dos subrutinas.

2ª) Los microcontroladores de la gama baja no admiten interrupciones.

1.5.3.2 GAMA MEDIA.

En esta gama sus componentes añaden nuevas prestaciones a las que poseían los de la gama baja, haciéndoles más adecuados en las aplicaciones complejas. Admiten interrupciones, poseen comparadores de magnitudes analógicas, convertidores A/D, puertos serie y diversos temporizadores.

Algunos modelos disponen de una memoria de instrucciones del tipo OTP ("One Time Programmable"), que sólo la puede grabar una vez el usuario y que resulta mucho más económica en la implementación de prototipos y pequeñas series.

Hay modelos de esta gama que disponen de una memoria de instrucciones tipo EEPROM, que, al ser borrables eléctricamente, son mucho más fáciles de reprogramar que las EPROM, que tienen que ser sometidas a rayos ultravioleta durante un tiempo determinado para realizar dicha operación.

Comercialmente el fabricante ofrece cuatro versiones de microcontroladores en prácticamente todas las gamas.

1ª. Versión EPROM borrrable con rayos ultravioleta. La cápsula dispone de una ventana de cristal en su superficie para permitir el borrado de la memoria de programa al someterla durante unos minutos a rayos ultravioleta procedentes de lámparas fluorescentes especiales.

2ª. Versión OTP. "Programable una sola vez". Son similares a la versión anterior, pero sin ventana y sin la posibilidad de borrar lo que se graba.

3ª. Versión QTP. Es el propio fabricante el que se encarga de grabar el código en todos los chips que configuran pedidos medianos y grandes.

4ª. Versión SQTP. El fabricante solo graba unas pocas posiciones de código para labores de identificación, número de serie, palabra clave, checksum, etc.

El temporizador TMR1 que hay en esta gama tiene un circuito oscilador que puede trabajar asincrónicamente y que puede incrementarse aunque el microcontrolador se halle en el modo de reposo ("sleep"), posibilitando la implementación de un reloj en tiempo real.

Las líneas de E/S del puerto B presentan una carga "pull-up" activada por software.

1.5.3.3 GAMA ALTA.

Los dispositivos PIC17C4X responden a microcontroladores de arquitectura abierta pudiéndose expandir en el exterior al poder sacar los buses de datos, direcciones y control. Así se pueden configurar sistemas similares a los que utilizan los microprocesadores convencionales, siendo capaces de ampliar la configuración interna del PIC añadiendo nuevos dispositivos de memoria y de E/S externas. Esta facultad obliga a estos componentes a tener un elevado número de patitas comprendido entre 40 y 44. Admiten interrupciones, poseen puerto serie, varios temporizadores y mayores capacidades de memoria, que alcanza los 8 k palabras en la memoria de instrucciones y 454 bytes en la memoria de datos.

1.5.4 RECURSOS ESPECIALES.¹³

Cada fabricante oferta numerosas versiones de una arquitectura básica de microcontrolador. En algunas amplía las capacidades de las memorias, en otras incorpora nuevos recursos, en otras reduce las prestaciones al mínimo para aplicaciones muy simples, etc. La labor es encontrar el modelo mínimo que satisfaga todos los requerimientos de su aplicación. De esta forma, minimizará el costo, el hardware y el software.

Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

- Conversor A/D.
- Conversor D/A.
- Comparador analógico.
- Modulador de anchura de impulsos o PWM.
- Puertas de E/S digitales.
- Puertas de comunicación.

El Conversor A/D se trata de un potentísimo periférico que se halla integrado en todos los microcontroladores del tipo PIC16C7X. El modelo 71 dispone de 4 canales de entrada, el 73 de 5 y el 74 de 8. Es un conversor analógico a digital de 8 bits con una tensión de referencia que puede ser interna (V_{DD}) o externa (entra por la patita

¹³ CAMPOS, M. Manual PIC. Pág. 70

AN3/ V_{ref}). En cada momento la conversión solo se realiza con la entrada de uno de sus canales, depositando el resultado de la misma en el registro ADRES y activándose el señalizador ADIF, que provoca una interrupción si el bit de permiso correspondiente esta activado. Además, al terminar la conversión el bit GO/DONE se pone a 0. La tensión de referencia puede provenir de la tensión interna V_{DD} o de la externa que se introduce por la patita AN3/ V_{ref} . Para gobernar el funcionamiento del CAD se utilizan dos registros: ADCON0 y ADCON1. El registro ADCON1 establece las entradas que son digitales y analógicas, así como el tipo de tensión de referencia (interna o externa).

El tiempo que dura la conversión depende de la frecuencia de funcionamiento del PIC y del valor de los bits ADCS1 y ADCS0. Finalmente, se describen de forma resumida los pasos para realizar una conversión en el CA/D:

- 1º. Se configura correctamente el CA/D programando los bits de los registros de control.
- 2º. Se autoriza o prohíbe la generación de interrupción al finalizar la conversión, cargando los bits del PIE1.
- 3º. Para iniciar la conversión se pone el bit GO/DONE = 1. Hay que tener en cuenta el tiempo que durara la conversión.
- 4º. Se detecta el final de la conversión bien porque se genera la interrupción, o bien porque se explora cuando el bit GO/DONE = 0.
- 5º. Se lee el resultado de la conversión en el registro ADRES.

Convertor D/A (CDA), transforma los datos digitales obtenidos del procesamiento del computador en su correspondiente señal analógica que saca al exterior por una de las patitas de la cápsula. Existen muchos efectores que trabajan con señales analógicas.

Los modulador de anchura de impulsos o PWM son circuitos que proporcionan en su salida impulsos de anchura variable, que se ofrecen al exterior a través de las patitas del encapsulado.

Todos los microcontroladores destinan algunas de sus patitas a soportar líneas de E/S digitales. Por lo general, estas líneas se agrupan de ocho en ocho formando Puertas. Las líneas digitales de las Puertas pueden configurarse como Entrada o como Salida cargando un 1 ó un 0 en el bit correspondiente de un registro destinado a su configuración.

Con objeto de dotar al microcontrolador de la posibilidad de comunicarse con otros dispositivos externos, otros buses de microprocesadores, buses de sistemas, buses de redes y poder adaptarlos con otros elementos bajo otras normas y protocolos. Algunos modelos disponen de recursos que permiten directamente esta tarea, entre los que destacan:

- UART, adaptador de comunicación serie asíncrona.
- USART, adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona
- Puerta paralela esclava para poder conectarse con los buses de otros microprocesadores.
- USB (Universal Serial Bus), que es un moderno bus serie para los PC.
- Bus I2C, que es un interfaz serie de dos hilos desarrollado por Philips.
- CAN (Controller Area Network), para permitir la adaptación con redes de conexionado multiplexado desarrollado conjuntamente por Bosch e Intel para el cableado de dispositivos en automóviles.

Dentro del área de datos los PIC'S poseen registros especiales. Las ocho primeras posiciones del área de datos están reservadas para alojar registros de propósito especial, quedando las restantes libres para contener los datos u operandos que se desee (registros de propósito general). Figura 1.11.

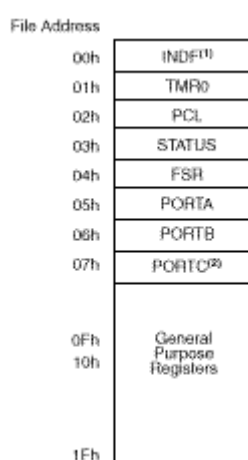


Figura 1.11 Designación y ubicación de los ocho registros especiales.

El registro **INDF** que ocupa la posición 0 no está implementado físicamente y, como se ha explicado, se le referencia en el direccionamiento indirecto de datos aunque se utiliza el contenido de FSR.

En la dirección 1 está el registro **TMRO** (Temporizador), que puede ser leído y escrito como cualquier otro registro. Puede incrementar su valor con una señal externa aplicada a la patita TOCKI o mediante el oscilador interno. El temporizador principal TMR0 es un contador ascendente de 8 bits que puede actuar de dos formas.

1ª Contador

Se le introducen los impulsos desde el exterior por la patita T0CKI. Su misión es "contar" el número de acontecimientos externos.

2ª Temporizador

Trabaja y cuenta los impulsos de reloj del oscilador interno (CLKOUT), Se usa para determinar un tiempo fijo. Estos impulsos tienen una duración conocida que es la de un ciclo de instrucción cuya frecuencia es la cuarta parte del oscilador principal ($F_{osc}/4$). Para trabajar con TMR0 se pueden utilizar las siguientes fórmulas en el caso que los impulsos de reloj provengan del oscilador interno :

$$\text{Temporización} = 4 \cdot T_{osc} \cdot (\text{Valor cargado en TMR0}) \cdot (\text{Rango del Divisor})$$

$$\text{Valor a cargar en TMR0} = (\text{Temporización} / 4 \cdot T_{osc}) \cdot (\text{Rango del Divisor})$$

$$T_{osc} = \text{Periodo de Oscilación}$$

Para conocer el estado en que va la cuenta del TMR0 se le puede leer en cualquier momento. Cuando se escribe un nuevo valor sobre TM. R0 para iniciar una nueva temporización, el incremento del mismo se retrasa durante los dos ciclos de reloj posteriores.

Algunos modelos de la gama media de la serie PIC16C7X, además de disponer del Temporizador TMR0 poseen otros dos llamados TMR1 y TMR2.

El **TMR1** se trata de un Temporizador/Contador ascendente de 16 bits, por lo que está implementado mediante dos registros específicos TMR1H y TMR1L, que contienen el valor del conteo en cada momento. El valor de registro TMR1H-TMR1L evoluciona desde 0000h hasta FFFFh, en cuyo instante activa el señalizador TMR1IF y vuelve a 0000h. Como fuente de los impulsos de reloj existen tres alternativas:

1ª. Generación interna ($4 T_{OSC}$).

2ª. Generación mediante un oscilador externo controlado por cristal que se conecta a las patitas RC0/T1OSO/T1CKI y RC1/T1OSI/CCP2. El oscilador se activa poniendo a 1 el bit T1OSCEN del registro T1CON.

3ª. Trabaja en modo contador de eventos, cuando los impulsos externos a contar se aplican a la patita RC0/T1OSO/T1CKI.

El **TMR2** solo está incorporado en unos pocos modelos de la gama media porque se trata de un temporizador de 8 bits diseñado para usarse conjuntamente con el circuito de Modulación de Anchura de Impulsos (PWM). Se incrementa al ritmo de los impulsos que se le aplican ($4.T_{OSC}$), que pueden ser divididos por 1, por 4 o por 16 mediante un

predivisor. Cuando el valor de TMR2 coincide con el del PR2 (Registro de Periodo) se genera un impulso en la salida EQ y TMR2 pasa a 00h.

El **reset** borra al Predivisor y al Post-divisor. También lo hace al TMR2 cuando se ha generado como consecuencia del WDT, POR o MCLR. Cada vez que se escribe sobre el TMR2 o el TCON se borran el predivisor y el post-divisor.

El PC ocupa la posición 2 del área de datos en donde se halla el registro PCL al que se añaden 3 bits auxiliares y se conecta con los dos niveles de la Pila en las instrucciones CALL y RETLW.

El **Registro de Estado** ocupa la posición 3 y entre sus bits se encuentran los señalizadores C, DC y Z y los bits PA1 y PA0 que seleccionan la página en la memoria de programa. El bit 7 (PA2) no está implementado en los PIC de la gama baja.

FSR se ubica en la dirección 4 y puede usarse para contener la dirección del dato en las instrucciones con direccionamiento indirecto y también para guardar operandos en sus 5 bits de menos peso.

La pila consta de un par de registros con 11 bits válidos que funcionan en forma de memoria LIFO (último en entrar, primero en salir). El contenido del PC se carga en el primer nivel de la pila con la instrucción CALL y sucede lo contrario con la instrucción RETLW.

La mayoría de los microcontroladores de la gama media disponen de un máximo de dos bancos de 128 x 8 posiciones, del máximo permitido que son cuatro bancos. El banco 0 comprende desde la posición 00h a la 7Fh y el banco 1, desde la 80h a la FFh (Ver figura 1.12). Una vez elegido el banco, la dirección de la posición se determina con 7 bits. Los registros especiales se ubican en las 32 primeras posiciones de cada banco. Los registros de propósito general se ubican en trozos que quedan libres en ambos bancos.

File Address			File Address
00h	INDF ⁽¹⁾	INDF ⁽¹⁾	80h
01h	TMR0	OPTION	81h
02h	PCL	PCL	82h
03h	STATUS	STATUS	83h
04h	FSR	FSR	84h
05h	PORTA	TRISA	85h
06h	PORTB	TRISB	86h
07h			87h
08h			88h
09h			89h
0Ah	PCLATH	PCLATH	8Ah
0Bh	INTCON	INTCON	8Bh
0Ch	PIR1	PIE1	8Ch
0Dh			8Dh
0Eh		PCON	8Eh
0Fh			8Fh
10h			90h
11h			91h
12h			92h
13h			93h
14h			94h
15h			95h
16h			96h
17h			97h
18h			98h
19h			99h
1Ah			9Ah
1Bh			9Bh
1Ch			9Ch
1Dh			9Dh
1Eh			9Eh
1Fh	CMCON	VRCON	9Fh
20h	General Purpose Register	General Purpose Register	A0h
			BFh
		C0h	
	Bank 0	Bank 1	
7Fh			

Unimplemented data memory locations, read as '0'.
 Note 1: Not a physical register.

Figura 1.12 Organización de los registros específicos y de propósito general.

Algunos registros específicos aparecen por primera vez y se proporcionan unos comentarios aclaratorios de sus funciones.

PCLATH Contiene los 5 bits de mas peso del PC.

INTCON Soporta varios señalizadores para el control y activación de todas las posibles funciones de interrupción, excepto la del modulo Comparador.

PIR1	En este registro se ubica el señalizador que indica el estado interno del Comparador.
PIE1	Contiene el bit de activación para la interrupción que provoca el Comparador.
PCON	Soporta los dos señalizadores que diferencian entre el reset provocado por conexión de alimentación (POR: Power-On-Reset) y el que se origina cuando se detecta un fallo en la alimentación (BOD: Brown-Out-Detect).
CMCON	Controla las entradas y salidas del modulo Comparador.
VRCON	Controla el funcionamiento del modulo de Tensión de referencia.

1.6 SOFTWARE DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL.

Cuando se habla de instrumentos de medida, se destaca su panel frontal lleno de botones leds y demás tipos de controles y visualizadores. En la cara oculta del panel están los contactos de esos controles que lo unen físicamente con la circuitería

interna. Esta circuitería interna se compone de circuitos integrados y otros elementos que procesan las señales de entrada en función del estado de los controles devolviendo el resultado a los correspondientes visualizadores del panel frontal.

Los procesos de automatización para la adquisición y control de instrumentos es una tarea difícil. La inherente dificultad se debe a que los procesos pueden ser confusos. Además puede tener alto grado de complejidad si las herramientas de programación con las que se trabaja son difíciles de manejar. Una de las herramientas disponibles hoy en día es el lenguaje de Programación gráfica o lenguaje "G" que ofrece LabVIEW, el cual es útil en aplicaciones de control e instrumentación, ya que es un lenguaje de programación de alto nivel que cuenta con funciones para adquisición y procesamiento de datos.

LabVIEW facilita la tarea de adquisición, análisis y presentación de datos; por lo tanto, solo es necesario el enfoque en el problema original de adquisición o medición. La filosofía de programación del lenguaje "G", toma como base estructura de un instrumento tradicional, el cual cuenta con un "*panel frontal*" (controles, botones e interruptores) para configurar el proceso de medición e indicadores para desplegar el valor medido; detrás del panel frontal tiene componentes electrónicos que desarrollan la función del instrumento, tales como la conversión de una cantidad física en una señal eléctrica para posteriormente convertirlo a un valor numérico.

Un Instrumento Virtual (VI) es un programa diseñado, en LabVIEW en este caso, para que tenga las mismas características de un instrumento tradicional. En particular, un VI tiene un "*panel frontal*" desplegado en la pantalla de la computadora y este opera mediante el teclado o el mouse; el programa o código fuente, representa el ensamble de componentes electrónicos que desarrollan la función del VI; en LabVIEW es llamado "*Diagrama de Bloques*". El cual se construye uniendo bloques (funciones) mediante líneas que llevan el flujo de datos.

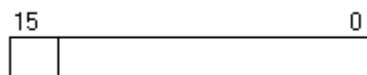
Un instrumento virtual es un módulo software que simula el panel frontal de un instrumento que antes hemos conectado y, apoyándose en elementos hardware accesible por el ordenador (tarjetas de adquisición, tarjetas DSP, instrumentos accesibles vía GPIB, VXI, RS - 232), realiza una serie de medidas como si se tratase de un instrumento real.

De este modo cuando se ejecuta un programa que funciona como instrumento virtual o VI (virtual instrument), el usuario o usuaria ve en la pantalla de su computador un panel cuya función es idéntica a la de un instrumento físico, facilitando la visualización y el control del aparato. A partir de los datos reflejados en el panel frontal, el VI debe actuar recogiendo o generando señales, como lo haría su homólogo físico.

1.6.1 TIPOS DE DATOS EN LABVIEW, CONTROLES E INDICADORES.¹⁵

LabVIEW ofrece una gran variedad de tipos de datos con los que podemos trabajar respondiendo a las necesidades reales con las que nos encontraremos. Así tenemos los siguientes tipos de datos:

- Boolean (verde claro), son enteros de 16 bits. El bit mas significativo contiene el valor Booleano. Si el bit 15 se pone a 1, entonces el valor del control o indicador es true (verdadero);por el contrario, si este bit 15 vale 0, el valor de la variable booleana será false (falso).



- Numéricos: hay diferentes tipos

¹⁵ LÁZARO, Antonio. Programación gráfica para el control de instrumentación. Pág. 36

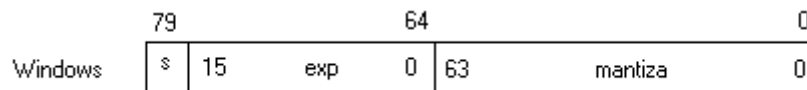
- Extended (naranja), según el modelo del ordenador que estemos utilizando los números de coma flotante con precisión extendida presentan el siguiente formato:

Macintosh: 96bits (formato precisión extendida MC68881-MC68882)

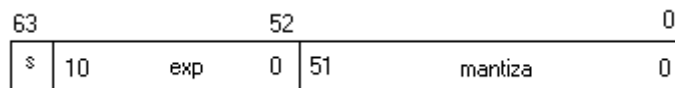
Windows: 80 bits (formato precisión extendida 80287)

Sun: Formato 128 bits

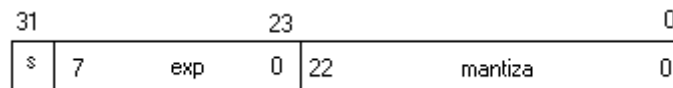
HP-UX: son almacenados como los números de coma flotante de doble precisión.



- Double (naranja), los números en coma flotante de doble precisión cumplen con el formato de doble precisión IEEE de 64 bits. Es el valor del defecto de LabVIEW.



- Single (naranja), los números en coma flotante de precisión simple cumplen con el formato de precisión simple IEEE de 32 bits



- Long Integer (azul), los números enteros largos tienen un formato de 16 bits, con o sin signo.



- Word Integer (azul), estos números tienen un formato de 16 bits, con o sin signo.



- Byte Integer (azul), tiene un formato de 8 bits, con o sin signo



- Unsigned Long (azul), entero largo sin signo.
 - Unsigned Word (azul), palabra sin signo.
 - Unsigned Byte (azul), byte sin signo.
 - Complex Extended (naranja), número completo con precisión extendida.
 - Complex Double (naranja), complejo con precisión doble.
 - Complex Single (naranja), complejo con precisión simple.
- Arrays (depende del tipo de datos que contenga), LabVIEW almacena el tamaño de cada dimensión de un array como long integer seguido por el dato.

Los *arrays booleanos* se almacenan de manera diferente a los booleanos escalares. Estos arrays se almacenan como bits empaquetados. El tamaño de la dimensión viene dado en bits en lugar de bytes. El bit 0 se guarda en la posición más alta de memoria (215), y el bit 15 en la posición más baja (20).

- Strings (rosa), LabVIEW almacena los string como si fuera un array unidimensional de bytes enteros (caracteres de 8 bits).

- Handles, un andel es un puntero que apunta a un bloque de memoria relocizable. Uhandle solo apunta a datos definidos por el usuario. LabVIEW no reconoce qué es lo que hay en ese bloque de memoria. Es especialmente útil para pasar un bloque de datos por referencia entre nodos de interficie de código (Code Interface Nodes o Cins).
- Paths (verde oscuro), LavBIEW almacena las componentes tipo y número de un path en palabras enteras, seguidas inmediatamente por los componentes del path. El el tipo de path es 0 para un path absoluto y 1 para un path relativo. Cialquier otro valor indicaria que el path no es valido. Cada componente del path es una cadena Pascal (P-string), en la cual el primer byte es la longitud de P-string (sin incluir el byte de longitud).
- Clusters (marrón o rosa), un cluster almacena diferentes tipos de datos de acuerdo a las siguientes normas: Los datos escalares se almacenan directamente en el cluster; los arrays, strins, handles y paths se almacenan directamente. El cluster almacena un andel que apunta al area de memoria en la que LabVIEW ha almacenado realmente los datos.

1.6.2 CONTROLES Y FUNCIONES.¹⁶

La programación G (gráfica) de LabVIEW consta de un panel frontal y un panel de código. En el panel frontal es donde se diseña la interfaz del usuario y se ubican los controles y en el panel de código se encuentran las funciones. Cada control que se utiliza en la interfaz tiene una representación en el panel de código, igualmente los indicadores necesarios para entregar la información procesada al usuario tienen un icono que los identifica en el panel de código o de programación.

¹⁶ http://www.gte.us.es/ASIGN/IE_4T/Tutorial%20de%20Labview.pdf

Los controles pueden ser booleanos, numéricos, y los indicadores pueden ser tablas, gráficos, browser, entre otros. (Ver figura 1.13)



Figura 1.13 Paleta de Controles.

Las funciones pueden ser VI prediseñados y que pueden ser reutilizados en cualquier aplicación, estos bloques funcionales constan de entradas, salidas y además de un símbolo que las representa, igual que en un lenguaje de programación estándar, las funciones procesan las entradas y entregan una o varias salidas, estos Vis pueden también estar conformados de otros subVIs y así sucesivamente, de esta forma se pueden representar como un árbol genealógico donde un VI se relaciona o depende de varios SubVIs (jerarquía). (Ver Figura 1.14)

Labview tiene VIs de adquisición de datos e imágenes, de comunicaciones, de procesamiento digital de señales, de funciones matemáticas simples hasta funciones que utilizan otros programas como Matlab o HiQ para resolver problemas, nodos de fórmula que se utilizan para la resolución de ecuaciones editando directamente estas como en lenguajes de programación tradicionales y definiendo las entradas y las salidas.

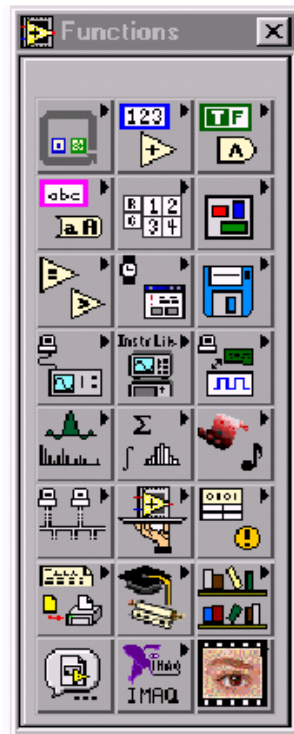


Figura 1.14 Paleta de Funciones.

1.6.3 ADQUISICIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.¹⁷

Labview como su nombre lo indica es un lenguaje que se enfoca hacia el laboratorio, la realización de mediciones y por lo tanto la adquisición y análisis de datos. Mediante el uso de tarjetas es posible obtener señales análogas o digitales a partir de una conexión al bus

Labview permite comunicarse con tarjetas mediante el puerto paralelo o serial, utilizando la herramienta LabWindowsCVI de N.I. Con este software se pueden

¹⁷ http://www.gte.us.es/ASIGN/IE_4T/Tutorial%20de%20Labview.pdf

diseñar en C las DLL para el funcionamiento de las tarjetas, estas DLL se pueden integrar a Labview y a todas su funcionalidad.

Labview es una herramienta que tiene bastante aplicación en el análisis de datos, se puede decir que dentro de las funciones básicas: adquisición, análisis y presentación, el análisis de datos es la más importante y la más robusta. Desde luego siempre lo que se desea es analizar variables reales, como la temperatura, la velocidad, entre otras; por lo tanto es necesario convertir esas variaciones a algo que el computador pueda procesar, las tarjetas de adquisición realizan esa labor y la interfaz tiene la función de presentar esos datos, analizarlos y procesarlos.

El análisis de datos se convierte por lo tanto en una de las potencialidades de Labview ya que se pueden manejar mas fácilmente las señales que se quieren analizar, ya sea analoga o digital (o también podría ser una imagen), como muchas de las funciones utilizadas para procesamiento digital de señales ya están prediseñadas el problema de construir algoritmos se reduce solo a saber aplicarlos.

1.6.4 VISUALIZACIÓN DE DATOS.¹⁸

En muchas ocasiones es necesario para una mayor comprensión de los resultados obtenidos representarlos gráficamente. Para ello LabView dispone de cinco tipos de gráficos accesibles desde el menú *Controls* del panel Frontalbajo el item *Grph* dividido en dos grupos: los indicadores chart y los indicadores graph.

¹⁸ LÁZARO, Antonio. Programación gráfica para el control de instrumentación. Pág. 70

Un indicador graph o indicador gráfico es una representación bidimensional de una o más gráficas. El graph recibe los datos como un bloque. Un indicador chart o de trazos también muestra gráficas, pero éste recibe los datos y los muestra punto a punto o array por array, reteniendo un cierto número de puntos en pantalla mediante un buffer disponible para ello.

1.6.4.1 INDICADORES CHART Y GRAPH.

Waveform chart es un tipo especial de indicador numérico que muestra una o más gráficas, reteniendo en pantalla un cierto número de datos definido por nosotros mismos. Los nuevos datos se añaden al lado de los ya existentes, de forma que se pueden comparar entre ellos.

Mediante *intensity chart* podemos mostrar datos tridimensionales colocando bloques de colores sobre planos cartesianos. Para ello se crea arrays bidimensionales de números donde los índices de un elemento corresponderán a las coordenadas X e Y, y el contenido a la coordenada Z, que tendrá asociado un color para cada posible valor. Previamente será necesario definir la escala de colores que vamos a utilizar a través de los attributes mediante el ítem Z Scale Info: Color Array o Color Table, o a través de la rampa de colores visualizada junto a la gráfica. Evidentemente, la escala de colores que podamos visualizar dependerá de la resolución del monitor.

Waveform graph representa una serie de valores Y equiespaciados dada siempre una distancia delta de X (ΔX) comenzando a partir de un valor inicial X_0 . A un mismo punto X_1 sólo le puede corresponder un valor de Y_1 . Cuando se representa una nueva serie de datos, al contrario de lo que ocurría en los indicadores chart, estos datos

reemplazan a los ya existentes en lugar de añadirse al lado, y pierden los valores representados con anterioridad.

En *XY Graph* un punto X_1 puede tener varios valores Y , lo que permite, por ejemplo, dibujar funciones circulares. *XY Graph* representa una coordenada (X_1, Y_1) donde los valores de X no tienen porque estar equiespaciados como ocurría en las *waveform graph*.

Intensity graph es exactamente igual que *Intensity chart* salvo que *intensity graph* no retiene valores anteriores, por lo que cuando un nuevo bloque de valores se carga, éstos sustituyen a los ya existentes. Los comandos disponibles en los menús pop-up de los indicadores *graph* tienen las mismas utilidades que los indicadores *chart*. Solamente existe una diferencia importante y es que los indicadores *graph* disponen de cursores que permiten movernos por la gráfica.

Ante los diferentes tipos de indicadores se plantea la necesidad de escoger entre uno u otro. Decir cuándo se debe utilizar cada uno es muy difícil ya que depende de cada aplicación y, además, puesto que en programación no hay nada imposible, podemos llegar a hacer que una gráfica simule el comportamiento de otra; sólo hace falta un poco de tiempo y paciencia.

CAPÍTULO II

PRINCIPIOS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

2.1 ADQUISICIÓN DE DATOS.

Un sistema de adquisición de datos es un equipo que permite tomar señales físicas del entorno y convertirlas en datos que posteriormente podremos procesar y presentar. A veces el sistema de adquisición es parte de un sistema de control, y por tanto la información recibida se procesa para obtener una serie de señales de control. En el diagrama de la figura 2.1 constan los bloques que componen el sistema de adquisición de datos:

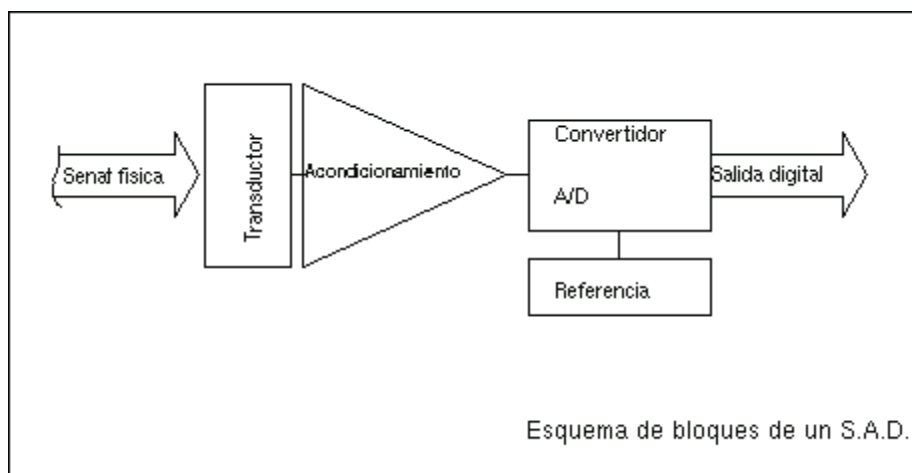


Figura 2.1 Diagrama de bloques de un sistema de adquisición de datos

En la figura 2.1, los bloques principales son:

- Sensor

- El acondicionamiento de señal
- El convertidor analógico-digital
- La etapa de salida.

2.2 SENSORES.

Sensor es un elemento que convierte una magnitud física en una señal de salida normalizada (normalmente tensión o corriente) que puede ser procesada por el sistema.

El presente trabajo cuenta con sensores de voltaje y corriente los cuales proporcionan la medición inicial de las variables deseadas.

2.2.1 SENSOR DE VOLTAJE.

Para adquirir la señal de voltaje requerido, se ha ocupado un transformador de potencial el mismo que transforma el alto voltaje de una línea de energía en un valor más bajo, adecuado para el nivel de trabajo. En la figura 2.2 se muestra el transformador utilizado en el proyecto.



Figura 2.2. Transformador de potencial.

La capacidad del transformador es de 120V y trabaja a una frecuencia de 60Hz, tiene una relación de 120 a 9. La señal de salida será utilizada para el cruce por cero como para el acondicionamiento de voltaje.

2.2.2 SENSOR DE CORRIENTE.

Para adquirir la señal de corriente requerida, se utiliza un transformador de corriente de núcleo desprendible que son los sensores en las pinzas amperimétricas. En la figura 2.3 se muestra la pinza de corriente utilizada para el proyecto.



Figura 2.3 Sonda de corriente.

Al circular una corriente por el centro del sensor, ésta produce una inducción, la misma que genera un corriente en el secundario, el valor de esta corriente es proporcional a la que circula por el sensor. La relación de transformación de este sensor de corriente es de 1 a 1000 es decir que por cada amperio de entrada se obtiene un miliamperio en los terminales de salida.

Las características de la pinza de corriente son:

- Pequeño y compacto.
- Rango de medidas desde 0.5 hasta 240Aca.
- Diseñados para osciloscopios y registradores.
- Respuesta desde 40Hz hasta 10KHz.
- Señal de Salida 1mAac/Aac

Si a la corriente de salida se la hace circular por una resistencia, se tendrá una caída de potencial la cual servirá como señal de entrada para el microcontrolador. En la tabla 2.1 se tiene las diferentes caídas de tensión dependiendo de la resistencia que se utilice.

Tabla 2.1 Rangos de salida de la pinza.

		R = 1Ω	R = 10Ω	R = 100Ω
I in	I out	Vout	Vout	Vout

1A	0.001A	1mV	10mV	0.1V
10A	0.05A	0.05V	0.5V	5V
100A	0.1A	0.1V	1V	10V

Nota: Para el proyecto se utilizará la resistencia de 100Ω .

2.3 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES.

El acondicionamiento de señal da un valor compatible con el instrumento de medida, por lo que es necesario reducir o amplificar la magnitud de la cantidad de medida de voltaje y corriente ya que estos valores en algunos casos son demasiado pequeños o grandes.

2.3.1 CIRCUITOS DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES.

Los circuitos de acondicionamiento de señal son los encargados de filtrar y adaptar la señal proveniente del sensor a la entrada del Microcontrolador. Estos circuitos generalmente se encargan de:

- Adaptar el rango de salida del sensor al rango de entrada del convertidor. (Normalmente en tensión).

- Acoplar la impedancia de salida de uno con la impedancia de entrada del otro.

La adaptación entre los rangos de salida y entrada del sensor tiene como objetivo el aprovechar el margen dinámico del sensor, de modo que la máxima señal de entrada debe coincidir con la máxima que el convertidor.

Por otro lado, la adaptación de impedancias es imprescindible ya que los sensores presentan una salida de alta impedancia, que normalmente no puede excitar la entrada de un convertidor, cuya impedancia típica suele estar entre 1 y 10 k.

2.3.1.1 CIRCUITO ACONDICIONADOR DE VOLTAJE.

Mediante el siguiente circuito, se acondiciona la señal de voltaje para que pueda ingresar al conversor análogo digital. En la figura 2.4 se observa el circuito acondicionamiento para la señal de voltaje.

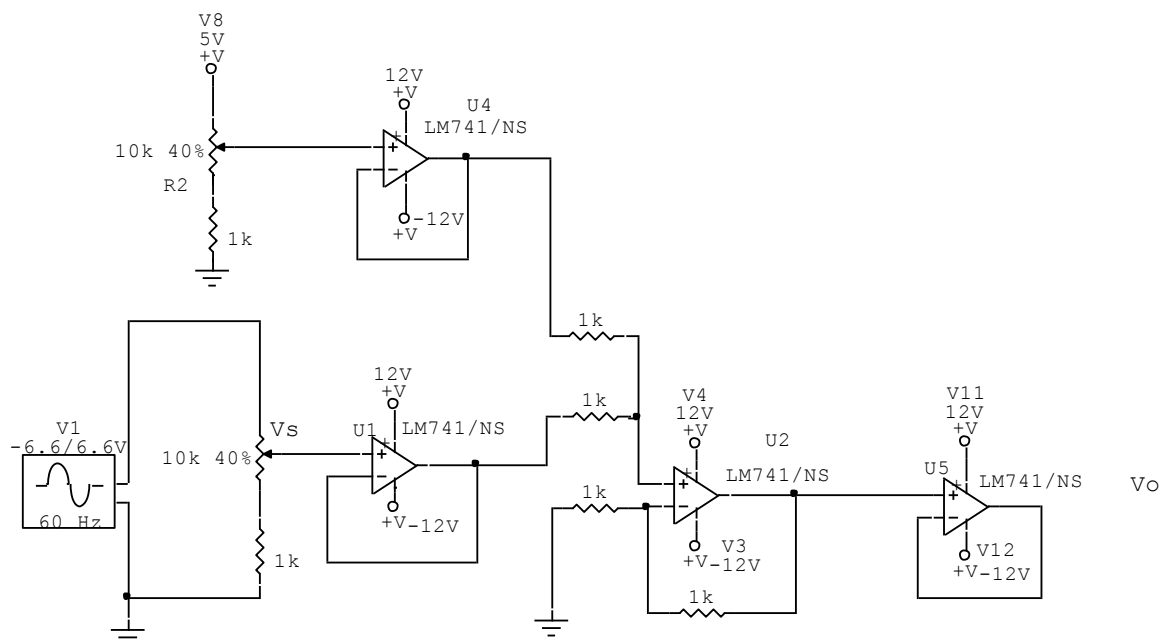


Figura 2.4 Circuito acondicionador de voltaje.

Para este trabajo, el sensor de voltaje es un transformador de tensión con una relación de 117V a 6.6V, el cual indica que cuando se tenga 117 voltios de alternos se tendrá a la salida de éste una señal de 6.6 voltios alternos a 60 Hertzios como se muestra en la figura 2.5.

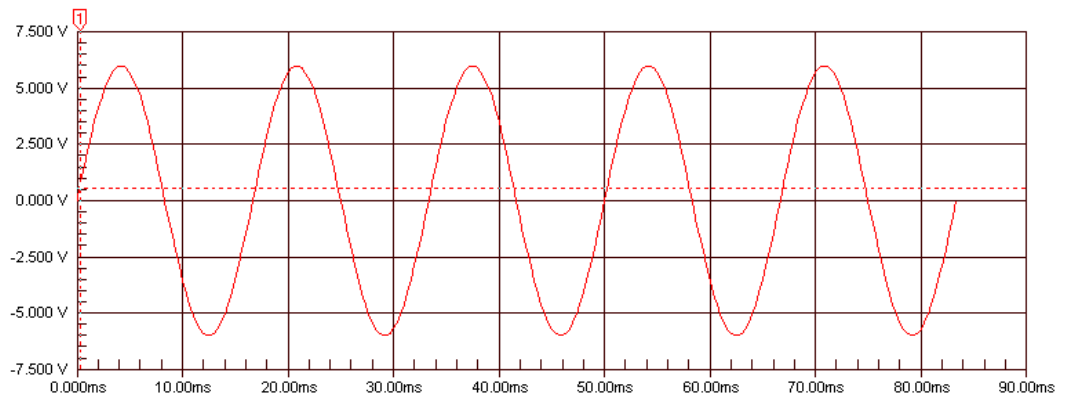


Figura. 2.5 Señal a la salida del transformador

Se puede observar que se tiene un factor de transformación de 17.72

$$G = \frac{V_{salida}}{V_{entrada}} \quad (\text{ec. 2.1})$$
$$G = \frac{117V}{6.6V} = 17.72$$

G = Factor de transformación

Esta señal pasa por un divisor de tensión el cual reduce la señal a la mitad, esto se realiza para que no sobrepase los valores de tensión referenciales en el PIC en el momento de digitalizar la señal.

$$V_s = \frac{V_r}{R_T} * R_o$$

$$V_s = \frac{6.6V}{3.3K\Omega} * 1K\Omega \quad (\text{ec. 2.2})$$

$$V_s = 2.2V$$

V_s = Voltaje de salida en el divisor de tensión (Ver figura 2.6)

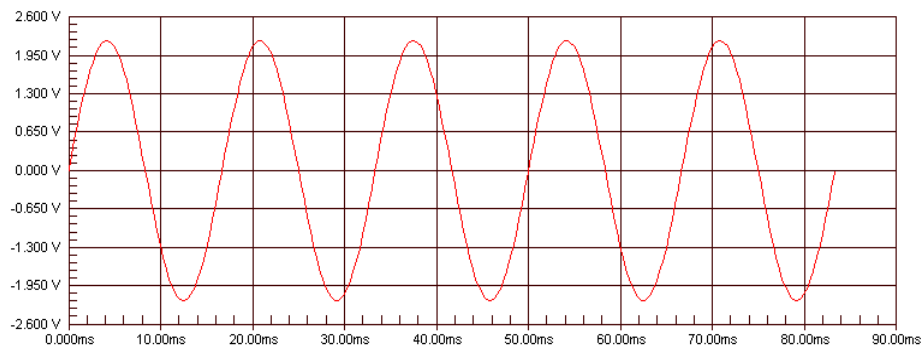


Figura. 2.6 Salida del divisor de voltaje.

A continuación se cuenta con un amplificador operacional (LM 741), el cual está trabajando como seguidor de tensión, (figura 2.7) teniendo en cuenta que cumple las siguientes características: Alta resistencia a la entrada y una muy baja resistencia a la salida, por estas razones se elimina todo lo que se refiere a los efectos de carga, los cuales producen caídas de tensión y hacen que las señales se debiliten.

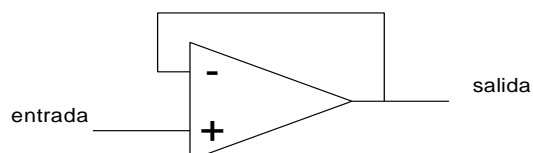


Figura 2.7. Seguidor de tensión.

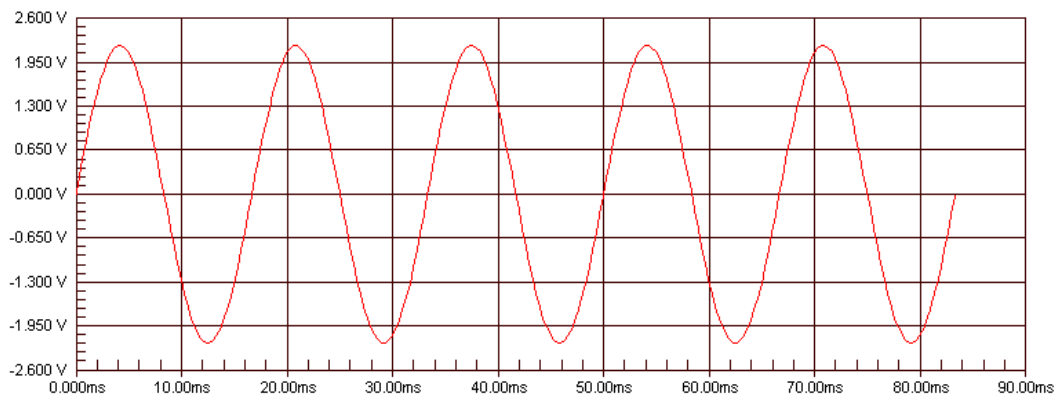


Figura. 2.8 Amplificador operacional trabajando como seguidor de voltaje.

A la salida de este seguidor de tensión se tendrá una salida de voltaje de 4.4 Vpp, lo que quiere decir que tenemos un voltaje pico de $\pm 2.2\text{Vp}$. Debido a que el PIC está polarizado con una tensión máxima de 5 V, el voltaje pico negativo no sería detectado en la digitalización, para solucionar este inconveniente se procede a desplazarle a la onda para que no tenga valores negativos, esto se realiza mediante un sumador, el cual toma la señal de seguidor de tensión y lo suma con una señal de 2.5Vcc y de esta manera obtenemos los valores positivos (Ver figura 2.9).

$$V_{p+} = 2.2 + 2.5$$

$$V_{p+} = 4.7V_p$$

$$V_{p-} = -2.2 + 2.5$$

$$V_{p-} = 0.3V_p$$

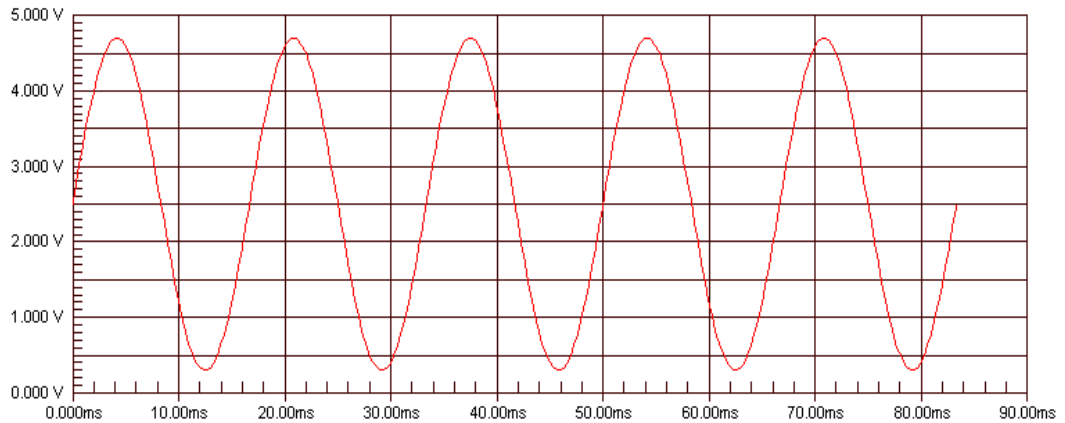


Fig. 2.9 Salida de acondicionamiento de voltaje.

2.3.1.2 CIRCUITO ACONDICIONADOR DE CORRIENTE.

El sensor que se utiliza para este acondicionamiento de señal es una pinza amperimétrica en paralelo con una resistencia de 100Ω . Mediante el siguiente circuito se acondiciona la señal de corriente para que pueda ingresar al conversor análogo digital (Ver figura 2.10).

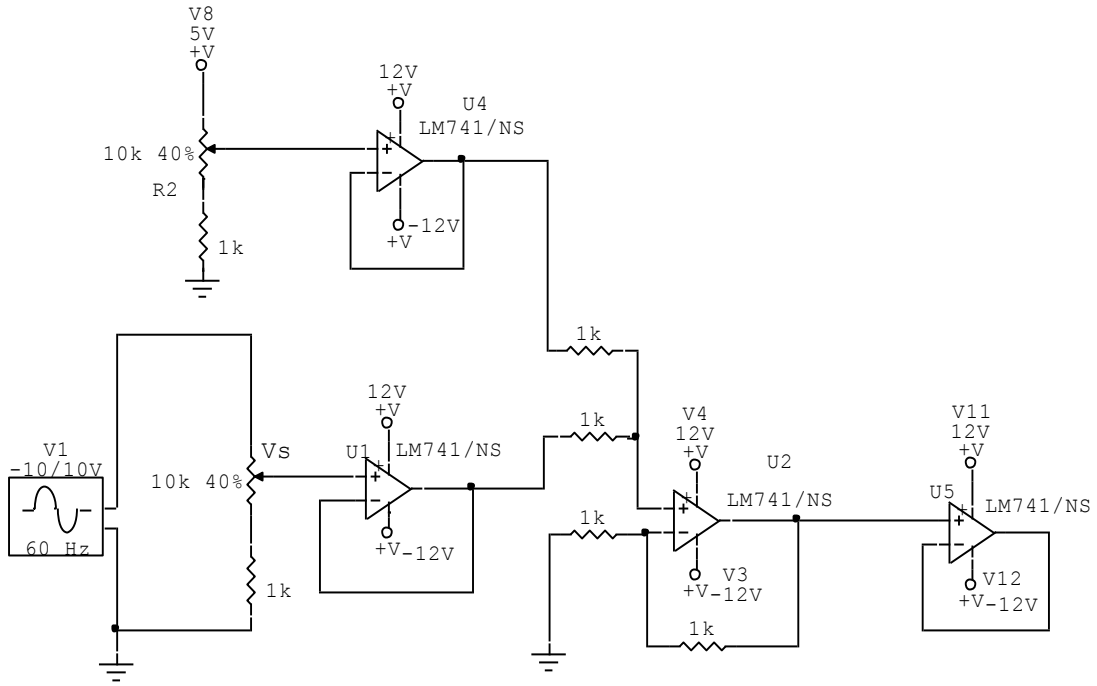


Figura. 2.10 Circuito acondicionador de corriente.

Para este trabajo, el sensor de corriente es una pinza amperimétrica con una relación de $1\text{mA}_{ac}/\text{A}_{ac}$, es decir, $1000:1$, el cual indica que cuando se tenga 5 A Alternos se tendrá a la salida de éste 0.05 A Alternos, en la resistencia de 100Ω en paralelo se tendrá 5V a 60 Hertzios como se muestra en la figura 2.11.

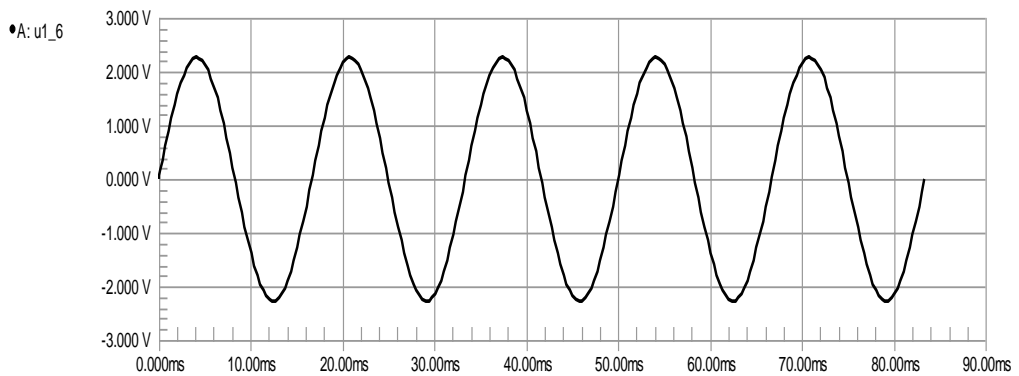


Figura 2.11. Señal a la salida de la pinza.

Se puede observar que se tiene un factor de transformación de 1000.

$$G = \frac{V_{salida}}{V_{entrada}}$$
$$G = \frac{1A}{0.001A} = 1000$$

G = Factor de transformación de la pinza amperimétrica.

Esta señal pasa por un divisor de tensión el cual reduce la señal a menos de la mitad, esto se realiza para que no sobrepase los valores de tensión referenciales en el PIC en el momento de digitalizar la señal.

$$V_S = \frac{V_r}{R_T} * R_O$$
$$V_S = \frac{5V}{11000 \Omega} * 3000 \Omega$$
$$V_S = 1.36V$$

V_S = Salida del divisor de tensión. (Ver figura 2.12).

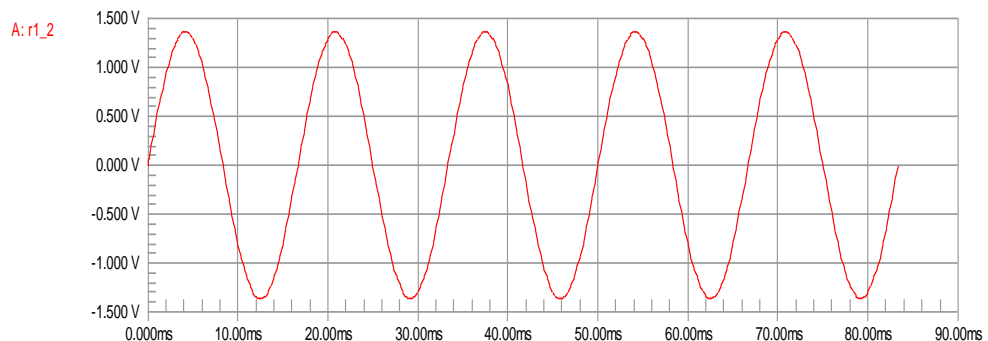


Figura 2.12. Salida del divisor de voltaje.

Al igual que el acondicionamiento de voltaje se utiliza un seguidor de tensión operado por un operacional, teniendo en cuenta que cumple las siguientes características: Alta resistencia a la entrada y una muy baja resistencia a la salida, por estas razones se elimina todo lo que se refiere a los efectos de carga, los cuales producen caídas de tensión y hacen que las señales se debiliten. En la figura 2.13 se muestra la salida del seguidor de tensión.

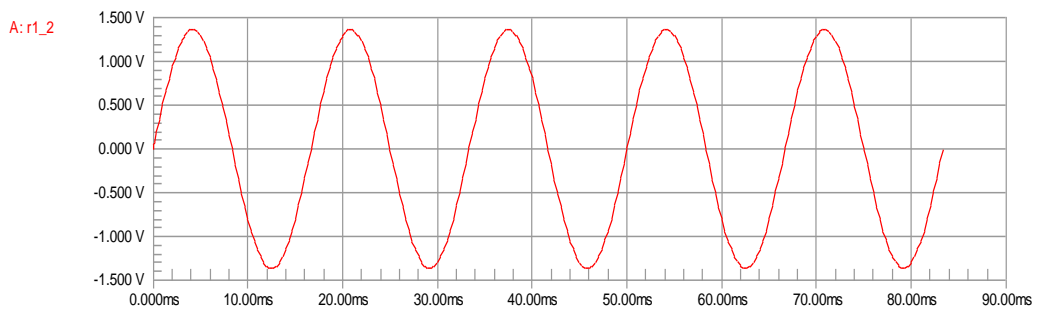


Figura. 2.13. Amplificador operacional trabajando como seguidor de voltaje.

A la salida de este seguidor de tensión se tendrá una salida de voltaje de 2.72 Vpp, lo que quiere decir que se tiene un voltaje pico de $\pm 1.36\text{Vp}$. Debido a que el PIC está polarizado con una tensión máxima de 5 V, el voltaje pico negativo no sería detectado en la digitalización, para solucionar este inconveniente se procede a desplazarle a la onda para que no tenga valores negativos, lo que se realiza mediante un sumador no inversor como se muestra en la figura 2.14:

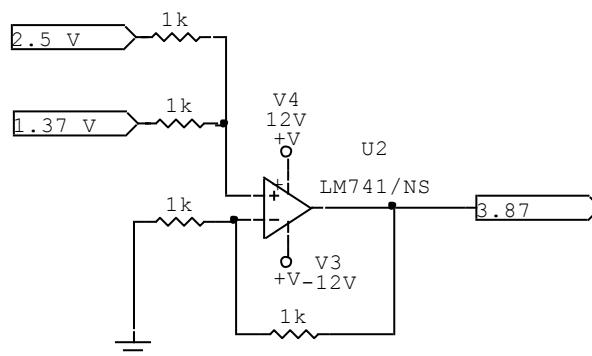


Figura 2.14. Sumador no inversor.

Este sumador toma la señal de seguidor de tensión y lo suma con una señal de 2.5V y de esta manera se obtiene los valores positivos. En la figura 2.15 observamos la salida del sumador no inversor que es la salida final del acondicionamiento.

$$\begin{aligned}V_{p+} &= 1.36 + 2.5 \\V_{p+} &= 3.86V_p \\V_{p-} &= -1.36 + 2.5 \\V_{p-} &= 1.14V_p\end{aligned}$$

En las expresiones anteriores se muestra los valores picos máximos que se obtiene a la salida del acondicionamiento

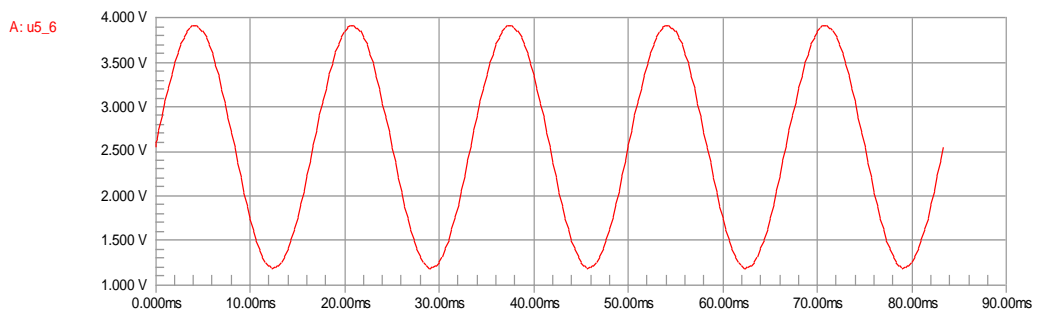


Figura 2.15. Salida de acondicionamiento de corriente.

2.3.1.3 CIRCUITO DETECTOR DE CRUCE POR CERO.

Estos circuitos son utilizados para la medición de las frecuencias y como su nombre lo indica para detectar el cruce por el cero de una señal, este detector entrega una señal digital de cero o cinco voltios. En la figura 2.16 se muestra el detector realizado para el proyecto.

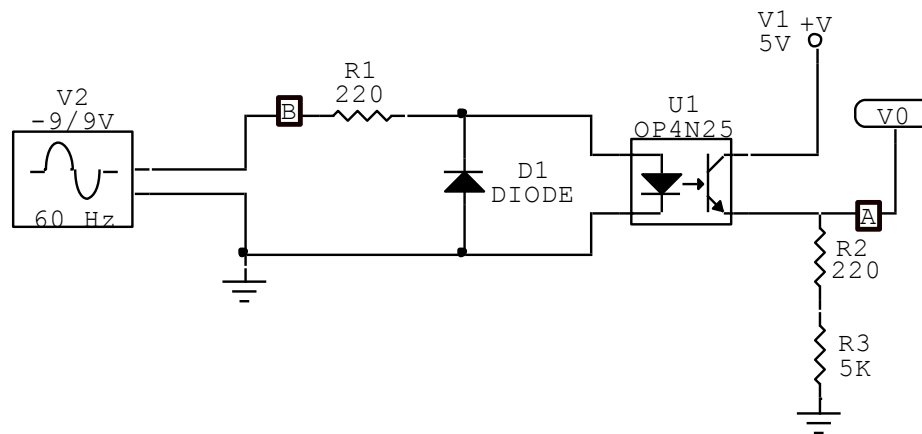


Figura 2.16. Circuito detector de cruce por cero.

Para adquirir la señal de cruce por cero se utiliza un opto transistor (el integrado A4N25), en el cual ingresa la señal del transformador y la convierte a una señal cuadrada de 5 voltios de amplitud.

La señal del transformador tiene una amplitud de 6.6 V pico con una frecuencia de 60Hz, en la figura 2.17 se muestra esta señal.

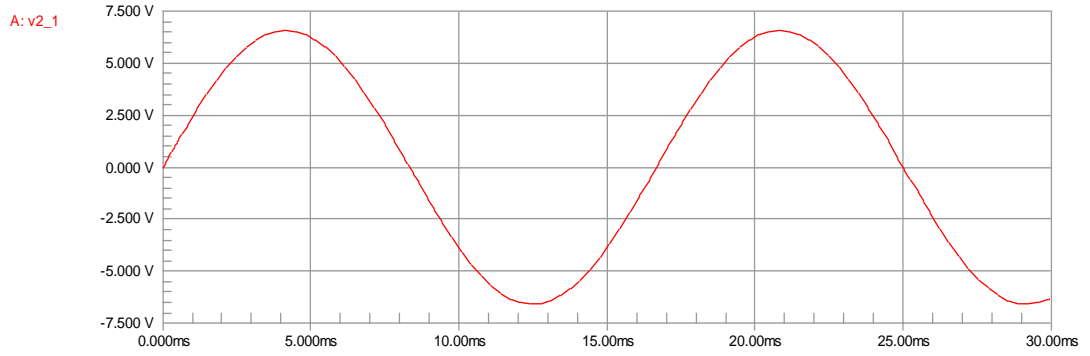


Figura 2.17. Señal del transformador de tensión.

La señal obtenida del cruce por cero es una señal cuadrada de 5 voltios, tal como se indica en la figura 2.18.

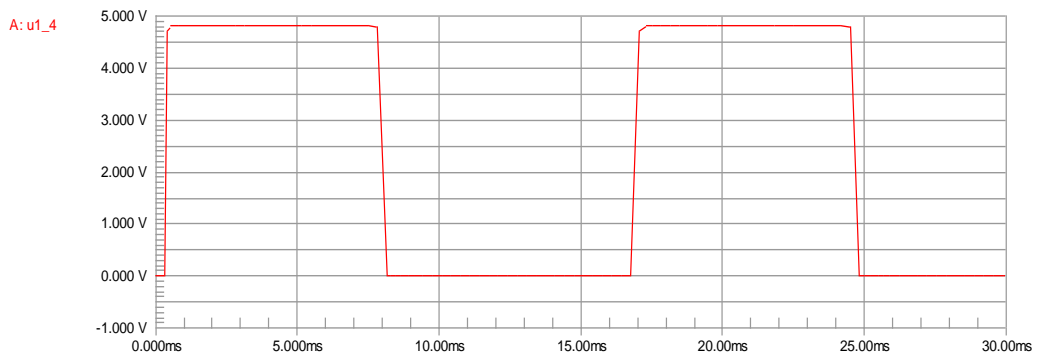


Figura 2.18. Señal de salida del detector de cruce por cero.

En la figura 2.19 se muestra la forma de onda del transformador con la del cruce por cero, el mismo que será utilizado para sincronizar las señales de entrada tanto de voltaje como las de corriente, así como también mandará una señal al PIC para que éste proceda a realizar la conversión (digitalización) de las señales.

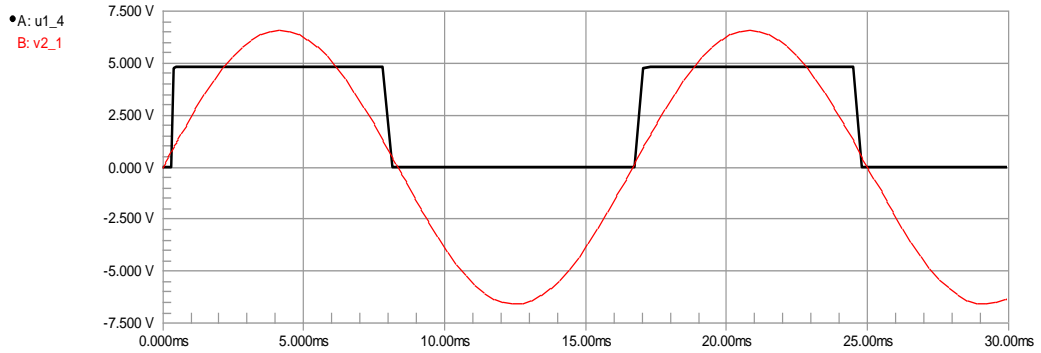


Figura.2.19 Señal del transformador y del detector de cruce por cero.

2.4 CONVERSIÓN ANÁLOGO DIGITAL.

Hasta el momento se ha realizado el trabajo con señales analógicas, pero las memorias de almacenamiento no pueden entender este tipo de señales. Por esta razón se utiliza el conversor Análogo a Digital que posee el PIC 18F452 el cual se encarga de transformar los niveles de voltaje entre 0 y 5 Voltios en palabras digitales que corresponden a valores entre 000h hasta 3FFh.

El módulo de conversión Analógico/Digital dispone de ocho entradas. A través de la entrada analógica se aplica la señal analógica a un condensador de captura y retención (*sample and hold*) que después se introduce en el convertidor. El convertidor de aproximaciones sucesivas da como resultado una palabra de 10 bits.

El convertidor A/D puede seleccionar como tensión de referencia la interna VDD y masa o bien una externa que se introduzca entre RA3/AN3/V_{REF+} y RA2/AN2/V_{REF-}. Cuando se selecciona la tensión de referencia externa, hay que tener en cuenta que existen algunas limitaciones; el máximo voltaje aplicado a la patilla V_{REF+} (RA3/AN3) será V_{DD}+0,3V y el mínimo V_{DD}-2,5V.

Para este caso se utiliza los voltajes de polarización como referencias en la digitalización de los datos.

El convertidor A/D tiene como característica especial el de ser capaz de seguir trabajando mientras el dispositivo esté en el modo SLEEP. Para ello el oscilador interno RC debe conectarse al conversor.

2.4.1 REGISTROS DE CONTROL Y DIRECCIÓN DEL CONVERTOR ANÁLOGO DIGITAL.

El módulo de A/D tiene cuatro registros. Estos registros son:

- **ADRESH** : Parte alta del resultado de la conversión.
- **ADRESL** : Parte baja del resultado de la conversión.
- **ADCON0**: Registro de Control 0.

- **ADCON1**, Registro de Control 1

Los registros ADCON0 de control del funcionamiento del conversor se muestran seguidamente al igual que el registro ADCON1 de configuración de los pines del puerto. Los pines del PORTA pueden configurarse como entradas analógicas (RA, también puede ser entrada de tensión de referencia) o como E/S digital.

REGISTRO ADCON 0.

Tabla 2.2 Bits de configuración del Registro ADCON0 (dirección 1Fh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	---	ADON

bit 7-6:**ADCS1:ADCS0**: bit de selección de reloj para el Convertidor A/D.

00 Fosc/2

01 Fosc /8

10 Fosc/32

11 F_{RC} (Procede del oscilador RC interno)

bit 5-3: **CH2:CH0**: bit de selección del canal analógico.

000 = Canal 0, (RA0/AN0)

001 = Canal 1, (RA1/AN1)

010 = Canal 2, (RA2/AN2)

011 = Canal 3, (RA3/AN3)

100 = Canal 4, (RA4/AN4)

101 = Canal 5, (RA5/AN5)

110 = Canal 6, (RA6/AN6)

111 = Canal 7, (RA7/AN7)

bit 2: **GO/DONE**. bit de estado de la conversión A/D.

Si ADON=1

1= La conversión A/D está en marcha (mientras está en 1 se está realizando la conversión).

0 = La conversión ha finalizado. (el bit se pone a cero automáticamente por hardware cuando la conversión A/D finaliza) el resultado de la conversión aparece en ADRESH:ADRESL.

bit 1: **No implementado**: Se lee como "0"

bit 0: **ADON**: bit de puesta en marcha

1 = El convertidor A/D está en operación.

0 = El convertidor A/D es bloqueado y no consume ninguna corriente que opera.

Registro ADCON1

Tabla 2.3 Bits de configuración del Registro ADCON1

U-0	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	---	---	---	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0

bit 7: **ADFM**: Selecciona el formato del resultado de la conversión A/D

1 = Pone en el registro **ADRESH** los seis bit de mayor peso a "0" (alineación a la derecha).

0 = Pone los 6 bit de menor peso del registro **ADRESL** a "0" (alineación a la izquierda).

Por lo tanto los 16 bits que forman el registro **ADRESH-ADRESL** con **ADFM=1** tiene los 6 bit de mayor peso a cero y con **ADFM=0** los 6 bit de menor peso están a cero.

bit 6-4: No implementados: Se leen como cero

bit 3-0: **PCFG3:PCFG0**: bits de configuración de los canales de entrada del convertidor A/D. Se utilizan para configurar las patillas como E/S digital o como entrada analógica de acuerdo con la siguiente tabla 2.4.

Tabla 2.4 Bits de configuración de los canales de entrada del convertidor A/D

PCFG3:	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0			CHAN/
PCFG0	RE2	RE1	RE0	RA5	RA3	RA2	RA1	RA0V	V _{REF+}	V _{REF-}	REFS
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	8/0
0001	A	A	A	A	V _{REF+}	A	A	A	RA3	V _{SS}	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	5/0
0011	D	D	D	A	V _{REF+}	A	A	A	RA3	V _{SS}	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	V _{DD}	V _{SS}	3/0
0101	D	D	D	D	V _{REF+}	D	A	A	RA3	V _{SS}	2/1
011X	D	D	D	D	D	D	D	D	V _{DD}	V _{SS}	0/0
1000	A	A	A	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	RA3	V _{SS}	6/0
1010	D	D	A	A	V _{REF+}	A	A	A	RA3	V _{SS}	5/1
1011	D	D	A	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	V _{DD}	V _{SS}	1/0
1111	D	D	D	D	V _{REF+}	V _{REF-}	D	A	RA3	RA2	½

A = Analog input D = Digital I/O

Los registros **ADRESH** : **ADRESL** contienen los 10 bits resultado de la conversión A/D. Cuando se completa la conversión A/D, el resultado se guarda en los registros y se pone a cero el bit **GO/DONE** y el flag de fin de conversión **ADIF (PIR1<6>)** se pone a 1.

Después de que el conversor A/D se ha configurado como se quiere, la selección del canal debe realizarse antes de hacer la adquisición. Los canales de entrada analógica deben tener los correspondientes bits del registro **TRIS** seleccionados como entradas.

Para realizar una conversión A/D deben seguirse los siguientes pasos:

1. Configurar el módulo conversor A/D.

- Configurar los pines que actúan como entradas analógicas, las señales que harán de tensión de referencia a las que trabajarán como E/S digitales (ADDCON1).
- Seleccionar el canal de entrada. A/D (ADCON0).
- Seleccionar la fuente de la señal de reloj para la conversión A/D (ADON0).
- Activar el módulo de conversión A/D (ADCON0)

2. Activar, si se desea, la interrupción del módulo conversor A/D.

- Poner a cero el bit ADIF.
- Poner a uno el bit ADIE.
- Poner a uno los bits habilitadores GIE y PEIE.

3. Esperar el tiempo requerido para la adquisición.

4. Inicio de la conversión.

- Pone en 1 el bit GO/#DONE (ADCON0).

5. Tiempo de espera para terminar la conversión A/D que puede detectarse por:

- Exploración de bit GO/#DONE , que al finalizar la conversión toma el valor "0".
- Esperar que se produzca una interrupción si se ha programado al finalizar la conversión.

- Aunque no se autorice la interrupción, el flag. ADIF se pone a “ 1 “ al finalizar la interrupción.
6. Leer el par de registros ADRESH : ADRESL donde se encuentran los 10 bits que resultan de la conversión y poner a cero el flag ADIF.
 7. Para una nueva conversión volver a los pasos 1 y 2, el tiempo de conversión por bit está definido por T_{AD} . Se exige un mínimo de $2 \cdot T_{AD}$ para realizar una nueva conversión.

2.4.2 MUESTREO DE LA SEÑAL.

En el muestreo de la señal se debe tomar en cuenta la frecuencia de muestreo, es decir determinar la velocidad a la que se producen las conversiones del ADC. Una frecuencia elevada proporcionará señales con una mayor calidad de definición en tiempo; al mismo tiempo aumentará el flujo de datos hacia la memoria de almacenamiento. Por tanto será necesario buscar un valor de compromiso que haga óptimo el funcionamiento del sistema. Es fundamental en toda adquisición de datos respetar el teorema de Nyquist para el muestreo.

El muestreo de la señal implica la pérdida de información respecto a la señal de entrada, ya que de un número infinito de valores posibles para la entrada sólo se tendrá un valor finito de valores posibles para la salida. Por tanto es fundamental saber cuántas muestras se debe tomar.

El muestreo de la señal se realiza a una frecuencia de 3000 muestras/segundo de esta manera se tendrá 50 datos para la reconstrucción de una onda (señal).

2.4.3 CONSIDERACIONES GENERALES DE LA DIGITALIZACIÓN DE DATOS.

Se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones en la adquisición de datos para tener un criterio de valoración de la efectividad de la digitalización.

2.4.3.1 RESOLUCIÓN Y NÚMEROS DE BITS.

La resolución indica el número de bits que utiliza el conversor ADC para cuantificar los niveles de la señal analógica. Cuanto mayor sea el número de bits del ADC mayor será el número de niveles de la señal que se puede representar.

La resolución que tiene cada bit procedente de la conversión tiene un valor que está en función de la tensión de referencia con la fórmula siguiente:

$$resolución = (Vref_+ - Vref_-) / 1024 \quad (ec\ 2.3)$$

Para este caso se tiene los siguientes voltajes de referencia: $Vref_+ = 5Vdc$ y $Vref_- = 0Vdc$ (tierra) la resolución es de $4.8mV/bit$. Por tanto a la entrada analógica de $0V$ le corresponde una digital de $00\ 0000\ 0000$ y para la entrada de $5V$ una de $11\ 1111\ 1111$.

CAPÍTULO III

HARDWARE PARA LA ADQUISICIÓN Y TRANSMISIÓN DE DATOS

3.1 GENERALIDADES.

Para poder adquirir los datos ya sea en la memoria o transmitir los datos al computador es necesario convertir las señales analógicas en palabras digitales para que el computador las pueda entender.

Existen en el mercado algunos circuitos integrados que permiten digitalizar señales analógicas, pero pocos son los circuitos integrados que a más de la digitalización permiten la transmisión de los datos a periféricos externos.

3.2 HARDWARE PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS.

Dentro del hardware para la adquisición de datos se tiene el diagrama de bloques que se indica en la figura 3.1.

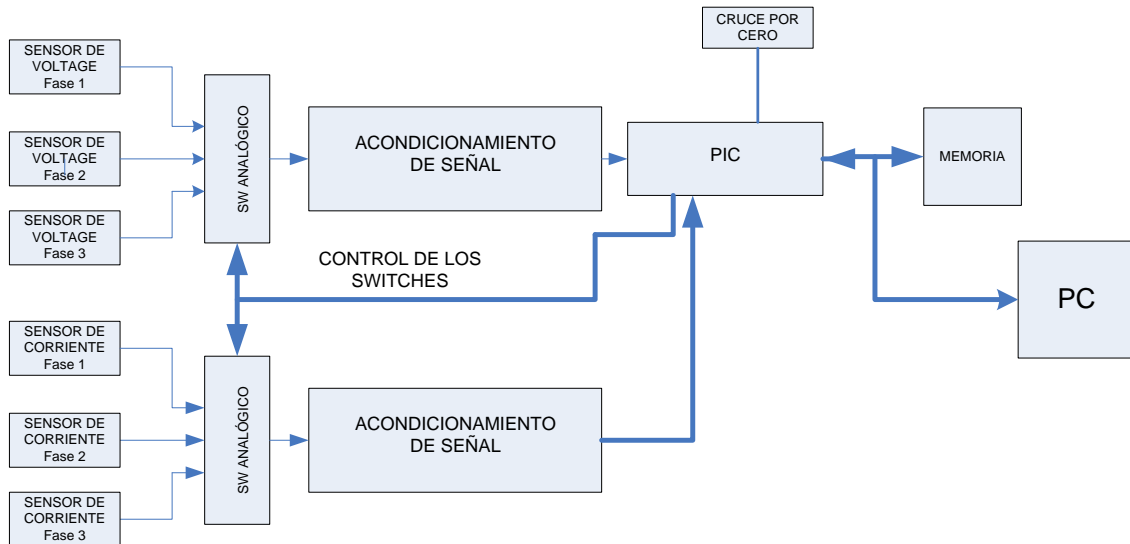


Figura 3.1 Diagrama de bloques del hardware de adquisición de datos.

Dentro del hardware para la adquisición de datos están los sensores, los switches analógicos, los acondicionamientos de señales, el PIC y las memorias.

El circuito encargado de realizar la conversión analógica – digital es un PIC cuya numeración es 18F452, además es el encargado de transmitir los datos a la memoria y al computador para su respectivo análisis. Se selecciona este PIC debido a su velocidad de funcionamiento, capacidad de almacenamiento en la memoria de datos, factibilidad de comunicación con dispositivos periféricos y por poseer el bus I2C.

Figura 3.2 Distribución de los pines del C.I. 4066.

El switch analógico es manejado por el PIC, ya que éste es quien le indica que señales tiene que dejar pasar y en que orden.

3.4 PIC 18F452.

El microcontrolador utilizado para este proyecto es el PIC 18F452, es de la gama alta y presenta las siguientes características:

- El código de la fuente es compatible con el PIC16 y los PIC17.
- La capacidad de la memoria de programa es de 32 Kbytes.
- La capacidad de la memoria de datos es de 1.5 Kbytes.
- Puede trabajar hasta una frecuencia de 40MHz.
- Posee interrupciones por prioridad de niveles.
- Corriente de consumo 25mA.
- Posee 40 pines.
 - Tres pines para interrupciones externas.
 - Tiene 4 puertos.
 - Pines para la comunicación serie.
 - Pines para la comunicación I²C.
 - 2 Pines para la entrada del oscilador.
 - Pines de polarización.
- UART, adaptador de comunicación serie asíncrona.
- USART, adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona
- Puerta paralela esclava para poder conectarse con los buses de otros microprocesadores.
- USB (Universal Serial Bus), que es un moderno bus serie para los PC.
- Bus I2C, que es un interfaz serie de dos hilos desarrollado por Philips.

- Tiene 2 módulos PWM.
- Dispone de 5 canales para la digitalización.

La disposición de los pines se muestra en la figura 3.3

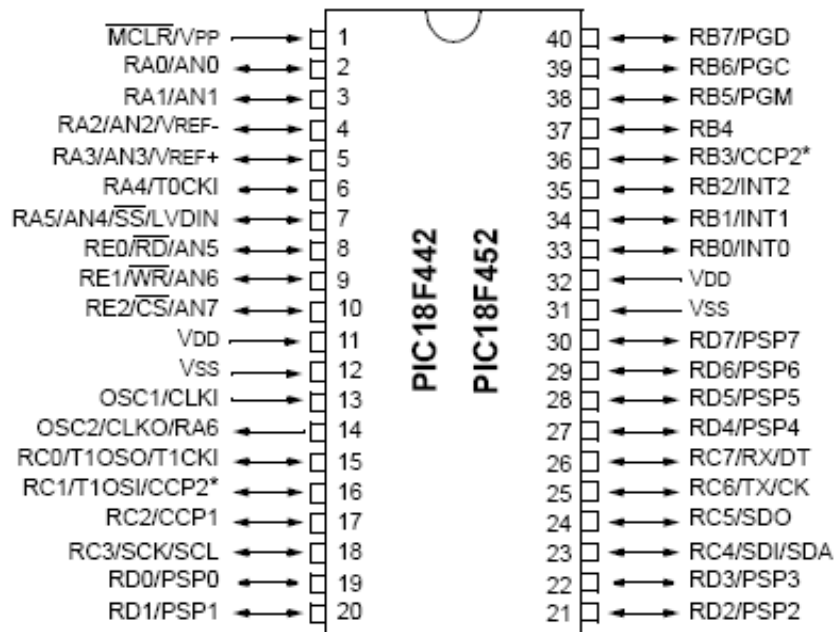


Figura 3.3. Diagrama de pines del PIC 18F452.

En el pin 2 (RA0/AN0) se recibe la señal del acondicionamiento de voltaje y en el pin 3 (RA1/AN1) del acondicionamiento de corriente ya que estas entradas son analógicas. Los pines 8,9,10 (RE0,RE1,RE2) que corresponden al puerto E se utilizan para el control de los Switchs Analógicos (4066). El pin 13 y 14 (OSC1 y OSC2) se utiliza para el oscilador con su respectiva configuración (figura 3.4). El Pin 18 y 23 (SCL y SDA) se utiliza para comunicación con las memorias. El Pin 26 y 25 (RC6/TX y RC7/RX) se utiliza para la transmisión y recepción serie. El Pin 33 (RB0/IN0) es una entrada externa utilizada para la sincronización en la toma de las señales, esta entrada es tomada del cruce por cero. Los Pines que corresponden al puerto D son utilizadas para indicadores (leds) que indican cuando el dispositivo está

trabajando on-line o está guardando datos en las memorias. Los pines del 37 – 40 pertenecientes al puerto B son utilizados para interrupciones externas.

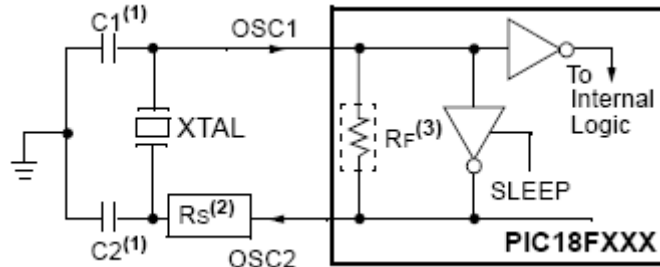


Figura 3.4 Configuración del Oscilador.

3.5 MEMORIA 24C1024.

La memoria 24C1024 proporciona 1.048.576 bits (una localidad por bit) que son eléctricamente programables y borrables. La memoria está organizada en 131.072 bloques de 8 localidades cada uno. Esta memoria permite la conexión en cascada de hasta 2 dispositivos, es decir comparte una sola línea de bus entre dos dispositivos.

Esta memoria se usa en muchas aplicaciones industriales y comerciales dónde el bajo consumo de energía y su funcionamiento rápido son esenciales. Presentan las siguientes características:

- Funcionamiento a bajo Voltaje ($VCC = 2.7V$ a $5.5V$)
- Organización Interna 131,072 bloque por 8 localidades.
- Necesita únicamente dos alambres para la comunicación serie entre los dispositivos con los cuales se vaya a comunicar.
- Posee las entradas filtradas para la supresión del ruido.
- La comunicación es bidireccional
- Trabaja a una velocidad de 400 kHz a 2.7V y 1 MHz a 5V.

- Posee en el hardware un pin que es de protección de escritura.

- Alta fiabilidad.
 - Retención de los datos hasta 40 años
 - Permite sea regrabada hasta 100.000 veces.

La distribución de sus pines es la siguiente: (Ver figura 3.5)

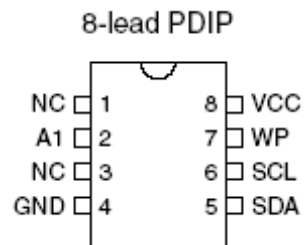


Figura 3.5 Distribución de pines de la memoria 24C1024.

A1	Entrada de la dirección.
SDA	Datos.
SCL	Entrada del reloj.
WP	Protección de escritura.
NC	No conectado.
VCC	Polarización positiva (5V)
GND	Tierra

La comunicación entre las memorias y el PIC se realiza mediante el Bus I²C.

3.5.1 EL BUS I²C (Inter IC).

El bus I²C es una interface serial de dos alambres desarrollada por la Corporación Philips[®]. La especificación original, o modo de estándar, fue para transferencia de datos de hasta 100 Kbps. La especificación mejorada (modo rápido) está también implementada en el PIC. La comunicación entre dispositivos se puede realizar en el modo estándar y en el modo rápido si los dispositivos están unidos al mismo bus. El reloj (clock) determinará la velocidad de los datos. La interfase I²C emplea un protocolo amplio para asegurar una transmisión y recepción de datos fiable.

Este bus está orientado a las aplicaciones de 8-bit controladas por un microprocesador y los criterios que se deben establecer, son los siguientes:

- El sistema debe constar de al menos un microcontrolador y varios sistemas periféricos como memorias o circuitos diversos
- El costo de conexión entre los varios dispositivos del sistema debe ser el mínimo.
- El sistema que utiliza este Bus no requiere una alta tasa de transferencia de datos
- La total eficacia del sistema depende de la correcta selección de la naturaleza de los dispositivos y de la interconexión de la estructura del bus.

El concepto del Bus I²C.

El bus I²C soporta cualquier tipo de componente (NMOS, CMOS, bipolar, etc.), dos hilos físicos, uno de datos (SDA) y otro de reloj (SCL), transportan la información entre los diversos dispositivos conectados al bus.

Cada dispositivo es reconocido por una única dirección (si es un microcontrolador, LCD, memoria o teclado) y puede operar cualquiera como transmisor o emisor de datos,

dependiendo de la función del dispositivo. Un display es solo un receptor de datos mientras que una memoria recibe y transmite datos.

En función de que envíe o reciba datos se debe considerar los dispositivos como Maestros (Master) o esclavos (Slaves).

Para imaginar la imagen del Bus, son dos cables a los que se conectan diversos circuitos o chips en cantidad variable según las necesidades, controlado el conjunto por uno o más microcontroladores que dan instrucciones para el buen funcionamiento del conjunto.

La posibilidad de conectar más de un microcontrolador al Bus significa que uno o más microcontroladores pueden iniciar el envío de datos al mismo tiempo.

La generación de señales de reloj (SCL) es siempre responsabilidad de los dispositivos maestros, cada maestro genera su propia señal de reloj cuando envía datos al bus, las señales de reloj de un master solo pueden ser alteradas cuando la línea de reloj sufre una caída por un dispositivo esclavo o por el dominio del control del bus por el arbitraje de otro microcontrolador.

Los dispositivos conectados al bus deben ser de colector abierto o drenaje abierto ("en paralelo"), así los estados de salida de las líneas de reloj (SCL) y dato (SDA) desempeñan la función de "AND cableado" del bus.

Durante el tiempo en que no hay transferencia de datos (tiempo inactivo), tanto la línea del reloj (SCL) como la línea de datos (SDA) son colocadas en nivel alto a través de resistencias externas pull-up.

La única limitación en la conexión de dispositivos al bus depende de la capacitancia máxima que no puede superar los 400 pF. Los tipos de transferencia de datos en el bus son:

- Modo Estándar aproximadamente a 100 kBits/Sg.
- Modo Rápido aproximadamente a 400kbits/Sg.
- Modo Alta velocidad a más de 3,4 Mbits/Sg.

Condiciones de START y STOP:

Antes de que se establezca un intercambio de datos entre el circuito Maestro y los Esclavos, el maestro debe informar el comienzo de la comunicación (condición de Start): la línea SDA cae a cero mientras SCL permanece en nivel alto. A partir de este momento comienza la transferencia de datos. Una vez finalizada la comunicación se debe informar de esta situación (condición de Stop). La línea SDA pasa a nivel alto mientras SCL permanece en estado alto. Ver Figura 3.6

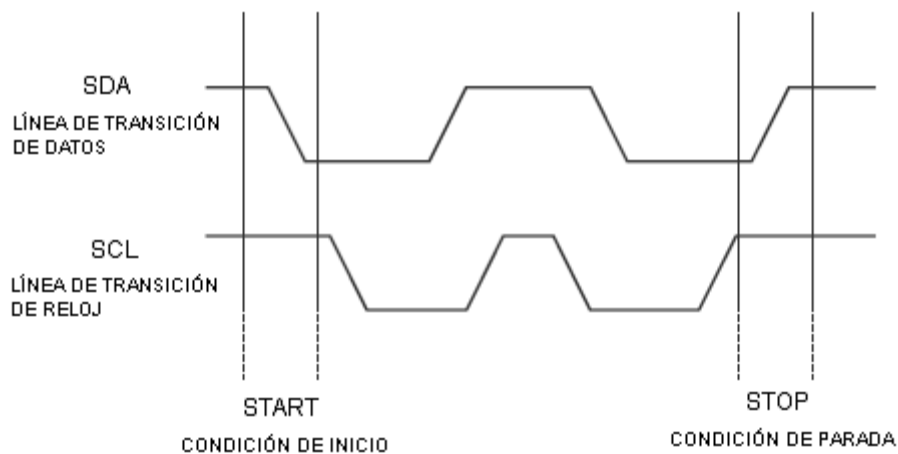


Figura 3.6 Condición de Start y Stop.

Transferencia de datos:

El Maestro genera la condición de Start (Inicio). Cada palabra puesta en el bus SDA debe tener 8 bits, la primera palabra transferida contiene la dirección del esclavo seleccionado. Luego el maestro lee el estado de la línea SDA, si vale 0 (impuesto por el esclavo), el proceso de transferencia continúa. Si vale 1, indica que el circuito direccionado no valida la comunicación, entonces, el maestro genera un bit de stop para liberar el bus I2C.

Este estado de recibo se denomina ACK (acknowledge) y es una parte importante del protocolo I²C. Al final de la transmisión, el maestro genera la condición de Stop y libera el bus I2C, las líneas SDA y SCL pasan a estado alto.

Cada dato que se envía por SDA está formado por 8 bits. Figura 3.7.

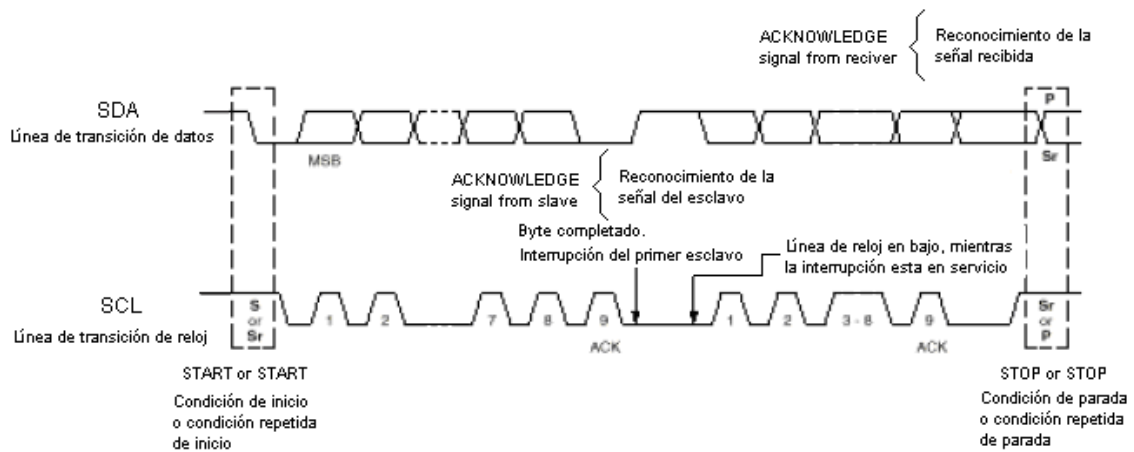


Figura 3.7. Secuencia de Transmisión.

Tras cada bloque debe recibirse una señal de reconocimiento, según se indica en la figura 3.8.

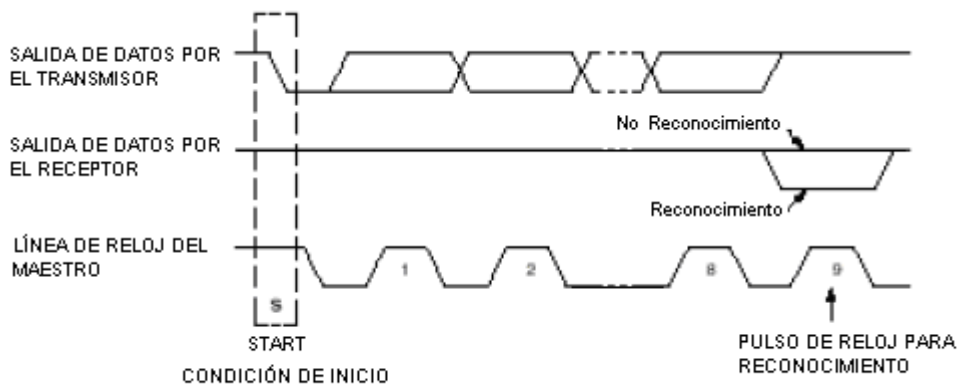


Figura 3.8. Señal de reconocimiento.

3.5.2 SECUENCIA DE LECTURA Y ESCRITURA DEL PIC EN LAS MEMORIAS.

SECUENCIA DE ESCRITURA.

Para escribir datos en la memoria, el PIC envía una palabra que consta de las siguientes partes:

1. Envía la dirección del dispositivo tal como se muestra en la figura 3.8. El bit 5 (A1) cuando está en "1" indica que está trabajando como esclavo y en "0" como maestro, el bit 6 (P0) es utilizado cuando se va a escribir un dato mayor a un byte y habrá que ponerle en "0" para que realice el salto de página correspondiente, el bit 7 (R/W) se pondrá en "0" cuando se vaya a leer el dispositivo y en "1" cuando se vaya a escribir.

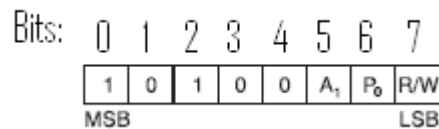


Figura 3.9 Dirección que envía el PIC.

2. Después de que el PIC haya enviado la dirección del dispositivo, éste envía un ACK indicando que procederá a enviar la dirección de la localidad en la cual quiere que se guarden los datos, ésta dirección consta de una parte alta y una baja tal como se indica en la figura 3.9. Entre la parte alta y baja de la dirección también se envía un ACK, y por último se envía los datos y la condición de parada. Cuando se va a escribir más de 8 bits es decir se va a escribir en otra página, no envía el reconocimiento (AKC).

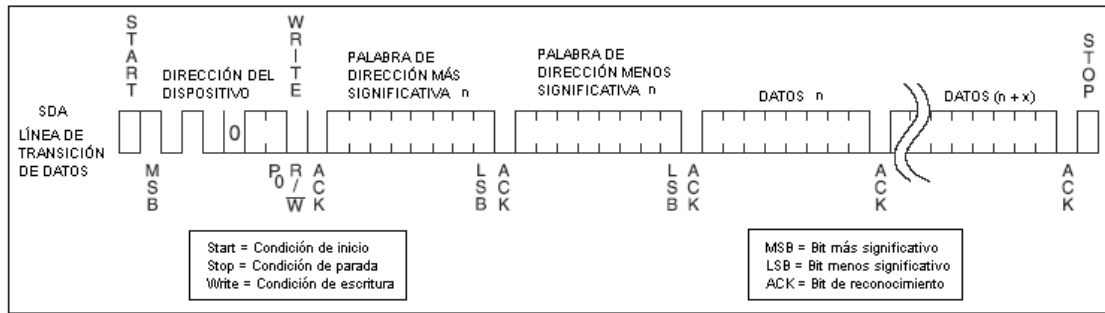


Figura 3.10 Secuencia de escritura en una memoria

SECUENCIA DE LECTURA.

La Secuencial de lectura se debe empezar por una dirección actual leída o una dirección aleatoria. Después de que el microcontrolador recibe una palabra de datos, responde con un bit de reconocimiento. Con tal de que la EEPROM reciba el reconocimiento, continuará incrementando los datos y formulando la dirección. Cuando ha llegado al límite de dirección de memoria, se reinicia la dirección y la memoria volverá a enviar los mismos datos. El funcionamiento leído secuencial se termina cuando el microcontrolador responda con un "1", pero genera una condición de parada (Ver figura 3.11).

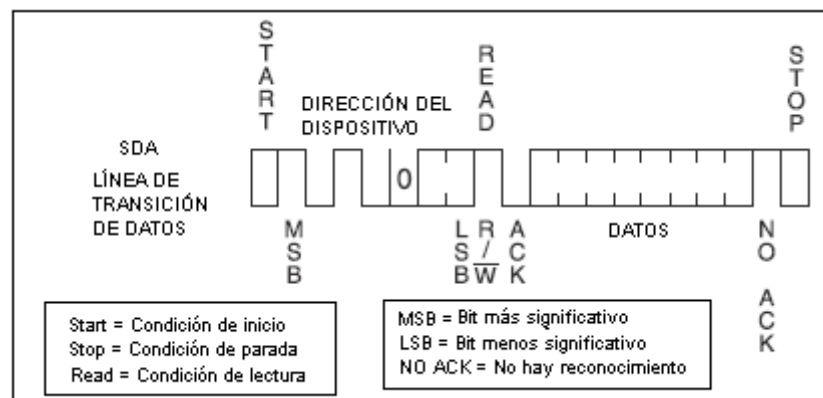


Figura 3.11 Secuencia de lectura

3.6 MAX 232

El MAX232 se utiliza para cambiar los niveles TTL al estándar RS 232. La salida del PIC es TTL, es decir sus niveles de tensión son 5V en "1" y 0V en "0". El [MAX232](#) dispone internamente de 4 convertidores de niveles TTL al bus estándar RS 232 y viceversa para la comunicación serie. El circuito integrado lleva internamente 2 convertidores de nivel de TTL a RS 232 y otros 2 de RS 232 a TTL con lo que en total se podrá manejar 4 señales del puerto serie del PC. Por lo general las más usadas son; TX, RX, RTS, CTS, estas dos últimas se utilizará para el handshaking pero no es imprescindible su uso. Para que el MAX232 funcione correctamente se debe poner unos condensadores externos, todo esto se puede ver en la figura 3.12 en la que solo se han cableado las líneas TX y RX que son las más usadas para cualquier aplicación.

El circuito típico se muestra en la figura 3.12.

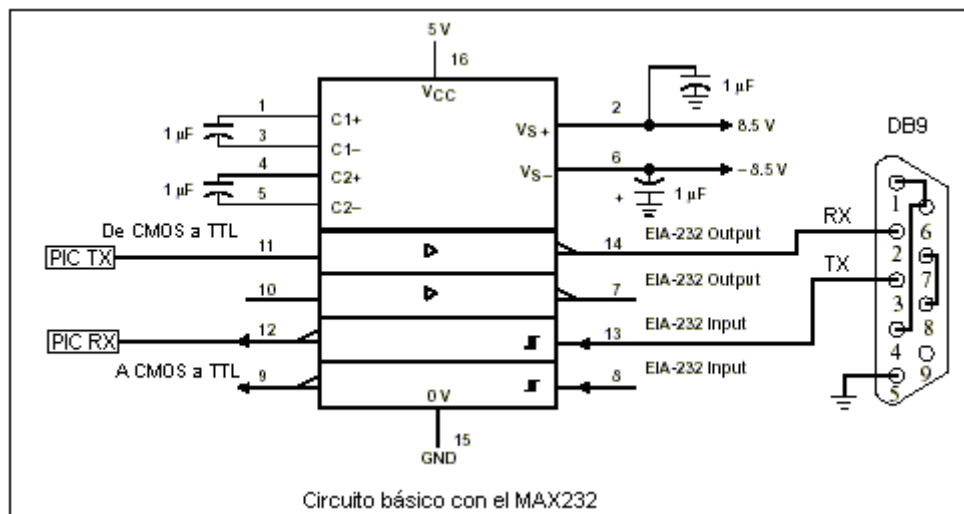


Figura 3.12 Circuito básico con el MAX232

En la figura 3.13 se presenta la distribución de pines del circuito integrado MAX232.

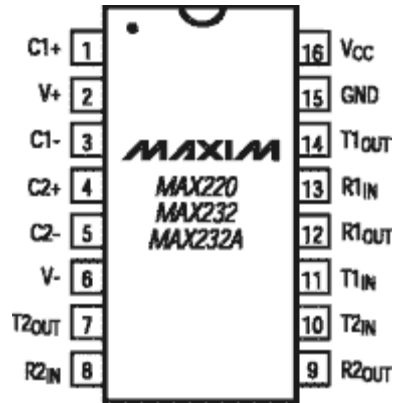


Figura 3.13 Distribución de pines del MAX232.

El MAX232 convierte los niveles RS-232 (cerca de +10 y -10 V) a voltaje TTL (0 a +5 V) y viceversa sin requerir nada más que una fuente de +5 V. El chip contiene dos drivers TTL → RS-232 y dos RS-232 → TTL y necesita cuatro condensadores externos de 1uF para generar el voltaje RS-232 internamente.

La conexión I/O es de tipo half-duplex bidireccional asíncrona con nivel TTL de puerto serial.

CAPÍTULO IV

SOFTWARE PARA LA ADQUISICIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

4.1 GENERALIDADES.

Hasta hace poco la tarea de construcción de un instrumento virtual se llevaba a cabo con paquetes de software que ofrecían una serie de facilidades, sin embargo el cuerpo del programa seguía basado en texto lo que suponía mucho tiempo invertido en detalles de programación que nada tiene que ver con la finalidad de un VI. Con la llegada del software de programación gráfica LabVIEW de National Instruments, Visual Designer de Burr Brown o VEE de Hewlett Packard, el proceso de creación de un VI se ha simplificado notablemente, minimizándose el tiempo de desarrollo de las aplicaciones.

LabVIEW es un programa adecuado para la adquisición de datos. Su interfase gráfica ofrece una gran potencia de visualización de señales y dispone de librerías de procesado para el tratamiento de las señales adquiridas. Para que todo esto sea posible, Labview ofrece una librería que facilita la adquisición de los datos vía serie volviéndose este programa una herramienta de trabajo muy fácil y que posee una mayor flexibilidad.

Labview es una herramienta que tiene bastante aplicación en el análisis de datos, se puede decir que dentro de las funciones básicas: adquisición, análisis y presentación, el análisis de datos es la más importante y la más robusta. Desde luego siempre lo que se desea es analizar variables reales, como la temperatura, la velocidad, entre otras; por lo tanto es necesario convertir esas variaciones a algo que el computador pueda procesar, las tarjetas de adquisición realizan esa labor y la interfaz tiene la función de presentar esos datos ya analizados y procesados. El análisis de datos se convierte por lo tanto en una de las potencialidades de Labview ya que se pueden manejar mas fácilmente las señales que se quieren analizar, ya sea análoga o digital (o también podría ser una imagen), como por ejemplo aplicarle un algoritmo que simule la transformada de Fourier y obtener la respuesta de manera inmediata. Como muchas de las funciones utilizadas para el procesamiento digital de señales ya están prediseñadas, el problema de construir algoritmos se reduce solo a saber aplicarlos.

4.2 OPERACIÓN de LabVIEW.⁶

Cuando se crea un VI en LabVIEW se trabaja con dos ventanas: Una en la que se implementará el panel frontal (figura 4.1) y la otra que soportará el nivel de programación (figura 4.2). Para la creación del panel frontal se dispone de una librería de controles e indicadores de todo tipo y la posibilidad de crear más, diseñados por el propio usuario.

⁶LÁZARO, Antonio. Programación gráfica para el control de instrumentación. Pág. 3

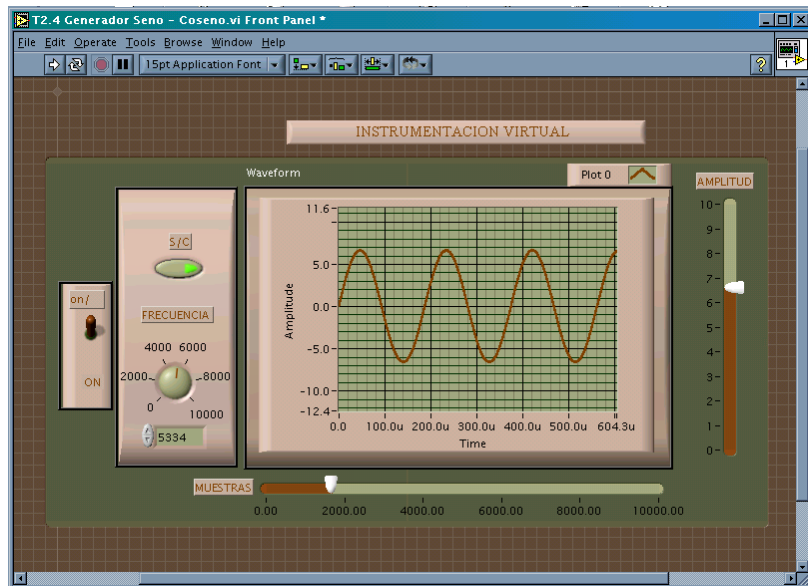


Figura 4.1. Panel Frontal de un instrumento Virtual.

Cuando un control es “pegado” desde la librería de un panel frontal se acaba de crear una variable cuyos valores vendrán determinados para que el usuario ajuste desde el panel frontal; inmediatamente, aparece un terminal en la ventana de programación representándolo. El nivel de programación del VI consistirá en conectar estos terminales a bloques funcionales (por ejemplo, un comparador), hasta obtener un resultado que se desea visualizar, por ejemplo un led de alarma. Los bloques funcionales son iconos con entradas y salidas que se conectan entre sí mediante cables ficticios por donde fluyen los datos, constituyendo el nivel de programación del VI.

Se puede comparar la ventana de programación con una placa de circuito impreso, donde los terminales del panel frontal se cablean a bloques funcionales (circuito integrado) que se interconecta para generar los datos que se desean visualizar. A su vez estos circuitos integrados contienen bloques circuitales conectados entre si, al igual que un icono está formado por la interconexión de otros iconos. La programación gráfica permite diseñar un VI de manera intuitiva, vertiendo las ideas directamente a un diagrama de bloques, como se haría en una pizarra.

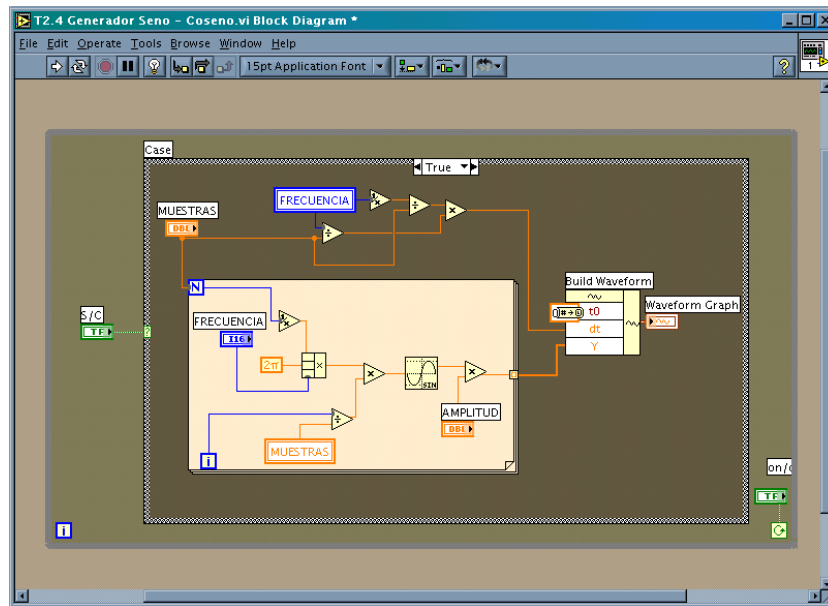


Figura 4.2. Diagrama de bloques de un Instrumento Virtual.

Las funciones pueden ser VIs prediseñados y que pueden ser reutilizados en cualquier aplicación, estos bloques funcionales constan de entradas y salidas, igual que en un lenguaje de programación estándar las funciones procesan las entradas y entregan una o varias salidas, estos VI pueden también estar conformados de otros subVIs y así sucesivamente, de esta forma se pueden representar como un árbol genealógico donde un VI se relaciona o depende de varios SubVIs. Labview tiene VIs de adquisición de datos e imágenes, de comunicaciones, de procesamiento digital de señales, de funciones matemáticas simples, hasta funciones que utilizan otros programas como Matlab o HiQ para resolver problemas, otras más complejas como "nodos de fórmula" que se utilizan para la resolución de ecuaciones editando directamente éstas como en lenguajes de programación tradicionales y definiendo las entradas y las salidas.

4.2.1 MENÚS DE LabVIEW.

La programación en LabVIEW obliga a utilizar con frecuencia los diferentes menús. La barra de menús de la parte superior de la ventana de un VI contiene diversos menús pull-down (desplegables). Cuando se hace clic sobre un ítem o elemento de esta barra, aparece un menú por debajo de ella. Dicho menú contiene elementos comunes a otras aplicaciones de Windows como Open (Abrir), Save (Guardar), Paste (Pegar), y muchas otras particulares de LabVIEW. La figura 4.3 muestra la barra de menús cuando la ventana Panel está activa. El menú Functions (Funciones) reemplaza al Controls (Controles) cuando la ventana Diagrams (Diagramas) esta abierta.

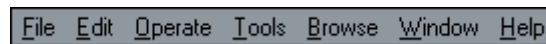


Figura 4.3. Barra de menús.

4.2.1.1 USO DE LOS MODOS EDIT (EDICIÓN) Y RUN (EJECUCIÓN).

Se puede crear o cambiar un VI cuando éste está en el modo Edit. En él, las herramientas de edición se habilitan en la paleta del modo Edit, por debajo de la barra del menú de ventana, como se indica en la figura 4.4.



Figura 4.4. Barra de menú.

Si lo que se quiere es ejecutar el VI desde el modo Edit sin pasar al modo RUN. Se hace clic sobre la flecha de ejecución. Si fuese necesario, LabVIEW cumpliría primero el VI, después conmuta al modo RUN, ejecuta el VI y vuelve al modo Edit una vez que el VI se ha ejecutado.

4.2.1.2 CREACIÓN DE OBJETOS.

Para elaborar el panel frontal se sitúa sobre él los objetos deseados mediante su selección desde el menú Controls. Se crea objetos sobre el diagrama de bloques seleccionándolos desde el menú Funcions (Ver Figura 4.5).

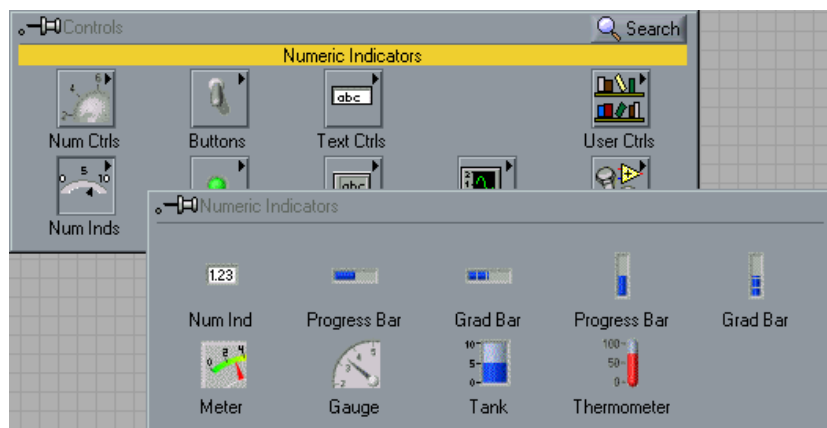









Figura 4.5 Menú de Funciones.




Cuando se crea un objeto sobre el panel frontal, al mismo tiempo se crea el terminal correspondiente sobre el diagrama de bloques. Este terminal se usa tanto para leer datos desde un control como para enviarlos a un indicador.

4.2.1.3 HERRAMIENTAS DE LabVIEW .

Una herramienta es un modo de funcionamiento especial del ratón. Se las usa para llevar a cabo funciones específicas de edición o ejecución.

- **Operate Value**  (Valor Operativo) maneja los controles del panel frontal (y los indicadores en el modo **Edit**). Es la única herramienta disponible en el modo **Run**.
- **Position/Size/Select**  (Situación/Tamaño / Selección) selecciona, mueve y redimensiona objetos.
- **Edit Text**  (Edición de Texto) (Etiquetado) crea y edita textos.
- **Connect Wire**  (Conexión de Cables) (Cableado) enlaza objetos del diagrama de bloques y asigna a los terminales del conector del Vi los controles e indicadores del panel frontal.
- **Object Popup**  (Menú pop-up del objeto) M. Función nueva. Despliega el menú pop-up asociado al objeto. Tiene el mismo efecto que si se pulsa el botón derecho del ratón sobre el objeto.
- **Scroll Window**  (Desplazamiento de la pantalla) IJ. Función nueva. Desplaza la pantalla en la dirección que se desea ver posibles zonas ocultas.
- **Set/Clear Breakpoint**  (Establecer/Quitar puntos de ruptura). Permite poner puntos de ruptura a lo largo del diagrama de bloques. Cuando

durante la ejecución se llega a uno de ellos, LabVIEW conmuta automáticamente al diagrama de bloques. Se usa esta misma herramienta para quitar los puntos.

- **Probe Data**  (Sonda de datos). Es una herramienta que se utiliza para comprobar los valores intermedios dentro de un VI.
- **Get Color**  (Capturar color) . Permite saber de manera específica que color tiene un objeto, texto u otros elementos.
- **Set Color**  (Colorear). Colorea diversos objetos y los fondos.

4.2.2 PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA.⁷

A la hora de programar, muchas veces es necesario ejecutar un mismo conjunto de sentencias un número determinado de veces, o que éstas se repitan mientras se cumplan ciertas condiciones. También puede ocurrir que se quiera ejecutar una u otra sentencia dependiendo de las condiciones fijadas o simplemente forzar que unas se ejecuten siempre antes que otras. El objetivo consiste en obtener programas lo más claros, simples y fiables posible.

Un criterio que se puede aplicar consiste en intentar que el texto del programa (estructura estática) dé una idea clara de la evolución seguida por el programa cuando se ejecuta (estructura dinámica).

A tal fin se limitará el conjunto de estructuras a:

- Secuencial

⁷ LÁZARO, Antonio. Programación gráfica para el control de instrumentación. Pág. 13

- Condicional
- Iterativa

Para ello, LabVIEW dispone de cuatro estructuras fácilmente diferenciables por su apariencia y disponibles en la opción Structures (Estructuras) del menú Function de la ventana Diagram (Ver Figura 4.6):

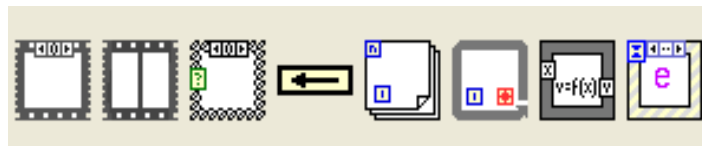


Figura 4.6 Menú de Funciones de la ventana de diagrama.

LA ESTRUCTURA REPETITIVA O ITERATIVA.

Dentro de estas estructuras se tiene:

FOR LOOP Y WHILE LOOP

Son acciones que implican la repetición sistemática de un proceso, pero existen diferencias entre ellas.

FORLOOP



Se usa **For Loop** cuando se quiere que una operación se repita un número determinado de veces. Su equivalente en lenguaje convencional es:

For i = 0 to N-1

Ejecuta subdiagrama

WHILE LOOP



Se utiliza **While Loop** cuando se quiere que una operación se repita mientras una determinada condición sea cierta. Su equivalente en lenguaje convencional es:

Do ejecutar subdiagrama

While condición is **TRUE**

ESTRUCTURAS CASE Y SEQUENCE

Un proceso será secuencial cuando conste de una serie de acciones elementales que se ejecutarán en el orden que se ha escrito.

Este tipo de estructuras se diferencia de las iterativas en que puede tener múltiples subdiagramas, de los cuales solamente uno es visible a la vez. En la parte superior de

cada estructura existe una pequeña ventana que muestra el identificador del subdiagrama que se está mostrando. A ambos lados de esta ventana existen dos botones que decrementan o incrementan el identificador de forma se pueda ver el resto de subdiagramas.

SEQUENCE



Esta estructura no tiene su homóloga en los diferentes lenguajes convencionales, ya que en éstos las sentencias se ejecutan en el orden de aparición pero, en LabVIEW una función se ejecuta cuando tiene disponible todos los datos de entrada. Se produce de esta manera una dependencia de datos que hace que la función que recibe un dato directa o indirectamente de otra se ejecute siempre después, creándose un flujo de programa.

Estructura Condicional

La Estructura Condicional se la emplea cuando dos acciones alternativas y excluyentes dependen de una condición.

La condicional múltiple puede ser generada a partir de IF encadenado o mediante la instrucción CASE

La variable selectora debe ser un tipo ordinal (cada elemento tiene sucesor y predecesor y sólo uno).

CASE



La estructura Case consta de un terminal llamado selector y un conjunto de subdiagramas, cada uno de los cuales está dentro de un case o suceso y etiquetado por un identificador del mismo tipo que el selector; éste será booleano o numérico. Si se conecta un valor booleano al selector, la estructura tendrá dos Case: False y True. Pero si se conecta un valor numérico la estructura podrá tener hasta 214 Case.

FORMULA NODE



Es una función de características similares a las estructuras vistas anteriormente, disponible en la paleta Structs & Constants del menú Functions, pero que, en lugar de contener un subdiagrama, contiene una o más fórmulas separadas por un punto y coma. Se usará Formula Node cuando se ejecute fórmulas matemáticas que serían complicadas de crear utilizando las diferentes herramientas matemáticas que LabVIEW incorpora en sus librerías. Una vez escrita la fórmula en el interior del rectángulo sólo hay que añadir los terminales que harán la función de variables de entrada o de salida; para ello se desplegará el menú pop-up de la estructura y se ejecutará el comando Add Input (añadir entrada) o Add Output (añadir salida).

VARIABLES LOCALES Y GLOBALES

Las variables son imprescindibles en cualquier tipo de problemas, ya que permiten almacenar la información necesaria para su resolución.

En LabVIEW todos los controles introducidos en el Panel Frontal que generan un terminal en la ventana Diagrama van a ser variables, identificadas por el nombre

asignado en la etiqueta. Pero puede ocurrir que se quiera utilizar el valor de cierta variable en otro subdiagrama o en otro Vi o, simplemente, que quiera guardar un resultado intermedio. La forma mas sencilla de hacerlo es generando variables locales y/o globales dependiendo de la aplicación.

VARIABLES LOCALES

En las variables locales los datos se almacenan en algunos de los controles o indicadores existentes en el Panel Frontal del VI creado; es por eso que estas variables no sirven para intercambiar datos entre VI's. La principal utilidad de estas variables radica en el hecho de que una vez creada la variable local no importa que proceda de un indicador o de un control, ya que se podrá utilizar en un mismo Diagrama tanto de entrada como de salida.

VARIABLES GLOBALES

Las variables globales son un tipo especial de VI, que únicamente se dispone en Panel Frontal, en el cual se define el tipo de dato de la variable y el nombre de identificación imprescindible para después referirse a ella.

4.3 DESARROLLO DE LA INTERFAZ GRÁFICA.

LabView es un sistema de programación de propósito general, pero también incluye librerías de funciones y herramientas de desarrollo diseñadas específicamente para adquisición de datos y control de instrumentos.

4.3.1 ADQUISICIÓN DE DATOS.

Labview, como su nombre lo indica es un lenguaje que se enfoca hacia el laboratorio, la realización de mediciones y por lo tanto la adquisición y análisis de datos. Mediante el uso de un microcontrolador se obtendrán las señales digitalizadas para su respectivo análisis.

La adquisición se realiza mediante el puerto serie, usando el estándar RS-232. Se transmite la información por un puerto que puede ser el COM1 o el COM2, de forma serial, o sea a través de un solo cable, y cada bit pasa uno tras otro a alta velocidad. Para la comunicación entre computadores se establece un protocolo común para que la información sea entendida por ambos. Se debe definir el tamaño del BUFFER para almacenar datos mientras se realiza la comunicación. También se debe definir si se utiliza Handshaking, el cual consiste en que el que recibe, cuando tenga lleno el buffer de información mande una instrucción (Si es por software es un comando y si es por hardware por una línea) para detener la transmisión, y otra para reanudar la transmisión de información.

El RS-232 está definido en las especificaciones ANSI (American National Standard Institution) como la interfase entre un equipo terminal de datos y un equipo de comunicación de datos empleando un intercambio en modo serie de datos binarios.

Normalmente los dispositivos que intervienen en una comunicación serie son el equipo Terminal de Datos (ETD) que es la PC, y el equipo de Comunicación de Datos (ECD) en este caso el registrador.

Las características principales que definen el estándar RS-232 son:

- Velocidad máxima de transmisión de datos: 20 Kbits por segundo (kbps).

- Capacidad de carga máxima: 2500 pF. Esto se traduce en una longitud máxima de cable entre el PC y el periférico de 15 a 20 metros

4.3.2 INICIALIZACIÓN DEL PUERTO DE COMUNICACIÓN.

Labview permite inicializar el puerto por el cual se vaya a comunicar con el hardware con el siguiente ícono (Ver figura 4.7):

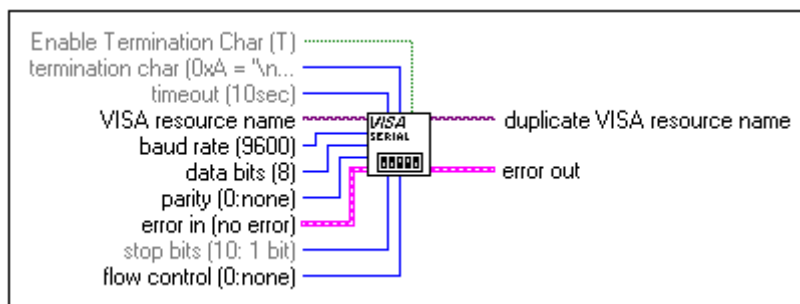


Figura 4.7 Ícono de inicialización del puerto serie.

En éste ícono se definirán los parámetros con los cuales se va a efectuar la comunicación, entre estos se tiene:

- VISA resource name = nombre de la fuente.
- buffer size = tamaño del buffer.
- baud rate (9600) = velocidad de transmisión.
- data bits = bits de datos.

- port number = número de puerto por el cual se va a transmitir o recibir los datos.
- parity = paridad.
- stop bit = bit de parada.
- flow control = control de flujo.
- duplicate VISA resource name = duplicado del nombre de la fuente.
- error out = salida de error.

Una vez inicializado el puerto, se toman los datos del buffer mediante el ícono que se indica (Ver figura 4.8):

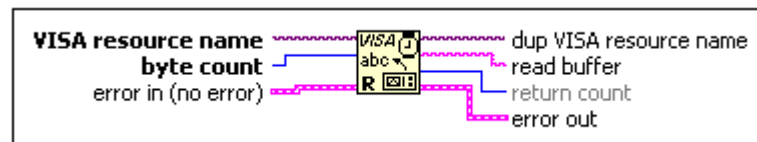


Figura 4.8 Ícono para leer el buffer.

En este icono se especifica el nombre de la fuente del cual se van a tomar los datos y si existe algún error, este icono permite detectar al mismo.

Si se quiere escribir en el puerto, se utiliza el siguiente icono (Ver figura 4.9).

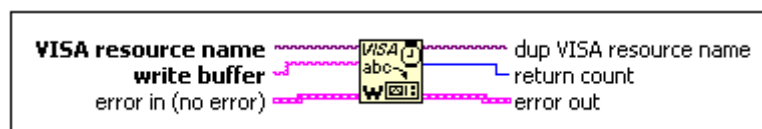


Figura 4.9 Ícono para escribir en el buffer.

En este ícono se pondrá la dirección en donde se quiere escribir, igual que en el caso anterior si existe algún error, la función indicará al mismo.

4.3.3 FUNCIONES QUE SE UTILIZAN EN EL ANÁLISIS DE LOS DATOS.

Los datos que se obtienen son de tipo string, es decir una cadena de caracteres. Para el análisis de los datos hay que cambiar ésta cadena de caracteres en un arreglo de bytes, esto se logra mediante la siguiente función. (Ver figura 4.10)

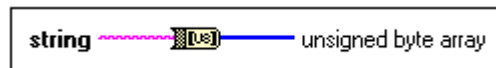


Figura 4.10 Función que permite cambiar un string en un arreglo de bytes..

Todos los datos obtenidos se presentan en bloques de bytes, para el análisis de estos datos hay que separarlos mediante la función **Decimate 1D Array** (Separe un array) (Ver figura 4.11).

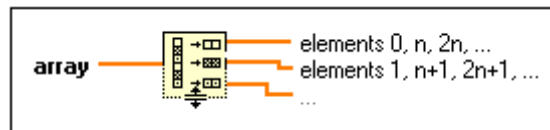


Figura 4.11 Función que separa un arreglo de datos.

Una vez obtenido los datos en bytes se une la parte alta de la digitalización con la parte baja, esto se realiza mediante la siguiente función. (Ver figura 4.12.)

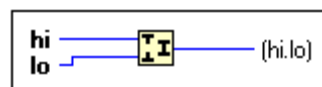


Figura 4.12 Función para unir la parte alta y baja de un Byte.

El PIC envía un solo bloque de datos. Para poder obtener los datos correspondientes a cada señal, se debe separar dicho bloque mediante la

función Reshape Array. En esta función ingresa todo el bloque de datos en su primer terminal (n-dim array), en su segundo terminal se determina en cuantos arrays se va a separar el bloque de datos, y en el último terminal se determinará de cuantos datos va a constar el array . (Ver figura 4.13)

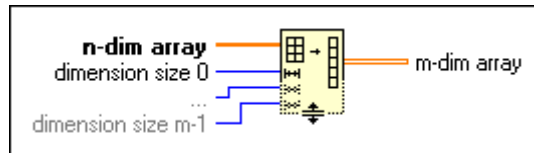


Figura 4.13 Función Reshape Array.

Una vez que se obtienen los datos y estos son separados, se procede a realizar el proceso inverso del acondicionamiento de señal, es decir, se obtienen los valores iniciales de las señales medidas, lo que se realiza mediante la programación en el software de adquisición de datos, para este caso se tiene el siguiente algoritmo. (Ver figura 4.14).

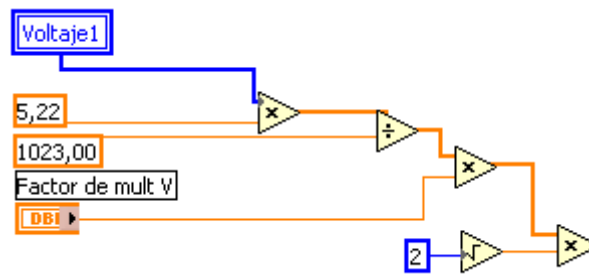


Figura 4.14 Proceso inverso del acondicionamiento de señal.

Para obtener las potencias Real, Aparente y Reactiva es necesario trabajar con la transformada de Fourier, ya que mediante esta transformada se obtendrá los respectivos armónicos con los que se va a realizar el análisis aplicando las fórmulas siguientes:

$$P = \sum_{i=1}^n V_i \cdot I_i \cdot \cos \theta \quad \text{ec 4.1}$$

$$Q = \sum_{i=1}^n V_i \cdot I_i \cdot \sen \theta \quad \text{ec 4.2}$$

$$S = V_{RMS} * I_{RMS} \quad \text{ec 4.3}$$

Donde:

P = Potencia Activa.

Q = Potencia Reactiva.

S = Potencia Aparente.

V_i = Armónica de Voltaje.

I_i = Armónica de Corriente.

Para obtener la transformada de Fourier, LabVIEW proporciona una función en la cual se puede ingresar la señal, de voltaje y corriente obteniendo como salida los armónicos de dichas señales.(Ver figura 4.15)

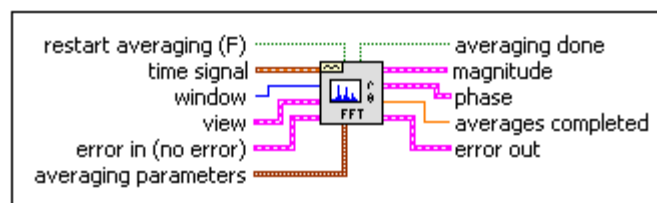


Figura 4.15 Función para determinar los armónicos de las señales.

4.4 PRESENTACIÓN DE DATOS.

Para una mejor comprensión, los datos, son presentados en forma gráfica y en forma numérica, la representación gráfica ayuda a observar la forma de onda de cada una de las variables a medir y la representación numérica sirve para observar la magnitud de las variables y de los datos calculados, para ello, LabVIEW dispone de algunos tipos de gráficos accesibles desde el menú *Controls* del panel frontal y además dispone de algunos indicadores numéricos.

Para la presentación gráfica de los datos se utiliza en este caso los indicadores CHART. Un indicador chart muestra las gráficas, pero éste recibe los datos y los muestra punto

por punto o array por array, reteniendo un cierto número de puntos en pantalla mediante un buffer disponible para ello.

4.4.1 INDICADOR GRÁFICO.

En este caso se utiliza un solo indicador gráfico que es Waverform Chart.

4.4.1.1 WAVEFORM GRAPH



Waveform graph es un tipo especial de indicador numérico que muestra una o mas gráficas, reteniendo en pantalla un cierto número de datos definido por el usuario. Los nuevos datos se añaden al lado de los ya existentes, de forma que se pueden comparar entre ellos.

Los datos se pueden pasar uno a uno al *chart* o mediante arrays, Evidentemente es mucho mas conveniente pasar múltiples puntos a la vez ya que de esta manera sólo es necesario redibujar la gráfica una vez y no una por cada punto.

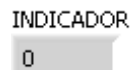
Es posible dibujar varias gráficas en un mismo *chart*, uniendo los datos de cada gráfica en un cluster de escalares numéricos de forma que cada escalar que contiene el cluster se considera como un punto de cada una de las gráficas.

4.4.2 INDICADORES NUMÉRICOS.

LabVIEW ofrece una gran variedad de tipos de datos con los que se puede trabajar respondiendo a las necesidades reales con las que se pueda encontrar. Uno de los aspectos más significativos de LabVIEW es la diferenciación que efectúa en el diagrama de bloques entre los diferentes tipos de controles o indicadores, basada en que cada uno de ellos tiene un color propio.

De esta manera, y como consecuencia de una memorización o asimilación práctica, será muy fácil identificarlos y reconocer inmediatamente si se está trabajando con el tipo de datos adecuado.

LabVIEW tiene la opción de presentar los datos en forma numérica para una mayor comprensión del usuario. El siguiente es un ejemplo de indicador numérico, el cual servirá para poder observar la magnitud calculada como por ejemplo la potencia activa. Ver figura 4.16.



INDICADOR
0

Figura 4.16. Indicador Numérico.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5.1 Generalidades.

De las pruebas realizadas en cargas monofásicas y trifásicas se han tenido los siguientes resultados:

- Como primer equipo, se utilizó un reverbero, y los datos obtenidos son los siguientes:
 - Datos obtenidos con el registrador implementado. Ver figura 5.1

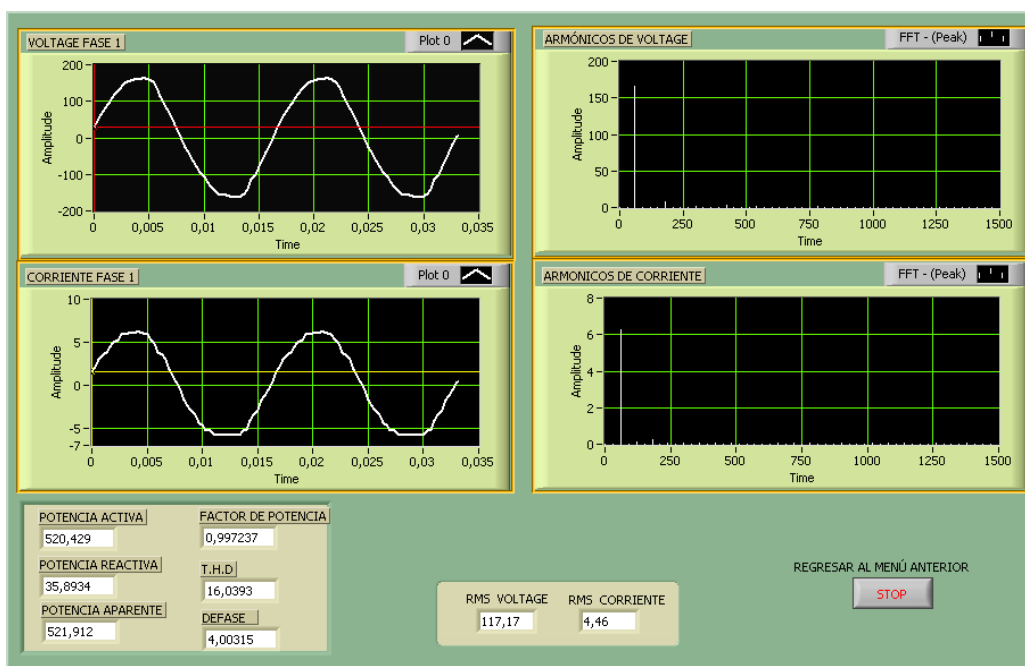


Figura 5.1 Formas de ondas en el registrador implementado.

- Datos calculados a partir de las señales obtenidas en un osciloscopio.
Ver figura 5.2

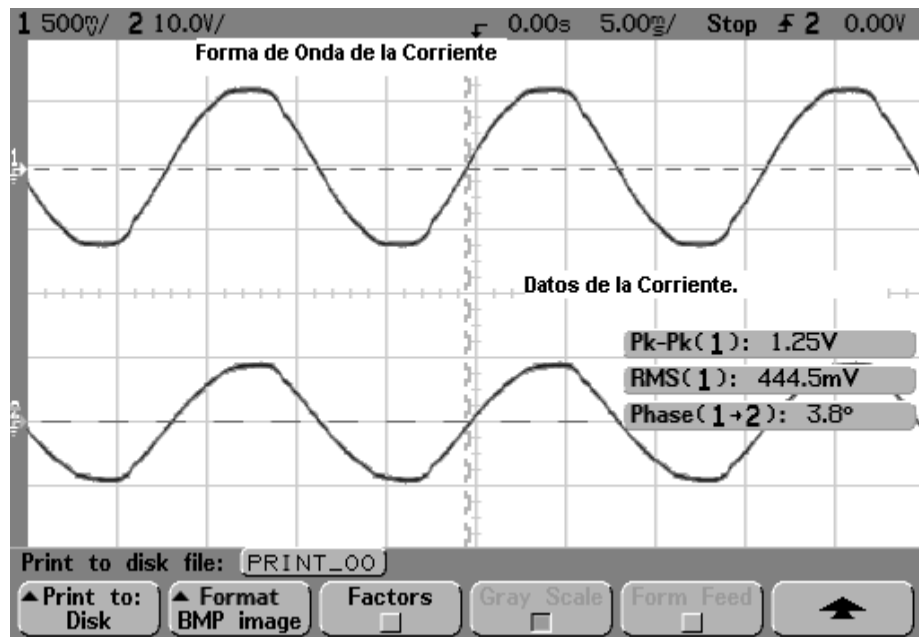


Figura 5.2. Formas de ondas obtenidas en un Osciloscopio.

Hay que multiplicarle por 1000 para obtener el valor de la corriente ya que la salida de la pinza amperimétrica es de 1mA por cada Amperio.

$$I_{rms} = 444.5 \text{ mV} * 1000 / 100\Omega$$

$$I_{rms} = 4.445 \text{ A}$$

$$V_{rms} = 117,2 \text{ V}$$

$$\theta = 3.8^\circ$$

$$S = I_{rms} * V_{rms}.$$

$$S = 117,2V * 4.445A$$

$$S = 529,9 VA.$$

$$P = V_{rms} * I_{rms} * \cos \Theta$$

$$P = 117.2 V * 4.445A * \cos 3.8^\circ$$

$$P = 519.8 W.$$

$$Q = V_{rms} * I_{rms} * \sin \Theta$$

$$Q = 117.2 V * 4.445 A * \sin 3.8^\circ$$

$$Q = 34.52 VAR.$$

$$F_p = \cos \Theta$$

$$F_p = \cos 3.8^\circ$$

$$F_p = 0.997.$$

Datos del registrador	Datos del osciloscopio
$I_{rms} = 4.46 A$ $V_{rms} = 117.17 V$ $\Theta = 4^\circ$ $S = 521.91 VA.$	$I_{rms} = 4.445 A$ $V_{rms} = 117.2 V$ $\Theta = 3.8^\circ$ Datos Calculados. $S = 529.9 VA.$

$P = 520.4 \text{ W.}$	$P = 519.8 \text{ W.}$
$Q = 35.8 \text{ VAR.}$	$Q = 34.52 \text{ VAR.}$
$F_p = 0.997.$	$F_p = 0.997.$

- Motor Monofásico:
 - Datos obtenidos mediante el registrador implementado Ver figura 5.3.

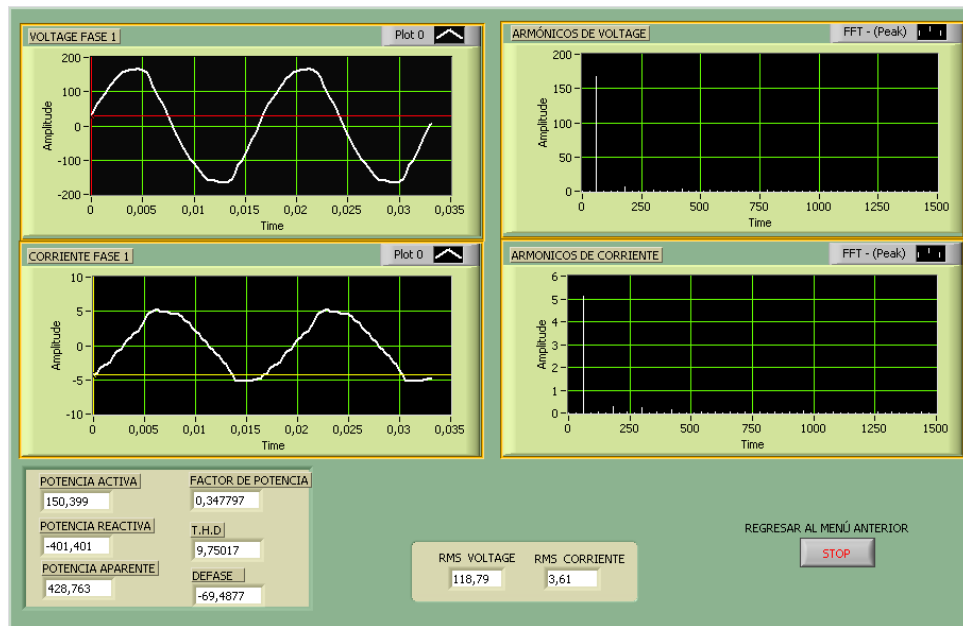


Figura 5.3 Forma de onda de un motor obtenida en el registrador implementado.

- Formas de onda obtenidas mediante un osciloscopio. Ver figura 5.4:

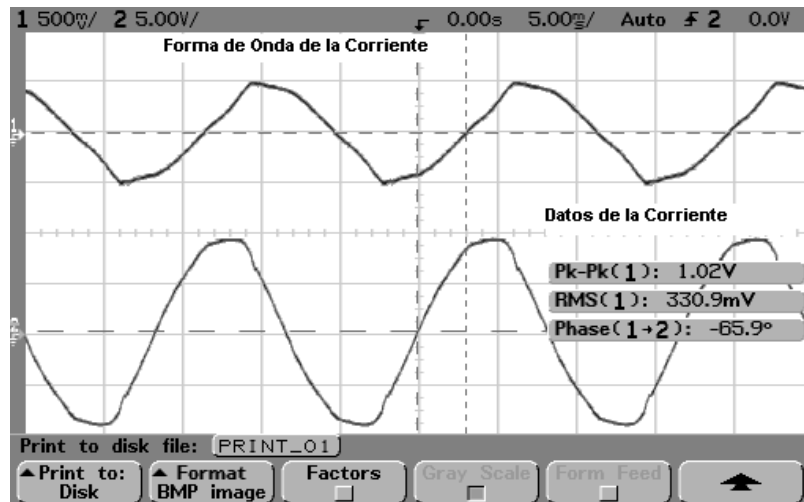


Figura 5.4 Forma de onda de un motor monofásico obtenida en un Osciloscopio.

$$I_{rms} = 330.9 \text{ mV} * 1000 / 100\Omega$$

$$I_{rms} = 3.309 \text{ A}$$

$$V_{rms} = 118,3 \text{ V}$$

$$\Theta = -65.9^\circ$$

$$S = I_{rms} * V_{rms}.$$

$$S = 118,6\text{V} * 3.309^{\text{a}}$$

$$S = 392,4474 \text{ VA.}$$

$$P = V_{rms} * I_{rms} * \cos \Theta$$

$$P = 118.3 \text{ V} * 3.309^{\text{a}} * \cos -65.9^\circ$$

$$P = 159,84 \text{ W.}$$

$$Q = V_{rms} * I_{rms} * \sin \Theta$$

$$Q = 118.3\text{V} * 3.309^{\text{a}} * \sin -65.9^\circ$$

$$Q = -357,333 \text{ VAR.}$$

$$F_p = \cos \Theta$$

$$F_p = \cos -65.9^\circ$$

$$F_p = 0,408.$$

Datos del registrador	Datos del osciloscopio

$I_{rms} = 3.61 \text{ A}$ $V_{rms} = 118.79 \text{ V}$ $\Theta = -69.4^\circ$ $S = 428.76 \text{ VA.}$ $P = 150.39 \text{ W.}$ $Q = -401.4 \text{ VAR.}$ $F_p = 0.35.$	$I_{rms} = 3.309 \text{ A}$ $V_{rms} = 118.2 \text{ V}$ $\Theta = -65.9$ Datos Calculados $S = 392,4474 \text{ VA.}$ $P = 159,84 \text{ W.}$ $Q = -357,333 \text{ VAR.}$ $F_p = 0,408.$
---	--

- Motor Trifásico Jaula de Ardilla. (Ver figura 5.5)



Figura 5.5 Motor Jaula de Ardilla.

- Datos obtenidos mediante un registrador monofásico:

<p>Fase 1.</p> <p>Vrms = 118.7 V</p> <p>Irms = 1.69 A</p> <p>$\Theta = 31^\circ$</p>	<p>Fase 2.</p> <p>Vrms = 118.9 V</p> <p>Irms = 1.62 A</p> <p>$\Theta = 31^\circ$</p>	<p>Fase 3.</p> <p>Vrms = 120.1 V</p> <p>Irms = 1.62 A</p> <p>$\Theta = 31^\circ$</p>
---	---	---

- Datos obtenidos mediante el registrador implementado.

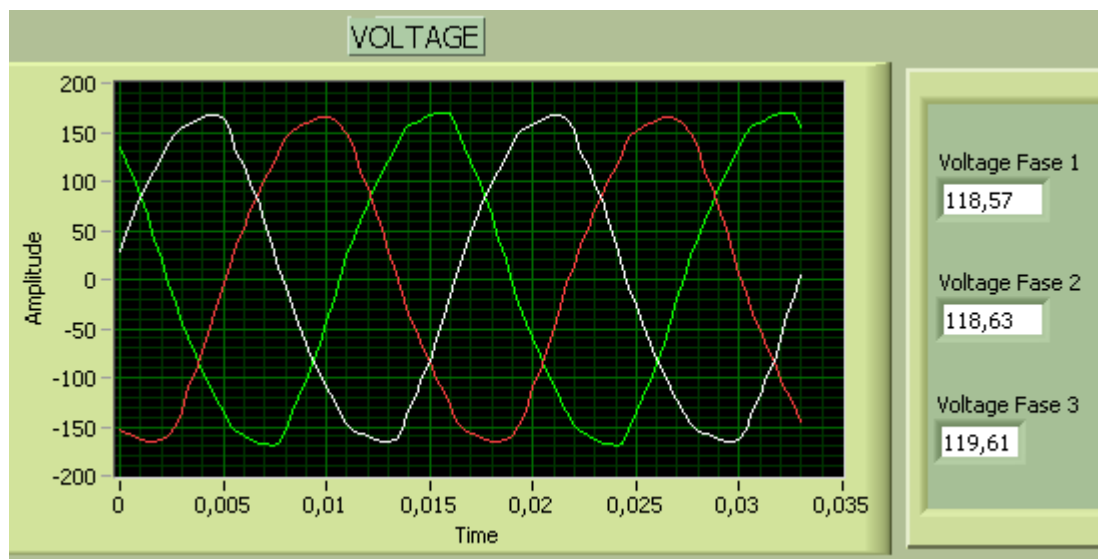


Figura 5.6 Formas de onda de Voltaje de un motor trifásico.

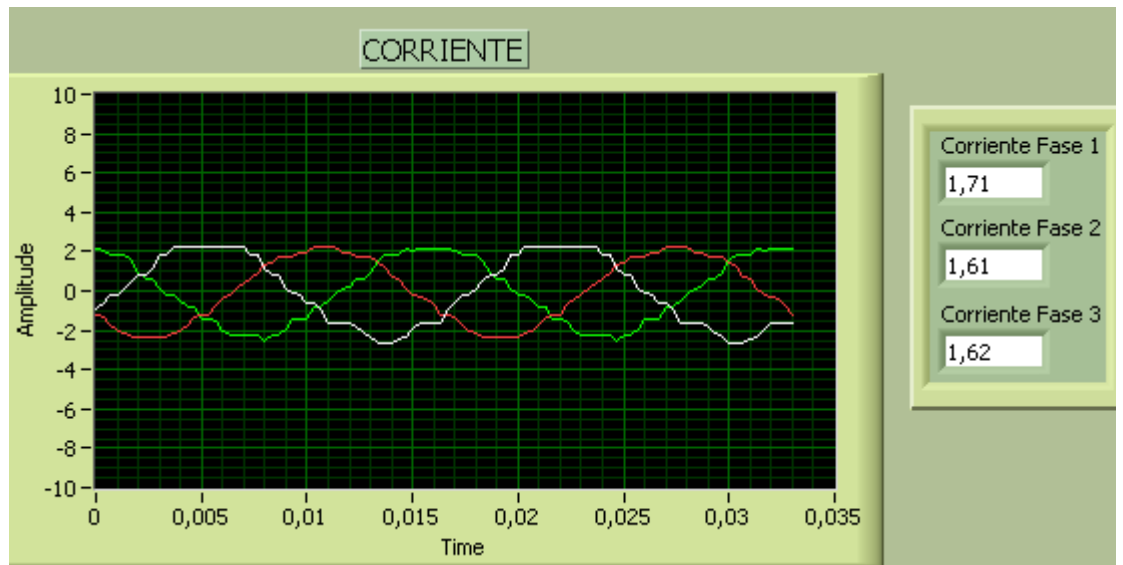


Figura 5.7 Formas de onda de Corriente de un motor trifásico.

Fase 1. Vrms = 118.57 V Irms = 1.71 A $\Theta = 31.7^\circ$	Fase 2. Vrms = 118.63V Irms = 1.61A $\Theta = 31.6^\circ$	Fase 3. Vrms = 119.61 V Irms = 1.62 A $\Theta = 31.5^\circ$
--	--	--

Con estos datos obtenidos tanto por el registrador (41B Power Harmonics Analyzer) FLUKE como por el registrador implementado se pueden calcular las potencias: Activa, Reactiva y Aparente.

DATOS OBTENIDOS EN TIEMPO REAL DE UNA CARGA TRIFÁSICA (MOTOR JAULA DE ARDILLA)

Fase R

Potencia aparente: 200,916338

VA

Potencia activa: 170,668379 W

Potencia reactiva: -105,232474

VAR

Fase S

Potencia aparente: 194,018294

VA

Potencia activa: 168,208213 W

Potencia reactiva: -96,271013

VAR

Fase T

Potencia aparente: 196,917303

VA

Potencia activa: 184,982488 W

Potencia reactiva: -66,845216

VAR

Tabla 5.1 Valores de los armónicos obtenidos del registrador.

Armónicos VR	Armónicos IR	Desfase R	Armónicos VS	Armónicos IS	Desfase S	Armónicos VT	Armónicos IT	Desfase T
166,882989	2,401175	-0,55107	167,462642	2,313829	-0,519254	168,1829	2,336471	-0,34657
0,91801	0,025633	-0,050257	0,570701	0,054139	-1,069527	0,530736	0,061244	-3,014982
7,615437	0,059163	-1,413251	7,396955	0,03072	-1,672937	6,452188	0,064685	0,045783
0,52525	0,139266	2,369735	0,158105	0,038022	-0,092134	0,177749	0,074932	-2,677292
2,363391	0,046902	-3,283818	2,869236	0,011329	1,632382	1,027811	0,021503	-1,370917
0,280621	0,094344	-1,634303	0,116242	0,037295	-0,579913	0,22102	0,03539	1,773013
2,388446	0,086596	-1,243913	1,889694	0,013383	3,87278	2,350918	0,052793	-1,470889
0,279208	0,016695	-0,172455	0,050897	0,04105	-3,910172	0,164492	0,046876	1,09406
1,303533	0,017536	-4,090072	0,396447	0,031763	-3,916913	1,962546	0,035944	-1,637492
0,089125	0,103325	-0,360396	0,120856	0,014799	-0,983475	0,076681	0,010158	-4,867559
1,282141	0,053037	-3,050294	1,225684	0,027431	-0,705213	0,549896	0,068586	3,51014
0,107637	0,054104	-1,767222	0,055578	0,050196	0,539561	0,074297	0,059207	-0,539568
0,950537	0,037244	-0,694588	0,591051	0,031687	-5,06517	0,748885	0,026435	-4,876686
0,366569	0,027342	-1,148363	0,137513	0,047563	-2,851789	0,19352	0,005146	-2,674499
0,282872	0,036915	1,762018	0,742252	0,046708	-0,748539	0,744291	0,071824	-0,080988
0,336114	0,013614	-1,558956	0,231239	0,034828	2,429911	0,114649	0,015049	-3,709551
0,40871	0,042671	-1,69111	0,824619	0,022982	3,790669	0,484356	0,060725	3,576342

0,109457	0,052362	-1,81085	0,083779	0,012077	-4,590066	0,116032	0,026827	-2,532769
0,236636	0,033842	2,711812	0,46487	0,024365	-1,572116	0,383275	0,027084	-0,518368
0,104054	0,02668	-3,001387	0,186534	0,016828	-2,898356	0,081027	0,026595	-4,62423
0,257249	0,02671	1,971865	1,110837	0,034605	1,865177	0,574303	0,00777	2,707752
0,11964	0,020103	-0,281765	0,173448	0,014884	-5,084056	0,18558	0,010025	1,563895
0,493553	0,01749	-1,590203	1,009935	0,031241	-0,779097	0,336686	0,040529	-2,407195
0,094769	0,033735	-2,128114	0,127959	0,019729	3,806559	0,133982	0,005985	3,272128

**DATOS CALCULADOS A PARTIR DE LOS ARMÓNICOS DE UNA CARGA TRIFÁSICA
(JAULA DE ARDILLA)**

FASE R			FASE S			FASE T		
P. Aparente	P.Activa	P. reactiva	P. Aparente	P.Activa	P. reactiva	P. Aparente	P.Activa	P. reactiva
200,3576306	170,6976404	-104,9070812	193,7399587	168,2030194	-96,14008471	196,4772343	184,7953511	-66,73815862
0,011765675	0,01175082	-0,000591059	0,015448591	0,007423652	-0,013548002	0,016252198	-0,016122108	-0,002052208
0,22527605	0,035344553	-0,222486092	0,113617229	-0,011584772	-0,113025076	0,20867989	0,208461223	0,009550654
0,036574733	-0,026210048	0,025509694	0,003005734	0,002992986	-0,000276539	0,006659544	-0,005954531	-0,002982128
0,055423882	-0,054864268	0,007856133	0,016252787	-0,001000306	0,016221975	0,01105051	0,00219409	-0,0108305
0,013237454	-0,000840102	-0,013210769	0,002167623	0,001813239	-0,001187751	0,003910949	-0,00078548	0,003831259
0,103414935	0,033205807	-0,097938875	0,012644887	-0,009412627	-0,008443673	0,062056007	0,006189541	-0,061746559
0,002330689	0,002296116	-0,00039995	0,001044661	-0,000751006	0,000726159	0,003855363	0,001769156	0,00342548
0,011429377	-0,006662405	0,009286712	0,006296173	-0,004496707	0,004406974	0,035270877	-0,002350671	-0,035192458
0,00460442	0,00430862	-0,001623725	0,000894274	0,000495547	-0,000744419	0,000389463	6,01907E-05	0,000384784
0,034000456	-0,03385885	-0,003099885	0,016810869	0,012801031	-0,010896739	0,018857584	-0,017591328	-0,006793646
0,002911796	-0,000568281	-0,002855804	0,001394897	0,00119673	0,000716641	0,002199451	0,001886977	-0,001130002
0,0177009	0,013599911	-0,011329796	0,009364317	0,003235455	0,00878762	0,009898387	0,001618969	0,009765092
0,005011365	0,002054565	-0,004570836	0,003270265	-0,003133895	-0,000934524	0,000497927	-0,000444589	-0,000224213
0,00522111	-0,000992316	0,005125944	0,017334553	0,012700749	-0,01179736	0,026728978	0,026641368	-0,002162361
0,002287928	2,70892E-05	-0,002287768	0,004026796	-0,00304935	0,002629933	0,000862676	-0,000727237	0,000464044
0,008720032	-0,00104661	-0,008656995	0,009475697	-0,007548742	-0,005727593	0,014706259	-0,013338219	-0,006194027
0,002865694	-0,000681332	-0,002783521	0,000505899	-6,17289E-05	0,000502119	0,001556395	-0,001276744	-0,000890107
0,004004118	-0,003639972	0,001668401	0,005663279	-7,47368E-06	-0,005663274	0,00519031	0,004508453	-0,002571608
0,00138808	-0,00137446	-0,00019398	0,001569497	-0,001523297	-0,000378006	0,001077457	-9,48645E-05	0,001073272
0,00343556	-0,001341251	0,003162929	0,019220257	-0,005576704	0,018393441	0,002231167	-0,002024467	0,000937891
0,001202561	0,00115514	-0,000334374	0,0012908	0,000468779	0,001202668	0,00093022	6,4197E-06	0,000930198
0,004316121	-8,37563E-05	-0,004315308	0,01577569	0,011225165	-0,011084586	0,006822773	-0,005064098	-0,004572215
0,001598516	-0,000845474	-0,001356624	0,001262252	-0,000993313	-0,00077885	0,000400941	-0,00039753	-5,21885E-05

200,916352	170,6683739	-105,2325068	194,0182958	168,2082328	-96,27098358	196,9173196	184,9825156	-66,84519017
------------	-------------	--------------	-------------	-------------	--------------	-------------	-------------	--------------

Armónicos graficados a partir de la tabla anterior.

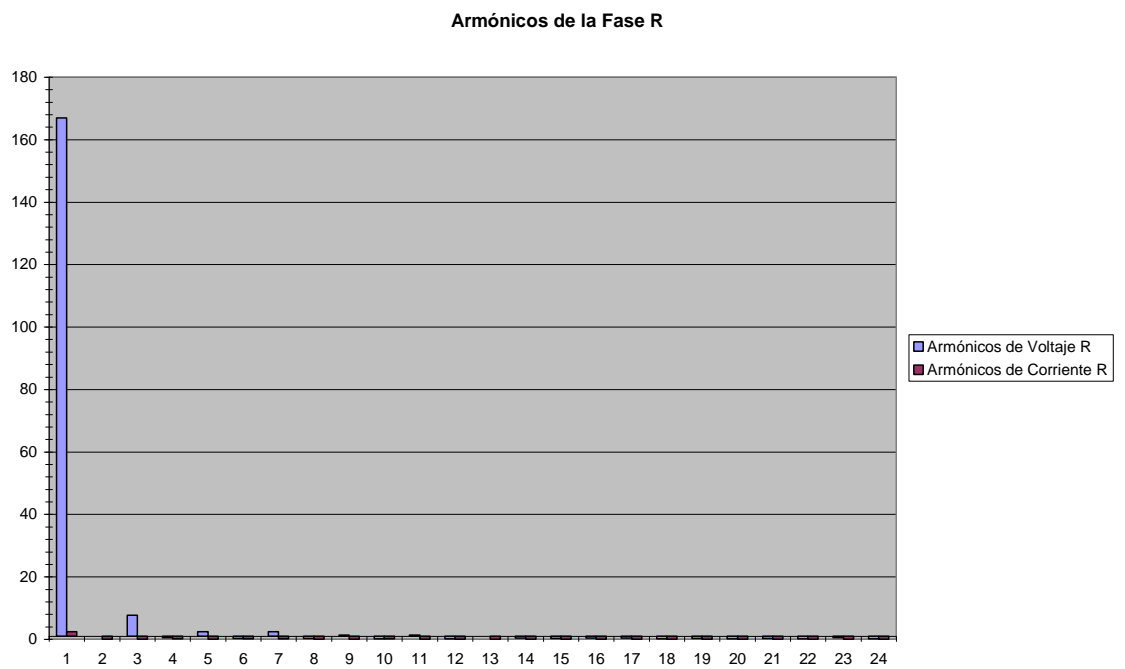


Figura 5.8 Armónicos de Voltaje y Corriente de un motor trifásico de la Fase R.

Armonicos de la Fase S

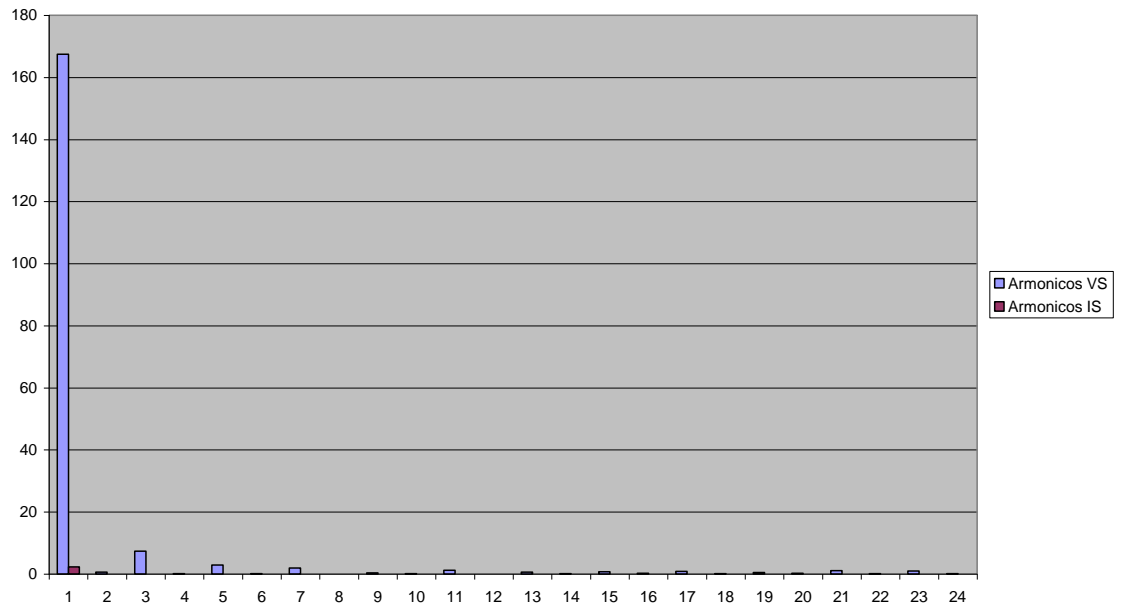


Figura 5.9 Armónicos de Voltaje y Corriente de un motor trifásico de la Fase S.

Armónicos de la Fase T

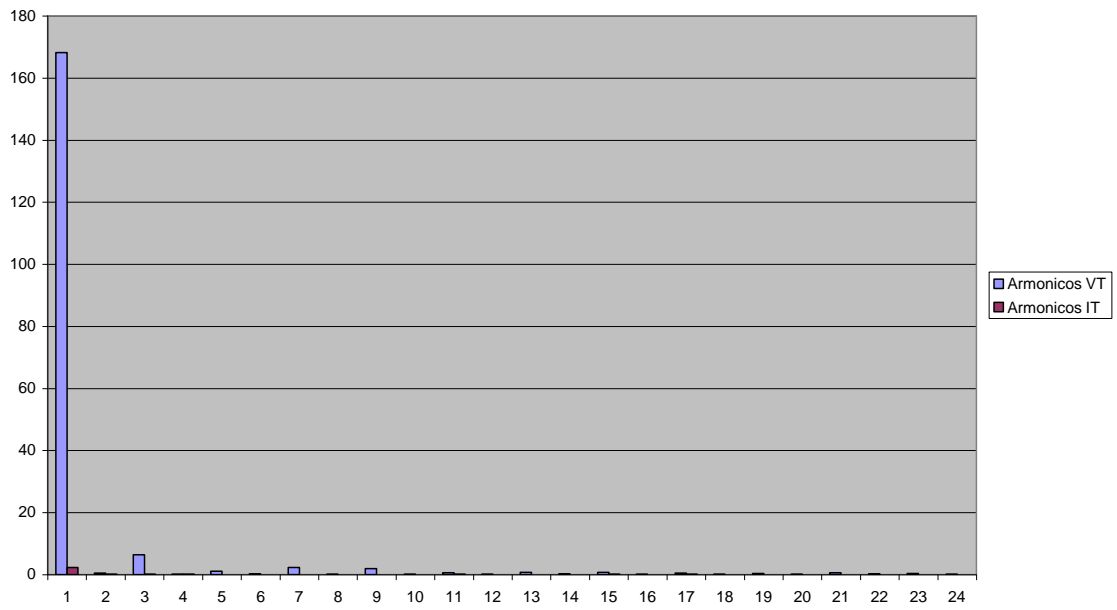


Figura 5.10 Armónicos de Voltaje y Corriente de un motor trifásico de la Fase T.

Datos registrados en una carga monofásica.

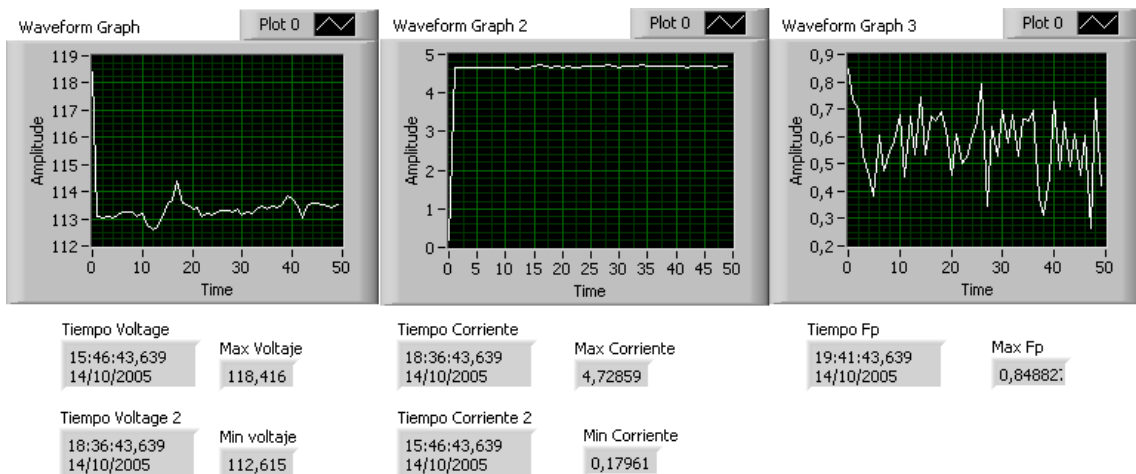


Figura 5.11 Datos obtenidos del registrador

Voltaje Máximo	Corriente Máxima	Fp Máximo
V = 118,46	I = 4.72	Fp = 0.84
Voltaje Mínimo	Corriente Mínima	
V = 112.625	I = 0.179	

De los datos obtenidos en el registrador se observa que los valores de Voltaje están dentro de los límites permisibles. La corriente depende de la carga a la que haya sido expuesta y los valores variaran de acuerdo a esta carga.

La potencia máxima consumida será;

$$\Theta = \arccos Fp$$

$$\Theta = \arccos 0.84.$$

$$\Theta = 32.85^\circ$$

$$S = I_{rms} * V_{rms}.$$

$$S = 118,46V * 4.72$$

$$S = 559,1312VA.$$

$$P = V_{rms} * I_{rms} * F_p$$

$$P = 118.46 \text{ V} * 4.72 * 0.84$$

$$P = 469,67\text{W}.$$

$$Q = V_{rms} * I_{rms} * \sin \Theta$$

$$Q = 118.3\text{V} * 3.309^a * \sin 32.85^\circ$$

$$Q = 303,37\text{VAR}.$$

CAPÍTULO VI

En este capítulo se informa de varias conclusiones y recomendaciones, que se ha desarrollado durante todo el proyecto. A continuación se detallan:

Conclusiones.

- Se ha cumplido con todos los objetivos planteados para el desarrollo del presente proyecto
- Se ha diseñado e Implementado un Registrador de Energía para el monitoreo de una Red Eléctrica Monofásica & Trifásica mediante la utilización de un Microcontrolador.
- El PIC es un elemento electrónico que facilita la adquisición y transmisión de datos, ya que puede trabajar a alta velocidad.
- Hemos comprobado que el software de programación LabVIEW presta todas las funciones necesarias para el análisis de datos ya que cuenta con funciones definidas como las transformadas de Fourier que son esenciales para el análisis realizado en este trabajo.
- La resolución indica el número de bits que utiliza el conversor ADC para cuantificar los niveles de la señal analógica, cuanto mayor sea el número de bits del ADC mayor será el número de niveles de la señal que se puede representar.
- Al microcontrolador se le programó para que trabaje con el puerto serie, éste da la posibilidad que sea montado a una distancia lejana, para el caso de un monitoreo en tiempo real.
- Se debe emplearse elementos que tengan un funcionamiento eficiente. Los transformadores son elementos que reducen la Tensión y sirven como

sensores, la pinza amperimétrica es un transformador de corriente que reduce la intensidad de corriente.

- Es conveniente utilizar los estándares definidos para el manejo de señales eléctricas. Las señales obtenidas de los sensores fueron tratadas mediante circuitos electrónicos para transformarlos a niveles estándares que pueda manejar el PIC.
- Se comprobó que las señales de voltaje son senosoidales y que las señales de corriente no tienen una forma propia ya que dependen de la carga a la que estén expuestas.
- Mediante el uso de la transformada de Fourier se pueden obtener las componentes armónicas de cada señal, y mediante estos armónicos se pueden calcular: la potencia real, aparente y reactiva, aplicando las fórmulas anteriormente expuestas.
- LabVIEW presenta un ambiente amigable para el usuario, ya que en su panel frontal dispone de controles muy fáciles de manejar y dispositivos de visualización muy comprensibles
- La tensión medida en lugares residenciales y en industrias es muy variable ya que al aumentar la carga es decir la demanda de corriente el voltaje tiende a disminuir.
- Los sistemas deben ser desarrollados para aplicaciones lo más generales posibles. El equipo puede ser utilizado para registrar datos ya sea de una residencia o de una industria sin tener que sufrir modificaciones.

- Los equipos de medición requieren de patrones de referencia adecuados para su funcionamiento. La exactitud del equipo es directamente proporcional a la calibración realizada al elemento patrón utilizado.

- Los diseños deben ser realizados considerando las tolerancias de los elementos utilizados. Los valores medidos difieren de los valores calculados, pues los valores de resistencias, condensadores, resistencias internas de los integrados no son exactos.

- Para realizar acoplamientos de etapas se debe utilizar un amplificador operacional en conexión Seguidor de tensión para evitar posibles efectos de carga.

- El protocolo de comunicación entre la Pc y el registrador se desarrolla mediante software y Labview brinda la comunicación mediante un solo ícono "VISA" quien configura directamente el puerto.

- Las señales obtenidas por el registrador son óptimas para su posterior análisis ya que no presentan distorsión alguna.

- El ruido está presente en la adquisición y en la transmisión de las señales, pero este puede ser disminuido con la utilización de capacitores y entorchando los cables de transmisión.

Recomendaciones.

- Tener presente las polarizaciones es esencial en este proyecto, ya que puede afectar y producir daños a la circuitería en especial al PIC que es propenso a recibir daños que no son reparables.
- Se debe tomar en cuenta que para realizar los acondicionamientos de señal es necesario tener presente las características de los sensores ya que cada sensor tiene su propia característica y por ende deberá tener cambios en su acondicionamiento.
- Para el eficiente funcionamiento de conversores de nivel utilice una fuente muy estable, resistencias de precisión y potenciómetros multi-vueltas.
- Por el uso de osciladores para el funcionamiento del PIC, los voltajes de polarización se vuelven inestables. Por esta razón se sugiere la utilización de un capacitor entre Vcc y tierra, lo más cercano al PIC.
- Se recomienda analizar las características de cada elemento antes de realizar un diseño
- Al realizar una adquisición de datos de alta velocidad, se debe tener en cuenta los tiempos de acción y reacción de los elementos externos de la computadora.
- Hay que tener cuidado cuando se suelda los elementos en las placas ya que en muchos casos los elementos no soportan mucho calor y hay que evitar que se produzcan sueldas frías.

- Se recomienda poner capacitores lo mas cerca del PIC, en las memorias y en el MAX 232 para tratar de disminuir el ruido que aparece en el ambiente.

- Es recomendable calibrar con un sólo equipo patrón ya que cada equipo tiene su tolerancia definida y se puede tener datos erróneos al calibrar en otros equipos patrones.

- Evitar cables largos y trenzar es lo más aconsejable para que no se introduzca ruido en el equipo.

- Se recomienda basarse en tesis anteriores similares para facilitarse el trabajo ya que se tiene información de calidad a la mano.

- Se recomienda incentivar al desarrollo de este tipo de aplicaciones a los alumnos que estudien carreras afines.

- Se recomienda promover el estudio de nuevas tecnologías para adquirir nuevos conocimientos y así se faciliten y mejoren los proyectos posteriores.

BIBLIOGRAFÍA.

- **COOPER, William, HELFRICK, Albert:** Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición, Primera edición, Editorial Prentice Hall, México 1991
- **ENRÍQUEZ HARPER, G.** Líneas de TX y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica
- **LÁZARO, Antonio.** Programación grafica para el control de instrumentación.
- **ANGULO José, ANGULO Ignacio,** “Microcontroladores PIC”, McGRAW - HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, 1997.
- **DAWES Chester,** “Tratado de Electricidad”, Tomos 1 y 2, Cuarta Edición, Ediciones G.Gili,S.A.,México,1977.
- **EDMINISTER Joseph,** “Circuitos Eléctricos”, McGRAW – HILL, Series Schaum, México,1996.
- **RIVAS, David , BAUTISTA, Víctor:** “CONTRASTADOR ELÉCTRICO PORTÁTIL PARA MEDIDORES ELÉCTRICOS MONOFÁSICO”
- **National Instruments,** “*User Manual*” LabVIEW 5.1, 1998.
- **R. Boylestad, L. Nashelsky,** “*Electrónica Teoría de Circuitos*”, Prentice-Hall Hispanoamericana, 1993.
- http://www.qte.us.es/ASIGN/IE_4T/Tutorial%20de%20Labview
- <http://www.microchips.com>

Latacunga, Octubre 2005

Elaborado por:

Mauricio A. Egas Navas

Jorge S. Sánchez Mosquera

LA DIRECTORA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA ESPECIALIDAD EN
INSTRUMENTACIÓN

Ing. Nancy Guerrón Paredes.

EL SECRETARIO DE LA ESPE LATACUNGA

Ab. Eduardo Vásquez Alcázar.