

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAB DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, MECÁNICA Y DE MINAS**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**“Aplicación del microcontrolador PIC 18F4550 en el mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla”**

**Tesis presentada por el:**

**Br. VICTOR RAÚL DENOS QUISPE**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO ELECTRICISTA**

**Asesor:**

**Mgt. VLADIMIRO CANAL BRAVO**

**CUSCO – PERÚ**

**2014**

## **Agradecimientos**

Le agradezco a Dios por haberme guiado y acompañado a lo largo de esta aventura, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de felicidad.

A mi Mamá, por apoyarme en todo momento, por el inmenso amor que me da y por enseñarme con el ejemplo los más altos valores de la ética y la moral. A mi Papá, quien a pesar de la distancia siempre estuvo atento del proceso de mi tesis.

A Carolina, mi compañera inseparable, por su paciencia, comprensión y sacrificio.

A mi tío Fortunato, sin quien no hubiese aprendido a aprender y quien me inculco el amor por el aprendizaje constante.

A toda mi familia por ser parte importante de mi vida y representar siempre la unidad familiar.

Al Mgt. Vladímiro Canal Bravo por creer en mí y haberme brindado su apoyo en el desarrollo de mi tesis profesional.

Al Ing. Marco Serrano Quispe, por ser un buen amigo y haberme apoyado en el desarrollo de mi tesis, asimismo, por haber tenido la paciencia necesaria para motivarme a seguir adelante en los momentos de desesperación.

Finalmente, gracias a todos los docentes de la Carrera Profesional de Ingeniería Eléctrica, por los aprendizajes brindados.

## Resumen

El presente trabajo de investigación expone un sistema de mando a través de TCP/IP, que se aplicara a la máquina de inducción tipo jaula de ardilla, asimismo, puede ser generalizado en la supervisión de sistemas, donde el mando a distancia sea necesario. Además de realizar la manipulación a distancia del arranque, parada e inversión de giro del motor de inducción, también realizara la adquisición de datos convencionales de supervisión.

Nuestra etapa de adquisición de datos se realiza desde el punto de vista de la supervisión y no desde el punto de la intervención de datos. Esto se debe a que los motores de corriente alterna necesitan otro tipo de sensores para poder intervenir sus parámetros, tales como los ciclos convertidores, etc.

Para dicha investigación el trabajo fue dividido en cuatro capítulos en la siguiente forma:

En el primer capítulo se describen los aspectos que demanda un trabajo de investigación con el planteamiento de estudio, donde trato de la descripción del problema, la formulación del problema, los objetivos, la justificación de su estudio, los alcances y limitaciones, los antecedentes, las hipótesis, las variables y para concluir el proceso metodológico de la investigación.

El segundo capítulo, se refiere al marco teórico conceptual incidiendo en el microcontrolador PIC, su concepto, la arquitectura básica, los recursos, recursos especiales, y finaliza orientado al microcontrolador PIC 18f4550.

El tercer capítulo, expone al sistema de adquisición de datos y mando, a partir de una visión general del sistema, seguida de una explicación de las estructuras que la componen como son: el sistema de adquisición de datos, sistema de mando y el sistema de transmisión y recepción de datos a través de TCP/IP.

El cuarto y último capítulo presenta la descripción de acciones y los resultados obtenidos con la implementación del sistema. Así como las conclusiones y la bibliografía.

## SÚMARIO

AGRADECIMIENTOS . . . . .	2
RESUMEN . . . . .	3
LISTA DE FIGURAS . . . . .	10
LISTA DE TABLAS . . . . .	13
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS . . . . .	14

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA DE ESTUDIO

1.1. Planteamiento del problema . . . . .	16
1.2. Formulación del problema . . . . .	17
1.3. Objetivos . . . . .	17
1.3.1. Objetivo General . . . . .	17
1.3.2. Objetivos Específicos . . . . .	17
1.4. Justificación . . . . .	18
1.5. Alcances y limitaciones . . . . .	18
1.6. Antecedentes . . . . .	19
1.7. Hipótesis del problema . . . . .	20
1.7.1. Hipótesis general . . . . .	20
1.7.2. Hipótesis específicas . . . . .	20
1.8. Variables e indicadores . . . . .	20
1.8.1. Variables e indicadores independientes . . . . .	20
1.8.2. Variables e indicadores dependientes . . . . .	20
1.8.3. Variables e indicadores intervinientes . . . . .	20
1.9. El método . . . . .	21
1.9.1. Enfoque y tipo de investigación . . . . .	21
1.9.2. Diseño de la Investigación . . . . .	21

1.10. Matriz de consistencia	22
------------------------------	----

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1. Motor de inducción trifásico tipo jaula de ardilla	24
2.1.1. Características constructivas	25
2.1.1.1. Estator	25
2.1.1.2. Rotor	26
2.1.2. Principio de funcionamiento	27
2.2. Microcontroladores PIC	29
2.2.1. ¿Qué es un microcontrolador?	29
2.2.2. Controlador y microcontrolador	30
2.2.3. Arquitectura básica de los microcontroladores	30
2.2.3.1. Arquitectura Von Neuman	30
2.2.3.2. Arquitectura Harvard	31
2.2.4. Recursos de los microcontroladores	32
2.2.4.1. El procesador o UCP	32
2.2.4.2. Memoria	34
2.2.4.3. Puertas de entrada y salida	37
2.2.4.4. Reloj principal	38
2.2.5. Recursos especiales de los microcontroladores	38
2.2.5.1. Temporizadores o timers	38
2.2.5.2. Perro guardián o watchdog	39
2.2.5.3. Protección ante fallo de alimentación o brownout	39
2.2.5.4. Estado de reposo o de bajo consumo	40
2.2.5.5. Conversor A/D	40
2.2.5.6. Conversor D/A	40

2.2.5.7.	Comparador analógico	40
2.2.5.8.	Modulador de anchura de pulsos o PWM	41
2.2.5.9.	Puertas de E/S digitales	41
2.2.5.10.	Puertas de comunicación	41
2.2.6.	El microcontrolador PIC 18f4550	42
2.2.6.1.	Características del microcontrolador PIC 18f4550	43
2.2.6.2.	Diagrama de conexiones	44
2.3.	Adquisición y procesamiento de datos	44
2.3.1.	Proceso de adquisición de datos	44
2.3.1.1	Sensores	45
2.3.1.2	Sensor de temperatura lm35	47
2.3.1.3	Características del lm35	48
2.3.2.	Acondicionador de señal	48
2.3.2.1.	Amplificador operacional	48
2.3.2.2.	Amplificador operacional ideal	50
2.3.2.3.	Amplificador operacional real	50
2.3.2.4.	Clasificación de los amplificadores	51
2.3.2.5.	Funciones principales de los acondicionadores de señal	53
2.3.2.6.	Amplificador operacional lm741	55
2.3.2.7.	Características principales del lm741	56
2.3.3.	Tarjeta de adquisición de datos	56
2.3.3.1.	Características	57
2.3.4.	Fundamentos del procesamiento de señal	60
2.3.4.1.	Muestreo de señales analógicas	60
2.3.4.2.	Proceso de obtención de la señal digital	62
2.3.5.	ADCs y DACs	64
2.3.5.1.	Convertidores analógico/digital (ADC)	65

2.3.5.2. Conversores digital/analógico (DAC)	65
2.4. Medios de transmisión	65
2.4.1. Medios guiados	65
2.4.1.1. Cable de par trenzado	66
2.4.1.2. Cable coaxial	68
2.5. Electrónica de potencia	70
2.5.1. Dispositivos semiconductores de potencia	71
2.5.2. Aplicaciones	72
2.5.2.1. Fuentes de alimentación	72
2.5.2.2. Control de motores eléctricos	72
2.5.2.3. Calentamiento por inducción	73
2.5.2.4. Otros	73
2.6. Compilador CCS C	75
2.6.1. Estructura de un programa	75
2.6.2. Tipos de datos	75
2.6.3. Constantes	76
2.6.4. Variables	77
2.7. Visual Basic	78
2.7.1. El EID (Entorno integrado de Desarrollo) de Visual Basic 6.0	79
2.7.2. Cliente - Servidor en Visual Basic 6.0	80
2.7.2.1. Cliente	80
2.7.2.2. Servidor	81
2.7.3. Preparando el Visual Basic	83
2.7.4. Descripción del componente Winsock	84
2.7.4.1. Propiedades	85
2.7.4.2. Métodos	85
2.7.4.3. Eventos	86

## CAPITULO III

### DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

3.1. Introducción	87
3.2. Visión general del sistema de adquisición de datos y mando del motor	88
3.3. Sistema de adquisición de datos	90
3.3.1. Adquisición de la corriente de fase del motor de inducción	94
3.3.1.1. Diseño PCB del sensor de corriente	95
3.3.1.2. Materiales	96
3.3.2. Adquisición de voltaje del motor de inducción	96
3.3.2.1. Diseño PCB del sensor de voltaje	97
3.3.2.2. Materiales	98
3.3.3. Adquisición de temperatura del motor de inducción	98
3.3.3.1. Diseño PCB del sensor de temperatura	100
3.3.3.2. Materiales	100
3.3.4. Circuito de relevadores de voltaje	101
3.3.4.1. Diseño PCB del circuito de relevadores	101
3.3.4.2. Materiales	102
3.3.5. Circuito final del sistema de adquisición de datos y mando	103
3.3.4.1. Materiales	109
3.4. Cliente - Servidor en Visual Basic 6.0	111
3.4.1. Aplicación cliente	111
3.4.1.1. Creando la interfaz del usuario	111
3.4.1.2. Descripción del HMI cliente	112
3.4.2. Aplicación servidor	113
3.4.2.1. Creando la interfaz del usuario	113
3.4.2.2. Descripción del HMI servidor	114

## CAPITULO IV

### RESULTADOS DE LA APLICACIÓN

4.1. Introducción	115
4.2. Características del motor de inducción	115
4.3. Algoritmos finales del proyecto de investigación	116
4.4. Descripción de acciones del sistema de adquisición de datos y mando	120
4.4.1. Primer paso	120
4.4.2. Segundo paso	121
4.4.3. Tercer paso	122
4.4.4. Cuarto paso	123
4.4.5. Quinto paso	123
4.5. Resultados obtenidos de la adquisición de datos	125
4.5.1. Voltaje	125
4.5.2. Corriente	125
4.5.3. Valores obtenidos a distancia	126
Conclusiones	127
Recomendaciones	129
Bibliografía	130

### ANEXOS

Anexo A: Diseño de los circuitos de adquisición analógica	134
A.1. Diseño del circuito de voltaje	134
A.2. Diseño del circuito de corriente	138
A.3. Diseño del circuito de temperatura	144

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Motor de inducción tipo jaula de ardilla . . . . .	24
<b>Figura 2.2.</b> Curva par-velocidad para motores de diseño A, B, C y D. . . . .	25
<b>Figura 2.3.</b> Estator del motor de inducción . . . . .	26
<b>Figura 2.4.</b> Rotor del motor de inducción . . . . .	26
<b>Figura 2.5.</b> Desarrollo de un par inducido en un motor de inducción . . . . .	28
<b>Figura 2.6.</b> Microcontroladores PIC . . . . .	29
<b>Figura 2.7.</b> Arquitectura Von Neumann . . . . .	30
<b>Figura 2.8.</b> Arquitectura Harvard . . . . .	31
<b>Figura 2.9.</b> Microcontrolador PIC 18f4550 . . . . .	42
<b>Figura 2.10.</b> Descripción de puertos del microcontrolador PIC 18f4550 . . . . .	44
<b>Figura 2.11.</b> Esquema del sistema de adquisición de datos . . . . .	45
<b>Figura 2.12.</b> Clasificación de sensores . . . . .	46
<b>Figura 2.13.</b> Voltaje VS Temperatura en el lm35 . . . . .	47
<b>Figura 2.14.</b> Símbolo eléctrico y terminales de un amplificador operacional . . . . .	49
<b>Figura 2.15.</b> Amplificador operacional ideal . . . . .	50
<b>Figura 2.16.</b> Amplificador operacional real . . . . .	51
<b>Figura 2.17.</b> Conexión interna del lm741 . . . . .	56
<b>Figura 2.18.</b> Representación del teorema de Nyquist . . . . .	61
<b>Figura 2.19.</b> Efecto Aliasing . . . . .	62
<b>Figura 2.20.</b> Filtro Anti-Aliasing . . . . .	63
<b>Figura 2.21.</b> Paso por circuito Sample and hold . . . . .	63
<b>Figura 2.22.</b> Proceso de cuantificación . . . . .	64
<b>Figura 2.23.</b> Clasificación de medios guiados . . . . .	66
<b>Figura 2.24.</b> Componentes del cable UTP . . . . .	67
<b>Figura 2.25.</b> Componentes del cable STP . . . . .	68

<b>Figura 2.26.</b> Componentes del cable coaxial . . . . .	69
<b>Figura 2.27.</b> Posibilidades de conversión de la energía eléctrica . . . . .	71
<b>Figura 2.28.</b> Evolución práctica de la electrónica de potencia . . . . .	74
<b>Figura 2.29.</b> Creación de un “New Project” en Visual Basic . . . . .	83
<b>Figura 2.30.</b> Cargando el paquete WINSOCK en Visual Basic . . . . .	84
<b>Figura 3.1.</b> Diagrama de bloques del sistema de adquisición de datos y mando	88
<b>Figura 3.2.</b> Representación del sistema de adquisición de datos . . . . .	91
<b>Figura 3.3.</b> Adquisición de parámetros del microcontrolador PIC 18f4550 . . . . .	92
<b>Figura 3.4.</b> Conexión entre el microcontrolador PIC 18f4550 (PIC 2) y el computador servidor . . . . .	93
<b>Figura 3.5.</b> Circuito para la adquisición de corriente de fase del motor . . . . .	94
<b>Figura 3.6.</b> Transformador de corriente . . . . .	95
<b>Figura 3.7.</b> Diseño PCB del sensor de corriente . . . . .	96
<b>Figura 3.8.</b> Circuito para la adquisición del voltaje de fase del motor . . . . .	97
<b>Figura 3.9.</b> Diseño PCB del sensor de voltaje . . . . .	98
<b>Figura 3.10.</b> Descripción de pines del sensor lm35. . . . .	99
<b>Figura 3.11.</b> Circuito para la adquisición de temperatura del motor . . . . .	99
<b>Figura 3.12.</b> Diseño PCB del sensor de temperatura . . . . .	100
<b>Figura 3.13.</b> Circuito de relevadores . . . . .	101
<b>Figura 3.14.</b> Circuito PCB de relevadores . . . . .	102
<b>Figura 3.15.</b> Circuito final del sistema de adquisición de datos y mando . . . . .	104
<b>Figura 3.16.</b> Diseño PCB del circuito final . . . . .	105
<b>Figura 3.17.</b> LCD 16x2 . . . . .	106
<b>Figura 3.18.</b> Pulsadores del control manual . . . . .	107
<b>Figura 3.19.</b> Tipos de conectores USB . . . . .	109
<b>Figura 3.20.</b> Diseño del interface cliente en Visual Basic . . . . .	111
<b>Figura 3.21.</b> Diseño del interface servidor en Visual Basic . . . . .	113

<b>Figura 4.1.</b> Placa de características del motor de inducción . . . . .	115
<b>Figura 4.2.</b> Diagrama de flujo del PIC principal . . . . .	116
<b>Figura 4.3.</b> Diagrama de flujo de las interrupciones del PIC principal . . . . .	117
<b>Figura 4.4.</b> Diagrama de flujo del PIC de recepción y transmisión . . . . .	118
<b>Figura 4.5.</b> Diagrama de flujo de las interrupciones del PIC de recepción y transmisión . . . . .	119
<b>Figura 4.6.</b> Selección del ComVirtual . . . . .	120
<b>Figura 4.7.</b> Aplicación servidor . . . . .	121
<b>Figura 4.8.</b> Selección del Com Virtual en el servidor . . . . .	122
<b>Figura 4.9.</b> Señales de los sensores . . . . .	122
<b>Figura 4.10.</b> Dirección IP del servidor . . . . .	123
<b>Figura 4.11.</b> Botones de conectar y cerrar conexión . . . . .	123
<b>Figura 4.12.</b> Aplicación cliente . . . . .	124
<b>Figura 4.13.</b> Voltaje obtenido en el motor de inducción . . . . .	125
<b>Figura 4.14.</b> Corriente obtenida en el motor de inducción . . . . .	125
<b>Figura 4.15.</b> Valores de voltaje, corriente y temperatura obtenidos a distancia . . . . .	126

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 2.1.</b> Características del microcontrolador PIC 18f4550	43
<b>Tabla 2.2.</b> Características principales del lm35	48
<b>Tabla 2.3.</b> Características principales del lm741	56
<b>Tabla 2.4.</b> Características de adquisición de datos	59
<b>Tabla 2.5.</b> Tipos de datos que acepta en CCS C	76
<b>Tabla 2.6.</b> Especificación de constantes del CCS C	76
<b>Tabla 2.7.</b> Caracteres especiales que acepta el CCS C	77
<b>Tabla 3.1.</b> Materiales para el sensor de corriente	96
<b>Tabla 3.2.</b> Materiales para el sensor de voltaje	98
<b>Tabla 3.3.</b> Materiales para el sensor de temperatura	100
<b>Tabla 3.4.</b> Materiales para el circuito de relevadores	102
<b>Tabla 3.5.</b> Materiales del circuito final	109

## LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

- PIC** - Peripheral Interface Controller (controlador de interfaz periférico)
- CISC** - Complex Instruction Set Computer (computador con Conjunto de Instrucciones Complejas)
- RISC** - Reduced Instruction Set Computer (computador con Conjunto de Instrucciones Reducidas)
- A/D** - Analógico/Digital
- BCD** - Binary Coded Decimal (decimal codificado en binario)
- PLC** - Controlador Logico Programable (controlador lógico programable)
- D/A** - Digital/Analógico
- EPROM** - Erasable and Programable Read Only Memory (memoria de sólo lectura programable y borrrable)
- EEPROM** - Eléctrical Erasable Programmable Read Only Memory (memoria de sólo lectura programable y borrrable eléctricamente)
- CDC** - Común Device Classic
- GPRS** - General Packet Radio Services (servicio general de paquetes vía radio)
- HTTP** - Hyper Text Transfer Protocol (protocolo de transferencia de hipertexto)
- IP** - Internet Protocol (Protocolo de internet)
- PROM** - Programable Read Only Memory (memoria de sólo lectura programable)
- RAM** - Random Access Memory (memoria de acceso aleatorio)
- ROM** - Read Only Memory (memoria de solo lectura)
- SCADA** - Supervisory Control and Data Acquisition Systems (control de supervision y adquisición de datos)
- TCP** - Transmission Control Protocol (protocolo de control de transmisión)
- WWW** - World Wide Web (red informática mundial)
- E/S** - Entrada/Salida

**CPU** - Central Processing Unit (Unidad central de proceso)

**USB** - Universal Serial Bus (bus universal en serie)

**PC** - Computador personal

**PWM** - Pulse Width Modulation (modulación por ancho de pulsos)

**UART** - Universal Asynchronous Receiver Transmitter (Transmisor-Receptor Asíncrono Universal)

**IrDa** - Infrared Communication (Comunicación infrarroja)

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad, con el avance de la tecnología, la operación de las máquinas de inducción han evolucionado ampliamente, debido principalmente a las variaciones que ha sufrido el circuito de mando, el cual ha repercutido en un mejor y optimizado control de los motores eléctricos, teniendo como principales ventajas, la precisión, el tiempo de ejecución, la seguridad en la operación, etc.

La tecnología existente permite utilizar los Controladores Lógicos Programables (PLC), que son autómatas provistos de microprocesadores, capaces de ejecutar tareas programadas por el usuario. Estos dispositivos electrónicos se utilizan en la industria para resolver problemas de cadenas de instrucciones en las maquinarias o procesos, ahorrando costos en mantenimiento y aumentando la confiabilidad de los procesos. Además, se tiene al sistema SCADA, que es una aplicación de software diseñado con la finalidad de supervisar datos a distancia, los cuales se basan en la adquisición de datos de los procesos remotos.

La aplicación de los PLCs junto al sistema SCADA, permite obtener la adquisición de datos y mando a distancia de diferentes máquinas, dentro de los cuales se pueden mencionar los motores de inducción. Sin embargo, el costo elevado que representa la aplicación de los PLCs junto al sistema SCADA hace que solo una pequeña minoría se beneficie de estos, los cuales reducen los costos de operación de las máquinas y el uso eficiente de las mismas.

La utilización de sistemas modernos, no se masifica, debido a las múltiples funciones que éstos pueden realizar, por ende ese tipo de sistemas se utiliza principalmente cuando: el número de variables es alto y el proceso está

geográficamente distribuido, por lo que es necesario buscar otras alternativas de solución con las mismas ventajas que los sistemas más sofisticados.

Con el desarrollo de los microcontroladores, dispositivos electrónicos capaces de llevar a cabo procesos lógicos, es posible desarrollar sistemas de mando a distancia de motores con las mismas ventajas de una conexión convencional.

De seguir, solo, el uso de los PLCs junto al sistema SCADA, la utilización de ellas sería solo en beneficio de una minoría, por ende otro gran sector no aprovecharían las ventajas que brinda el uso de estos sistemas y quedarían limitadas las posibilidades de desarrollo y mejoramiento de las mismas.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Se puede diseñar e implementar un circuito electrónico con el microcontrolador PIC 18F4550 para el mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Diseñar e implementar un circuito electrónico con el microcontrolador PIC 18F4550 para el mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Programar el microcontrolador PIC 18F4550 para la adquisición de datos y mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla.
- Diseñar y aplicar el circuito de potencia para el mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla.

#### **1.4. Justificación**

En la actualidad el uso de herramientas de automatización que se requieren, obligan a plantear soluciones con la aplicación de tecnologías modernas ya sea para el mando, adquisición de datos, etc. por que como anteriormente se indicó, el uso de los PLCs (mando) y de los sistemas SCADA (Adquisición de datos) no es viable técnicamente cuando el número de variables o maquinas a gobernar son exiguas y geográficamente concentradas.

El sector comercial, puede ser beneficiado con este trabajo de investigación debido a que nuestro proyecto utiliza como maquina a gobernar un motor de inducción tipo jaula de ardilla, la misma que de ser sustituida, previa reconfiguración del circuito de potencia, daría lugar a un circuito de adquisición de datos y mando que podría ser aplicado para múltiples funciones.

Un reto para el proyecto consiste en conocer al microcontrolador, y la diversidad de usos que se le pueda dar para sistemas de automatización, ya que estos dispositivos electrónicos contienen múltiples funciones.

La automatización en nuestro país aún es escasa. Es por ello que el presente trabajo de investigación desarrollo un sistema capaz de gobernar y adquirir datos a distancia de un motor de inducción tipo jaula de ardilla con las mismas prestancias de sistemas modernos que no pueden ser utilizados masivamente por el alto costo que produciría implementar a industrias que aún no tienen las características necesarias para dotarlas de dichas tecnologías.

#### **1.5. Alcances y limitaciones**

El presente trabajo de investigación, es aplicable en el sector pequeño industrial y comercial, por lo que se enfocara al motor de inducción tipo jaula de ardilla simple (clase A), para fines de mejora técnica y económica en la adquisición de datos y mando a distancia.

La etapa de adquisición de datos del presente trabajo, es abordado desde el punto de vista de la comprobación, inspección o fiscalización del sistema.

El presente trabajo adquiere los siguientes datos a distancia:

- Corriente, voltaje y temperatura.

Y gobierna:

- Arranque, parada e inversión de giro.

#### **1.6. Antecedentes**

Para el presente trabajo de investigación, se toma en cuenta el trabajo denominado "Control y mando de motores de inducción", presentado por los bachilleres Huamán Puértolas Roberto y Mamani Poccohuanca Félix Rudyard en el 2009; el cual demuestra la posibilidad de adquirir datos y analizar los resultados en el control y mando de motor de inducción en conexión Dahlander, mediante hardware construido por el usuario con el microcontrolador 16F877, llegando a las siguientes conclusiones (más relevantes):

- Los microcontroladores y componentes de electrónica de potencia, pueden ser utilizados en la construcción de tarjetas electrónicas con aplicaciones satisfactorias en los proyectos de control y automatización de máquinas eléctricas de tal manera que se pueda remplazar a un controlador lógico programable (PLC).
- La tarjeta electrónica que contiene el modulo, puede servir para la realización de una serie de experimentos para otro tipo de máquinas eléctricas, previo programa, tanto en el microcontrolador como en LabVIEW.

## **1.7. Hipótesis del problema**

### **1.7.1. Hipótesis general**

El diseño e implementación de un circuito electrónico con el microcontrolador PIC 18F4550, permitirá realizar el mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla.

### **1.7.2. Hipótesis específicas**

- Efectuar una adecuada programación del microcontrolador PIC 18F4550, permitirá la adquisición de datos y mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla.
- Realizar un correcto diseño y aplicar del circuito de potencia, conseguirá gobernar al motor de inducción tipo jaula de ardilla.

## **1.8. Variables e indicadores**

### **1.8.1. Variables e indicadores independientes**

- |   |               |                         |
|---|---------------|-------------------------|
| - | Confiabilidad | Índice de confiabilidad |
| - | Costo         | Unidad monetaria        |

### **1.8.2. Variables e indicadores dependientes**

- |   |           |              |
|---|-----------|--------------|
| - | Corriente | I (Amperios) |
| - | Voltaje   | V (Voltaje)  |

### **1.8.3. Variables e indicadores intervinientes**

- |   |             |                         |
|---|-------------|-------------------------|
| - | Temperatura | °C (grados centígrados) |
|---|-------------|-------------------------|

## **1.9. El método**

### **1.9.1. Enfoque y tipo de investigación**

El presente trabajo está dentro de los términos de la investigación **tecnológica**, porque busca objetivos específicos, puntuales, y más de comprender un fenómeno determinado persigue alcanzar una aplicación concreta o satisfacer una necesidad (1).

Es del tipo **explicativo**, porque están dirigidos a responder causas de eventos físicos y se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno (2).

### **1.9.2. Diseño de la Investigación**

El presente trabajo corresponde a un **diseño experimental** porque empleara un conjunto de procedimientos técnicos en el proceso de verificación de las hipótesis. Dichos procedimientos se describen a continuación:

- Selección del tipo de motor.
- Diseño de los circuitos de adquisición de datos analógico.
- Diseño del circuito de acondicionamiento de señal.
- Diseño del cliente – servidor en Visual Basic 6.0.
- Diseño del circuito de transferencia vía puerto USB.
- Pruebas finales.

## 1.10. Matriz de consistencia

**Título:** APLICACIÓN DEL MICROCONTROLADOR PIC 18F4550 EN EL MANDO A DISTANCIA DEL MOTOR DE INDUCCIÓN TIPO JAULA DE ARDILLA.

Problemas	Justificación	Hipótesis	Metodología	Conclusiones	Recomendaciones
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿Se puede diseñar e implementar un circuito con el microcontrolador PIC 18F4550 para el mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla?</p>	<p>En la actualidad el uso de herramientas de automatización que se requieren, obligan a plantear soluciones con la aplicación de tecnologías modernas ya sea para el mando, adquisición de datos, etc. por que como anteriormente se indicó, el uso de los PLCs (mando) y de los sistemas SCADA (Adquisición de datos) no es viable técnicamente cuando el número de variables o maquinas a gobernar son exiguas y geográficamente concentradas.</p> <p>La automatización en nuestro país aún es escasa. Es por</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>El diseño e implementación de un circuito electrónico con el microcontrolador PIC 18F4550, permitirá realizar el mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla.</p>	<p><b>Enfoque y tipo de investigación</b></p> <p>El presente trabajo está dentro de los términos de la investigación tecnológica, porque busca objetivos específicos, puntuales y más de comprender un fenómeno determinado persigue alcanzar una aplicación concreta o satisfacer una necesidad.</p> <p>Es del tipo explicativo, porque están dirigidos a responder causas de eventos físicos y se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno.</p>	<p>1. Se logró implementar un circuito electrónico con el microcontrolador PIC 18F4550 en el mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla.</p> <p>2. Mediante el software PIC C Compiler se programó el microcontrolador PIC 18F4550 para el mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla.</p> <p>3. Debido a que la señal de salida del microcontrolador está en el orden de 0 a 5v, se tuvo que acondicionar un circuito adicional a través de relés para el mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla.</p> <p>4. Con la tarjeta construida, se logró adquirir a distancia los parámetros de corriente de 0.25 A., voltaje de 217 V. y temperatura de 16.8 °C, los cuales se validaron con los parámetros obtenidos por los instrumentos de laboratorio conectados directamente al motor de inducción.</p> <p>5. El proyecto de investigación, presenta un sistema de supervisión a través de TCP/IP, que se presenta como una alternativa viable en sistemas de supervisión a distancia. Este, tiene un costo de 400 soles, que es inferior en</p>	<p>1. El presente trabajo puede ser aplicable para diferentes tipos de motores, para lo cual se recomienda implementar las pruebas correspondientes para su verificación.</p> <p>2. Mediante el uso de softwares como: ASSEMBLER, MPLAB, mikroC PRO, etc., se pueden programar diversos tipos de microcontroladores para lograr los mismos objetivos, para tal efecto se sugiere realizar otro tipo de pruebas para su verificación.</p> <p>3. Para circuitos de mando a distancia con cargas de mayor potencia, se sugiere implementar dispositivos de electrónica de potencia como: Tiristores, Triacs, etc.</p> <p>4. Para la adquisición a distancia de mayor numero parámetros, se sugiere incrementar sensores al circuito y realizar una adecuada programación del PIC.</p> <p>5. Si la adquisición de datos de espera realizar por otros medios de transmisión como: Bluetooth, Wi-fi, etc. se sugiere reconfigurar la etapa de trasmisión de datos, la cual la compone el PIC de transmisión del</p>
<p><b>Objetivos</b></p>		<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>- Efectuar una adecuada programación del microcontrolador PIC 18F4550, permitirá la adquisición de datos y mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla.</p> <p>- Realizar un correcto diseño y aplicar el circuito de potencia,</p>			
<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Diseñar e implementar un circuito con el microcontrolador PIC 18F4550 para el mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>- Programar el microcontrolador PIC 18F4550 para</p>					

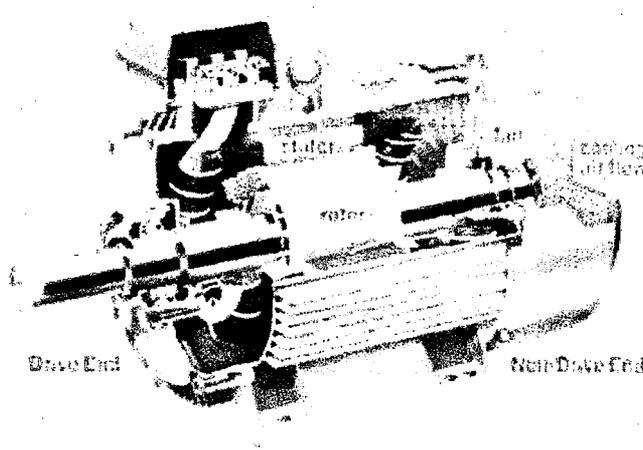
<p>la adquisición de datos y mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla.</p> <p>- Diseñar y aplicar el circuito de potencia para el mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla.</p>	<p>ello que el presente trabajo de investigación desarrollo un sistema capaz de gobernar y adquirir datos a distancia de un motor de inducción tipo jaula de ardilla con las mismas prestaciones de sistemas modernos que no pueden ser utilizados masivamente por el alto costo que produciría implementar a industrias que aún no tienen las características necesarias para dotarlas de dichas tecnologías.</p>	<p>conseguirá gobernar al motor de inducción tipo jaula de ardilla.</p>		<p>comparación a otros sistemas de supervisión comerciales.</p> <p>6. Mediante una adecuada programación del microcontrolador PIC, se puede establecer diversos ciclos de trabajo y ser controlados y monitoreados a distancia.</p> <p>7. La aplicación del sistema se desarrolló en el motor de inducción tipo jaula de ardilla, sin embargo, estos circuitos pueden ser generalizados en diversas aplicaciones de mando y adquisición de datos a distancia; y en diversos campos de la Ingeniería eléctrica, electrónica.</p> <p>8. Las limitaciones de memoria del microcontrolador PIC 18f4550, fueron suplidas con el uso interconectado de dos microcontroladores, uno de los cuales hizo el trabajo principal y el otro la transmisión y recepción de datos; y de esta forma mejoramos la confiabilidad y rapidez del circuito.</p>	<p>circuito.</p> <p>6. Se sugiere implementar varios microcontroladores interconectados para la realización de tareas complejas, las cuales mejoraran la confiabilidad y rapidez del circuito.</p>
		<p><b>Variables e indicadores</b></p>			
		<p><b>Variables independientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Confiabilidad</li> <li>- Costo</li> </ul>			
		<p><b>Variables dependientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Corriente</li> <li>- Voltaje</li> </ul>			
		<p><b>Variables intervinientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura</li> </ul>			

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO CONCEPTUAL

#### 2.1. Motor de inducción trifásico tipo jaula de ardilla

Figura 2.1. Motor de inducción tipo jaula de ardilla.



*Fuente: Pagina web. "www.reypastor.org".*

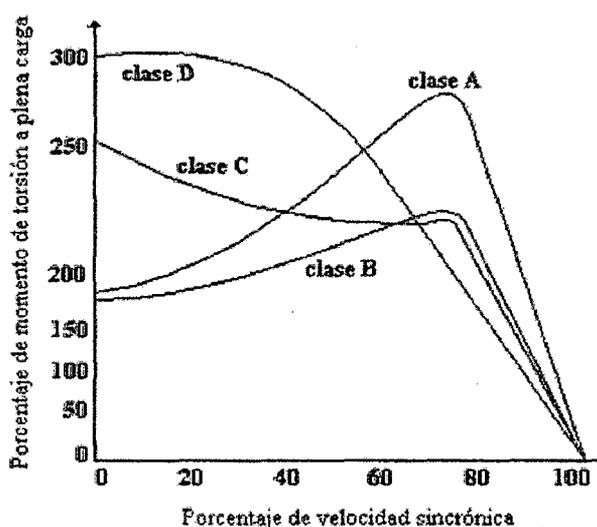
Una máquina que solo tiene devanados de amortiguamiento se llama máquina de inducción. Se les llama así porque el voltaje en el rotor (que produce la corriente en el rotor y el campo magnético del rotor) se induce en los devanados del rotor en lugar de estar físicamente conectados por cables. La característica distintiva de un motor de inducción es que no se necesita de corriente de campo de cd para que la maquina funcione.

A pesar de que es posible utilizar una máquina de inducción como motor o como generador, presenta muchas desventajas como generador y, por lo tanto, rara vez se utiliza como tal. Por esta razón a las máquinas de inducción normalmente se les llama motores de inducción. (3)

El tamaño de la barra, su forma y resistencia influyen en forma significativa en las características par – velocidad.

De acuerdo a sus curvas características par - velocidad, los motores de jaula de ardilla se diseñan en los tipos A, B, C y D, como se muestra en la figura 2.2. (4)

Figura 2.2. Curva par-velocidad para motores de diseño A, B, C y D.



Fuente: Enrique Harper, Gilberto. "Control de máquinas eléctricas".

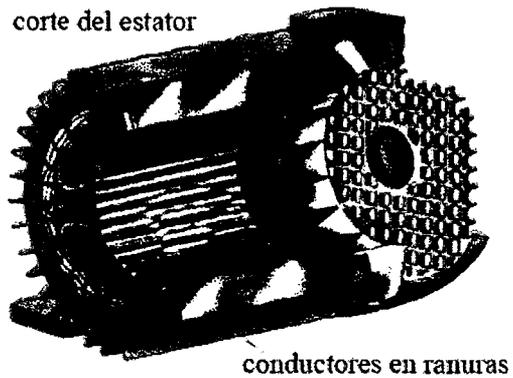
### 2.1.1. Características constructivas (5)

La máquina de inducción al igual que cualquier otro dispositivo de conversión electromecánica de la energía de tipo rotativa, está formada por un estator y un rotor, las cuales se detallan a continuación:

#### 2.1.1.1. Estator

Parte fija del motor, formada por un apilamiento de chapas de acero al silicio que disponen de unas ranuras en su periferia interior en las que se sitúa un devanado trifásico distribuido, alimentado por una corriente del mismo tipo, de tal forma que se obtiene un flujo giratorio de amplitud constante distribuido sinusoidalmente por el entrehierro.

**Figura 2.3.** Estator del motor de inducción.

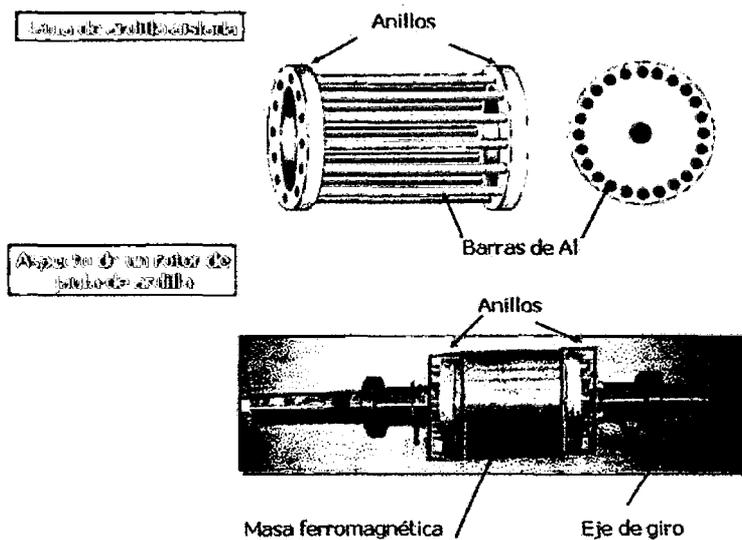


*Fuente: Pagina web." apuntescientificos.org/motores.html"*

### 2.1.1.2. Rotor

Parte móvil del motor, constituido por un conjunto de chapas apiladas, formando un cilindro, tienen una serie de ranuras en la circunferencia exterior, donde se colocan los devanado y una serie de conductores de cobre de aluminio puestos en cortocircuito por dos anillos laterales.

**Figura 2.4.** Rotor del motor de inducción.



*Fuente: Pagina web." apuntescientificos.org/motores.html"*

### 2.1.2. Principio de funcionamiento (6)

La figura muestra un motor de inducción con un rotor de jaula de ardilla. Se aplicó un conjunto trifásico de voltajes al estator y fluye en él un conjunto trifásico de corrientes. Estas corrientes producen un campo magnético  $B_s$  que gira en el sentido contrario a las manecillas del reloj. La velocidad de rotación del campo magnético está dada por la ecuación (2.1).

$$n_{sinc} = \frac{120 \times f_e}{p} \quad (2.1)$$

Donde:  $f_e$  = Frecuencia del sistema [Hz]

$p$  = Número de polos de la maquina.

Este campo magnetico  $B_s$  pasa sobre las barras del motor e induce un voltaje en ellas.

El voltaje inducido en cierta barra del rotor esta dado por la ecuacion (2.2).

$$e_{ind} = (v \times B) \cdot l \quad (2.2)$$

Donde:  $v$  = Velocidad de la barra en relacion con el campo magnetico [m/s].

$B$  = Vector de densidad de flujo magnetico [Tesla].

$l$  = Longitud del conductor en el campo magnetico [m].

Lo que produce el voltaje inducido en la barra del rotor es el movimiento relativo del rotor en comparación con el campo magnetico del estator. La velocidad de las barras superiores del rotor en relación con el campo magnetico es hacia la derecha, por lo que el voltaje inducido en las barras superiores va hacia fuera de la pagina, mientras que el voltaje inducido en las barras inferiores va hacia dentro de la pagina. Esto tiene como resultado la generacion de un flujo de corriente hacia fuera de las barras superiores y hacia

dentro de las barras inferiores. Sin embargo, puesto que el ensamblaje del rotor es inductivo, la corriente pico del rotor esta detrás del voltaje pico del rotor (vease la figura b). El flujo de corriente en el rotor produce un campo magnetico en el rotor  $B_R$ .

Por ultimo, al circular corriente por los conductores del rotor, apareceran en estos las fuerzas de reacción correspondientes y cuyos valores se obtiene aplicando la conocida ley vectorial (ley de Laplace) a cada una de las barras de la jaula de ardilla:

$$F = i(LxB) \quad (2.3)$$

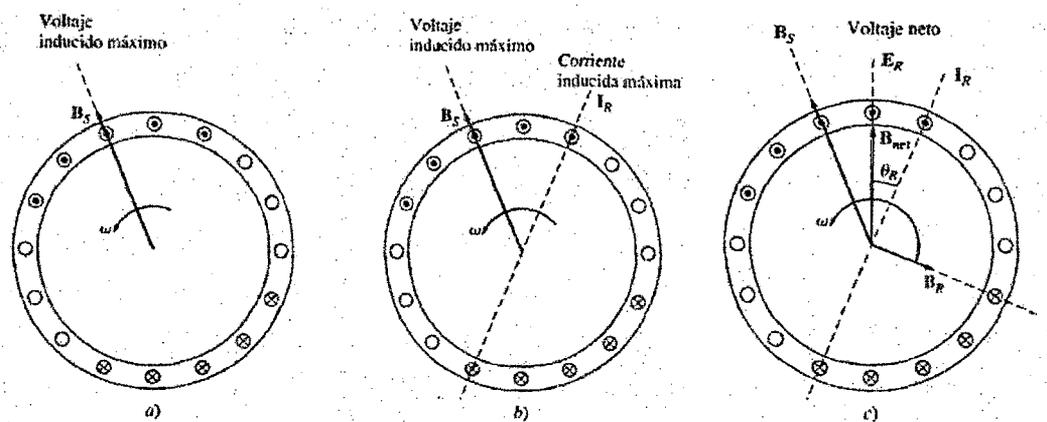
Donde:  $F$  = Fuerza magnetica [N]

$i$  = Intensidad de la corriente eléctrica [A]

$L$  = Longitud del conductor [m].

$B$  = Induccion magnetica [Tesla].

**Figura 2.5.** Desarrollo de un par inducido en un motor de inducción.



**Fuente:** J. Chapman, Stephen. "Máquinas Eléctricas".

Sin embargo, hay un limite superior finito para la velocidad del motor. Si el rotor del motor de induccion gira a velocidad sincrona, entonces las barras

del rotor estaran estacionarias en la relacion con el campo magnetico y no habra ningun voltaje inducido. Si  $e_{ind}$  fuera igual a cero, entonces no habria corriente en el rotor y no habria campo magnetico en el. Sin campo magnetico en el rotor, el par inducido seria cero y el rotor reduciria su velocidad como resultado de las perdidas por friccion. Por tanto, un motor de induccion puede acelerar hasta llegar cerca de la velocidad sincrona, pero nunca puede llegar a ella.

Notese que durante la operación normal los campos magneticos en el rotor y en el estator  $B_R$  y  $B_S$  giran juntos a velocidad sincrona  $n_{sinc}$ , mientras que el rotor gira a una velocidad menor.

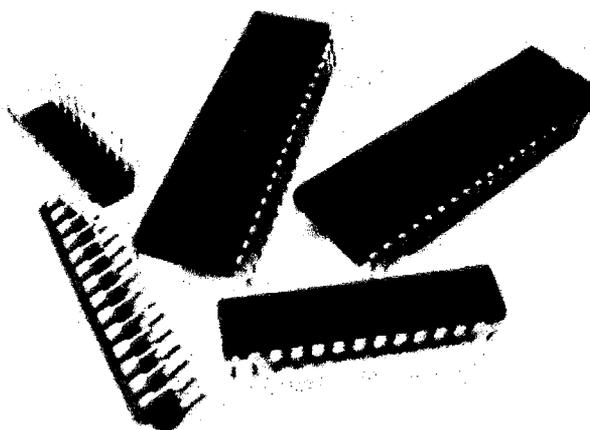
## 2.2. Microcontroladores PIC

### 2.2.1. ¿Qué es un microcontrolador?

Es un circuito integrado de alta escala de integración capaz de llevar a cabo procesos lógicos (7).

Se le suele denominar también microcomputador integrado y está especialmente orientado a tareas de control y comunicaciones (8).

Figura 2.6. Microcontroladores PIC.



Fuente: Pagina web. "www.manelectronica.com.ar"

## 2.2.2. Controlador y microcontrolador (9)

Recibe el nombre de controlador el dispositivo que se emplea para el gobierno de uno o varios procesos.

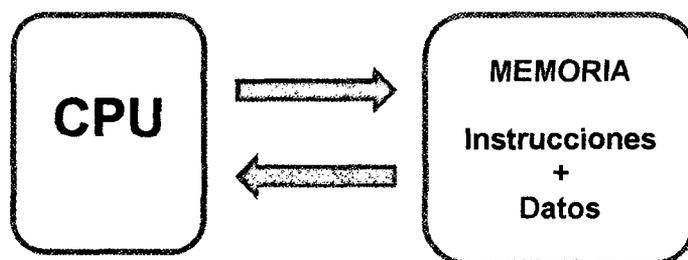
Aunque el concepto de controlador ha permanecido invariable a través del tiempo, su implementación física ha variado frecuentemente. Hace tres décadas, los controladores se construían exclusivamente con componentes de lógica discreta, posteriormente se emplearon los microprocesadores, que se rodeaban con chips de memoria y E/S sobre una tarjeta de circuito impreso. En la actualidad, todos los elementos del controlador se han podido incluir en un chip, el cual recibe el nombre de microcontrolador. Realmente consiste en un sencillo pero completo computador contenido en el corazón (chip) de un circuito integrado.

## 2.2.3. Arquitectura básica de los microcontroladores (10)

### 2.2.3.1. Arquitectura Von Neuman

Arquitectura tradicional de computadoras y microprocesadores se basa en el esquema propuesto por John Von Neumann, en el cual la unidad central de proceso, o CPU, está conectada a una memoria única que contiene las instrucciones del programa y los datos.

Figura 2.7. Arquitectura Von Neumann.



*Fuente: Montalvo Loza - Christian Hernán. Tesis "Edificios inteligentes para personas con discapacidad".*

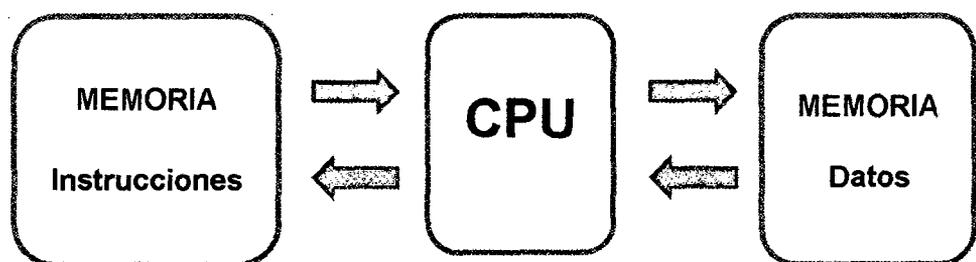
Es decir que las dos principales desventajas de esta arquitectura tradicional son:

- Longitud de instrucciones limitada por la unidad de longitud de los datos, por lo tanto el microprocesador debe hacer varios accesos a memoria para buscar instrucciones complejas.
- Velocidad de operación (o ancho de banda de operación) limitada por el efecto de cuello de botella que significa un bus único para datos e instrucciones que impide superponer ambos tiempos de acceso.

#### 2.2.3.2. Arquitectura Harvard

Consiste simplemente en un esquema en el que el CPU está conectado a dos memorias por intermedio de dos buses separados. Una de las memorias contiene solamente las instrucciones del programa, y es llamada Memoria de Programa. La otra memoria solo almacena los datos y es llamada Memoria de Datos. Ambos buses son totalmente independientes y pueden ser de distintos anchos.

Figura 2.8. Arquitectura Harvard.



*Fuente: Montalvo Loza - Christian Hernán. Tesis "Edificios inteligentes para personas con discapacidad".*

### **Ventajas de esta arquitectura:**

- Tamaño de instrucciones no relacionado con el de datos, y por lo tanto puede ser optimizado para que cualquier instrucción ocupe una sola posición de memoria de programa, logrando así mayor velocidad y menor longitud de programa.
- Tiempo de acceso a instrucciones puede superponerse con el de datos, logrando una mayor velocidad de operación.

Una pequeña desventaja de los procesadores con arquitectura Harvard, es que deben poseer instrucciones especiales para acceder a tablas de valores constantes que pueda ser necesario incluir en los programas, ya que estas tablas se encontrarán físicamente en la memoria de programa (por ejemplo en la EPROM de un microprocesador).

## **2.2.4. Recursos de los microcontroladores (11)**

### **2.2.4.1. El procesador o UCP**

Elemento primordial del microcontrolador, determina sus principales características, tanto a nivel de hardware como software. Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código OP de la instrucción en curso, su decodificación y la ejecución de la operación que implica la instrucción, así como la búsqueda de los operandos y el almacenamiento del resultado.

Existen tres orientaciones en cuanto a la arquitectura y funcionalidad de los procesadores actuales, las cuales se detallan a continuación:

### CISC (Complex Instruction Set Computer)

Un gran número de procesadores usados en los microcontroladores están basados en la filosofía CISC (Computadores de Juego de Instrucciones Complejo). Disponen de más de 80 instrucciones máquina en su repertorio, algunas de las cuales son muy sofisticadas y potentes, requiriendo muchos ciclos para su ejecución. Una ventaja de los procesadores CISC es que ofrecen al programador instrucciones complejas que actúan como macros, es decir, que si las tuviésemos que implementar con instrucciones básicas, acabaríamos con dolor de cabeza.

### RISC (Reduced Instruction Set Computer)

Tanto la industria de los computadores comerciales como la de los microcontroladores están decantándose hacia la filosofía RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido). En estos procesadores el repertorio de instrucciones máquina es muy reducido y las instrucciones son simples y generalmente, se ejecutan en un ciclo.

La sencillez y rapidez de las instrucciones permiten optimizar el hardware y el software del procesador.

### SISC (Simple Instruction Set Computing)

En los microcontroladores destinados a aplicaciones muy concretas, el juego de instrucciones, además de ser reducido, es específico, o sea, las instrucciones se adaptan a las necesidades de la aplicación prevista. Esta filosofía se ha bautizado con el nombre de SISC (Computadores de Juego de Instrucciones Específico).

#### **2.2.4.2. Memoria**

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Una parte debe ser no volátil, tipo ROM, y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil, y se destina a guardar las variables y los datos.

Hay dos peculiaridades que diferencian a los microcontroladores de los computadores personales:

- No existen sistemas de almacenamiento masivo como disco duro o disquetes.
- El microcontrolador solo se destina a una tarea en la memoria ROM, es por ello que se almacena un único programa de trabajo.

La RAM en estos dispositivos es de poca capacidad, pues solo debe contener las variables y los cambios de información que se produzcan en el transcurso del programa.

Según el tipo de memoria ROM que dispongan los microcontroladores, la aplicación y utilización de los mismos es diferente. A continuación se describen las cinco versiones de memoria no volátil que se pueden encontrar en los microcontroladores del mercado.

### **ROM con máscara**

Es una memoria no volátil de solo lectura cuyo contenido se graba durante la fabricación del chip. El elevado costo del diseño de la máscara solo hace aconsejable el empleo de los microcontroladores con este tipo de memoria cuando se precisan cantidades superiores a varios miles de unidades.

### **OTP**

El microcontrolador contiene una memoria no volátil de sólo lectura programable una sola vez por el usuario. OTP (One Time Programmable). Es el usuario quien puede escribir el programa en el chip mediante un sencillo grabador controlado por un programa desde un PC.

La versión OTP es recomendable cuando es muy corto el ciclo de diseño del producto, o bien, en la construcción de prototipos y series muy pequeñas.

Tanto en este tipo de memoria como en la EPROM, se suele usar la encriptación mediante fusibles para proteger el código contenido.

## **EPROM**

Los microcontroladores que disponen de memoria EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) pueden borrarse y grabarse muchas veces. La grabación se realiza, como en el caso de los OTP, con un grabador gobernado desde un PC. Si, posteriormente, se desea borrar el contenido, disponen de una ventana de cristal en su superficie por la que se somete a la EPROM a rayos ultravioleta durante varios minutos.

## **EEPROM**

Se trata de memorias de sólo lectura, programables y borrables eléctricamente EEPROM (Eléctrica Erasable Programmable Read Only Memory). Tanto la programación como el borrado, se realizan eléctricamente desde el propio grabador y bajo el control programado de un PC. Es muy cómoda y rápida la operación de grabado y la de borrado. No disponen de ventana de cristal en la superficie.

Los microcontroladores dotados de memoria EEPROM una vez instalados en el circuito, pueden grabarse y borrarse cuantas veces se quiera sin ser retirados de dicho circuito. Para ello se usan "grabadores en circuito" que confieren una gran flexibilidad y rapidez a la hora de realizar modificaciones en el programa de trabajo.

El número de veces que puede grabarse y borrarse una memoria EEPROM es finito, por lo que no es recomendable una reprogramación continua. Son muy idóneos para la enseñanza y la Ingeniería de diseño.

## **FLASH**

Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar. Funciona como una ROM y una RAM pero consume menos y es más pequeña.

A diferencia de la ROM, la memoria FLASH es programable en el circuito. Es más rápida y de mayor densidad que la EEPROM.

La alternativa FLASH está recomendada frente a la EEPROM cuando se precisa gran cantidad de memoria de programa no volátil. Es más veloz y tolera más ciclos de escritura/borrado.

Las memorias EEPROM y FLASH son muy útiles al permitir que los microcontroladores que las incorporan puedan ser reprogramados en circuito, es decir, sin tener que sacar el circuito integrado de la tarjeta. Así, un dispositivo con este tipo de memoria incorporado al control del motor de un automóvil permite que pueda modificarse el programa durante la rutina de mantenimiento periódico, compensando los desgastes y otros factores tales como la compresión, la instalación de nuevas piezas, etc. La reprogramación del microcontrolador puede convertirse en una labor rutinaria dentro de la puesta a punto.

### **2.2.4.3. Puertas de entrada y salida**

Las puertas de entrada y salida (E/S) permiten comunicar al procesador con el mundo exterior, a través de interfaces, o con otros dispositivos. Estas puertas, también llamadas puertos, son la principal utilidad de las patas o pines de un microprocesador. Según los controladores de periféricos que posea cada modelo de microcontrolador, las líneas de E/S se destinan a proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y control.

#### **2.2.4.4. Reloj principal**

Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia, que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema.

Esta señal del reloj es el motor del sistema y la que hace que el programa y los contadores avancen.

Generalmente, el circuito de reloj está incorporado en el microcontrolador y sólo se necesitan unos pocos componentes exteriores para seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo. Dichos componentes suelen consistir en un cristal de cuarzo junto a elementos pasivos.

#### **2.2.5. Recursos especiales de los microcontroladores (12)**

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 del diseñador es encontrar el modelo mínimo que satisfaga todos los requerimientos de su aplicación. De esta forma, minimizará el coste, el hardware y el software. Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

##### **2.2.5.1. Temporizadores o timers**

Se emplean para controlar periodos de tiempo (temporizadores) y para llevar la cuenta de acontecimientos que suceden en el exterior (contadores).

Para la medida de tiempos se carga un registro con el valor adecuado y a continuación dicho valor se va incrementando o decrementando al ritmo de los impulsos de reloj o algún múltiplo hasta que se desborde y llegue a 0, momento en el que se produce un aviso.

#### **2.2.5.2. Perro guardián o watchdog**

Cuando el computador personal se bloquea por un fallo del software u otra causa, se pulsa el botón del reset y se reinicia el sistema. Pero un microcontrolador funciona sin el control de un supervisor y de forma continuada las 24 horas del día. El Perro Guardián consiste en un contador que, cuando llega al máximo, provoca un reset automáticamente en el sistema.

Se debe diseñar el programa de trabajo que controla la tarea de forma que resetee al Perro Guardián de vez en cuando antes de que provoque el reset. Si falla el programa o se bloquea (si cae en bucle infinito), no se refrescará al Perro guardián y, al completar su temporización, provocará el reset del sistema.

#### **2.2.5.3. Protección ante fallo de alimentación o brownout**

Se trata de un circuito que resetea al microcontrolador cuando el voltaje de alimentación (VDD) es inferior a un voltaje mínimo (Brownout). Mientras el voltaje de alimentación sea inferior al de Brownout el dispositivo se mantiene reseteado, comenzando a funcionar normalmente cuando sobrepasa dicho valor.

#### **2.2.5.4. Estado de reposo o de bajo consumo**

Son abundantes las situaciones reales de trabajo en que el microcontrolador debe esperar, sin hacer nada, a que se produzca algún acontecimiento externo que le ponga de nuevo en funcionamiento. Para ahorrar energía, (factor clave en los aparatos portátiles), los microcontroladores disponen de una instrucción especial (SLEEP en los PIC), que les pasa al estado de reposo o de bajo consumo, en el cual los requerimientos de potencia son mínimos.

#### **2.2.5.5. Conversor A/D**

Los microcontroladores que incorporan un conversor A/D (Analógico/Digital) pueden procesar señales analógicas, tan abundantes en las aplicaciones. Suelen disponer de un multiplexor que permite aplicar a la entrada del CAD diversas señales analógicas desde las patillas del circuito integrado.

#### **2.2.5.6. Conversor D/A**

Transforma los datos digitales obtenidos del procesamiento del computador en su correspondiente señal analógica que saca al exterior por una de las patillas del chip. Existen muchos circuitos que trabajan con señales analógicas.

#### **2.2.5.7. Comparador analógico**

Algunos modelos de microcontroladores disponen internamente de un Amplificador Operacional que actúa como comparador entre una señal fija de referencia y otra variable que se aplica por una de las

patitas de la cápsula. La salida del comparador proporciona un nivel lógico 1 ó 0 según una señal sea mayor o menor que la otra.

#### **2.2.5.8. Modulador de anchura de pulsos 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.

#### **2.2.5.9. Puertas de E/S digitales**

Todos los microcontroladores destinan parte de su patillaje a soportar líneas de E/S digitales. Por lo general, estas líneas se agrupan de ocho en ocho formando puertos. Las líneas digitales de los puertos pueden configurarse como entrada o como salida cargando un 1 ó un 0 en el bit correspondiente de un registro destinado a su configuración.

#### **2.2.5.10. Puertas de comunicación**

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:

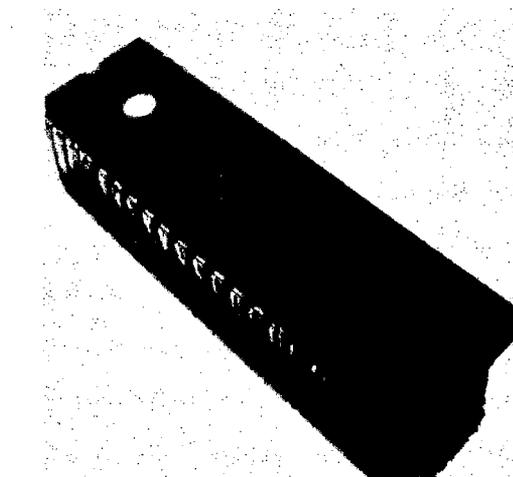
- USART, adaptador de comunicación serie.
- Puerta paralela esclava para poder conectarse con los buses de otros microprocesadores.

- 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.
- Otros como el puerto Firewire (IEE 1394), el IrDa (Infrared Communication) y el LIN BUS (Local Interconnect Network).

#### 2.2.6. El microcontrolador PIC 18F4550 (13)

Este microcontrolador es ideal para baja potencia (nanovatio) y aplicaciones de conectividad que se benefician de la disponibilidad de tres puertos serie:

Figura 2.9. Microcontrolador PIC 18f4550.



*Fuente: Pagina web." uelectronica.com.ve"*

Posee grandes cantidades de memoria RAM para el almacenamiento en buffer y la memoria de programa Flash mejorado lo hacen ideal para el control integrado y aplicaciones de monitoreo que requieran una conexión periódica

con un (legado libre) de ordenadores personales a través de USB para los datos de carga / descarga y / o actualizaciones de firmware.

#### 2.2.6.1. Características del microcontrolador PIC 18f4550

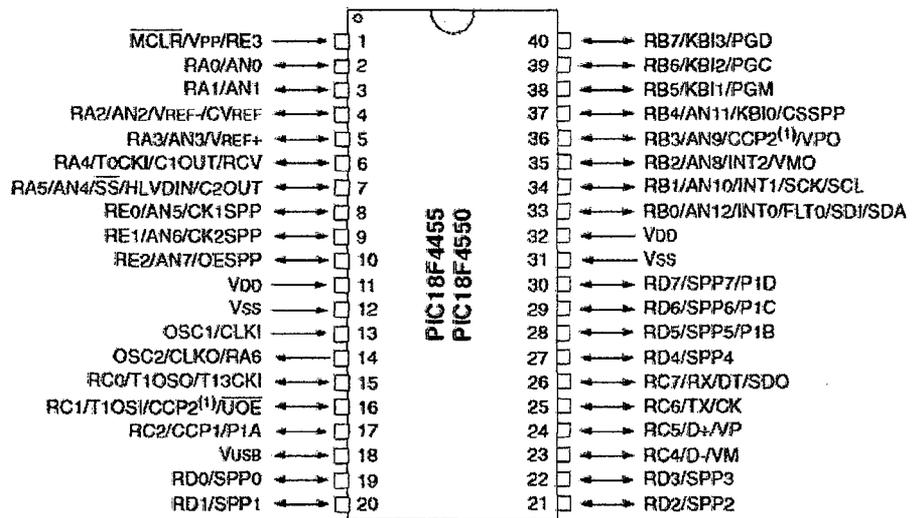
**Tabla 2.1. Características del microcontrolador PIC 18f4550.**

Nombre del parámetro	Valor
Tipo de Programa Memoria	Flash
Frecuencia de operación	Hasta 48 Mhz
Memoria del programa	32 Kbytes
Velocidad de la CPU	12
Memoria RAM	2 Kbytes
Memoria EEPROM	256 bytes
Temporizadores	4
ADC	13 canales, 10-bits
Comparadores análogos	2
USB (ch, la velocidad, el cumplimiento)	1, Full Speed, USB 2.0
Rango de temperatura (C)	-40 A 85
Rango de Voltaje (V)	2 a 5,5
Líneas de entrada/salida	35

*Fuente: Elaboración propia.*

### 2.2.6.2. Diagrama de conexiones

Figura 2.10. Descripción de puertos del microcontrolador PIC 18f4550.



Fuente: Pagina web. "picmania.garcia-cuervo.net"

## 2.3. Adquisición y procesamiento de datos (14)

### 2.3.1. Proceso de adquisición de datos

Como paso previo, antes de realizar un tratamiento digital de la información, está, el proceso de adquisición de datos, en este proceso se realiza una medición de la magnitud física.

El proceso a seguir con las señales desde la adquisición de estas, por medio del sensor adecuado, hasta la digitalización consta de tres etapas:

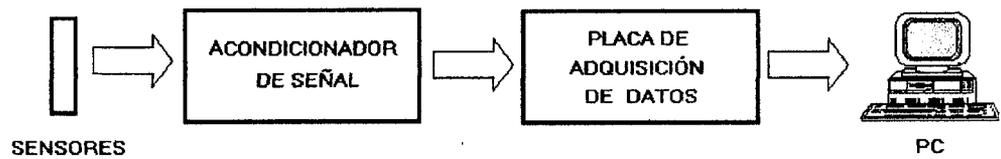
**Conversión** de la magnitud a una señal eléctrica.

**Adaptación** de la señal eléctrica para su lectura digital.

Sistema hardware de **adquisición** de datos, generalmente a través de un computador.

Proceso de adquisición de datos:

**Figura 2.11.** Esquema de sistema de adquisición de datos.



*Fuente: Mora Mora, Higinio. "Sistema de adquisición y procesamiento de datos".*

Una parte fundamental en todo sistema de adquisición de datos, es el elemento encargado de percibir la magnitud a medir "Los sensores".

### 2.3.1.1 Sensores (15)

Dispositivos que responden a algunas propiedades de tipo eléctrico, mecánico, térmico, magnético, químico, etc., generando una señal eléctrica que puede ser susceptible de medición. Normalmente las señales obtenidas a partir de un sensor son de pequeña magnitud y necesitan ser tratadas convenientemente en los aspectos de amplificación y filtrado principalmente.

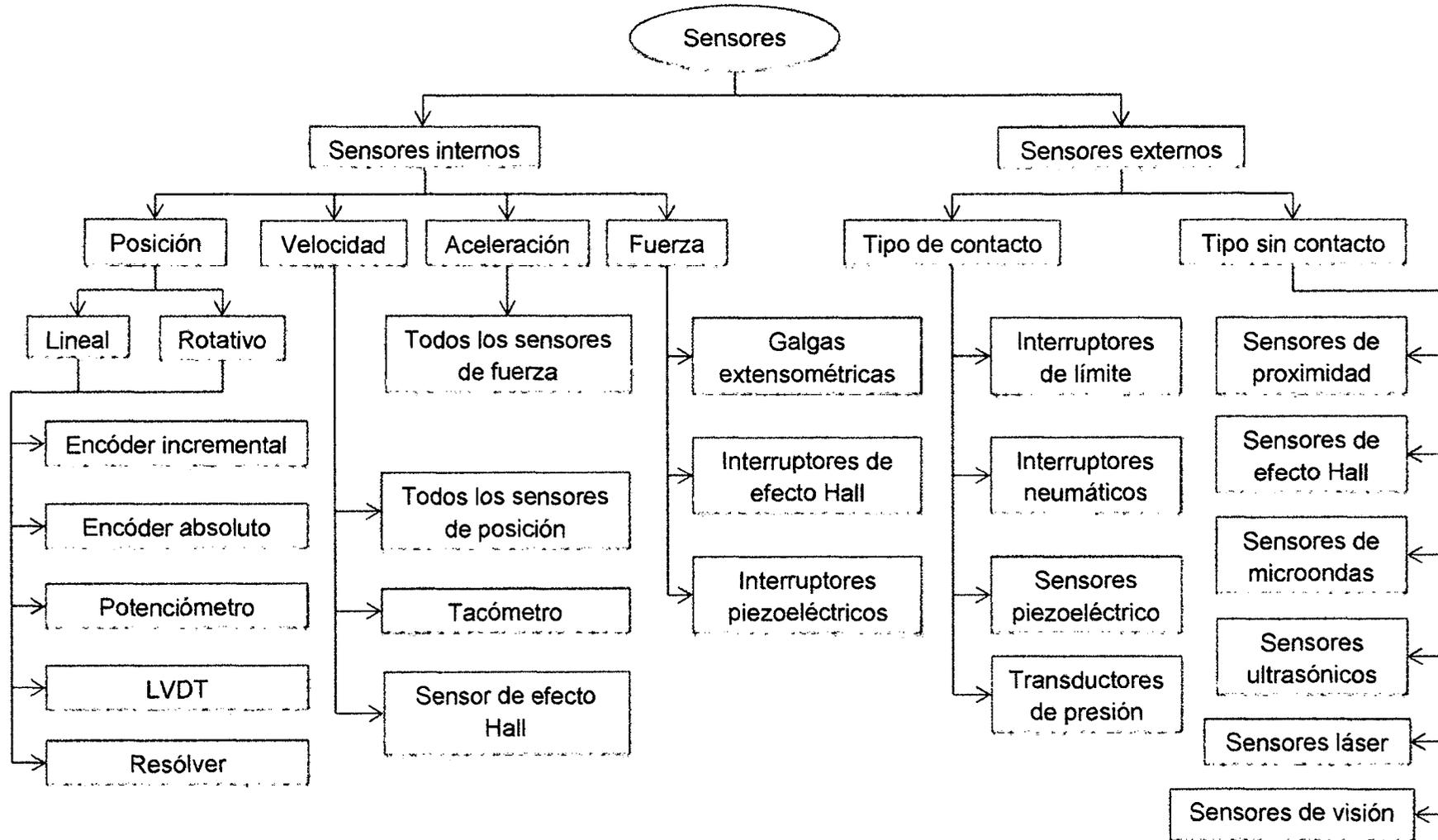
Si a un elemento sensor se le adjunta un dispositivo de acondicionamiento de señal, entonces se le denomina transductor.

Los sensores pueden ser (16):

**Discretos** (o digitales), aquellos cuya salida solo tienen dos estados. Por ejemplo: pulsadores, fines de carrera, termostatos, presostatos, etc.

**Analógicos** Aquellos cuya salida toma diferentes valores de salida para diferentes valores de la variable de entrada. Por ejemplo: termocupla, RTD, etc.

Figura 2.12. Clasificación de sensores (17).



Fuente: Kumar Saha, Subir. "Introducción a la robótica".

De esta manera, y con el debido acondicionamiento, la señal de salida puede ser tratada por un equipo automático de adquisición de datos.

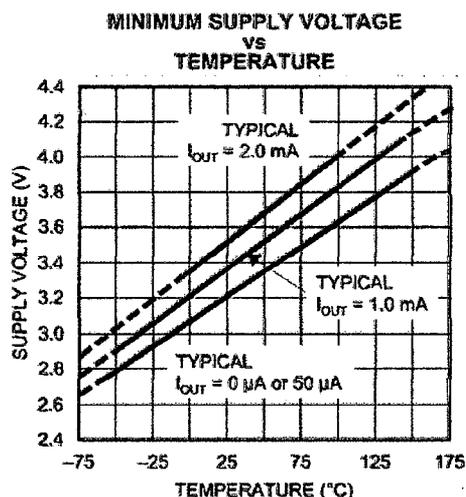
Las señales del mundo real son, en general, **analógicas** y varían de manera continua en el tiempo, para que un computador sea capaz de procesarla se debe convertir a **datos digitales**.

Cada uno de estos sensores tiene unas características propias y genera una tensión o intensidad determinada, por lo que estas señales tienen que ser adaptadas para ser tratadas en una tarjeta de adquisición de datos.

### 2.3.1.2 Sensor de temperatura Im35 (18).

La serie Im35 son sensores de temperatura de precisión, con una tensión de salida linealmente proporcional a la temperatura en centígrados. El Im35 no requiere ninguna calibración externa o el recorte para proporcionar una precisión típica de  $\pm 1/4$  ° C a la temperatura ambiente y  $\pm 3/4$  ° C durante un total de  $-55$  ° C a  $+150$  ° C Rango de temperatura.

Figura 2.13. Voltaje VS temperatura en el Im35



Fuente: Texas instruments "Datasheet Im35".

### 2.3.1.3 Características del Im35

Tabla 2.2. Características principales del Im35.

Parámetro	Valor
Calibración directa en °C	Si
Factor de escala lineal	+10.0 mV/°C
Rango de operación	-55 a +150 °C
Conveniente para usos remotos	Si
Tensión de operación	4 – 30 V.
Salida de impedancia baja	0.1 W para una carga de mA
Bajo costo	Si

*Fuente: Texas instruments "Datasheet Im35".*

### 2.3.2. Acondicionador de señal (19)

Los acondicionadores, preparan la señal que vamos a procesar antes de ingresarlo al convertidor A/D, a un microprocesador PIC u otro. La alta integración de los circuitos está desplazando los montajes con muchos componentes a diminutas placas con mayor precisión en el proceso analógico, empezando por el uso de amplificadores operacionales integrando varios de ellos en uno sólo, como los amplificadores de instrumentación.

#### 2.3.2.1. Amplificador operacional

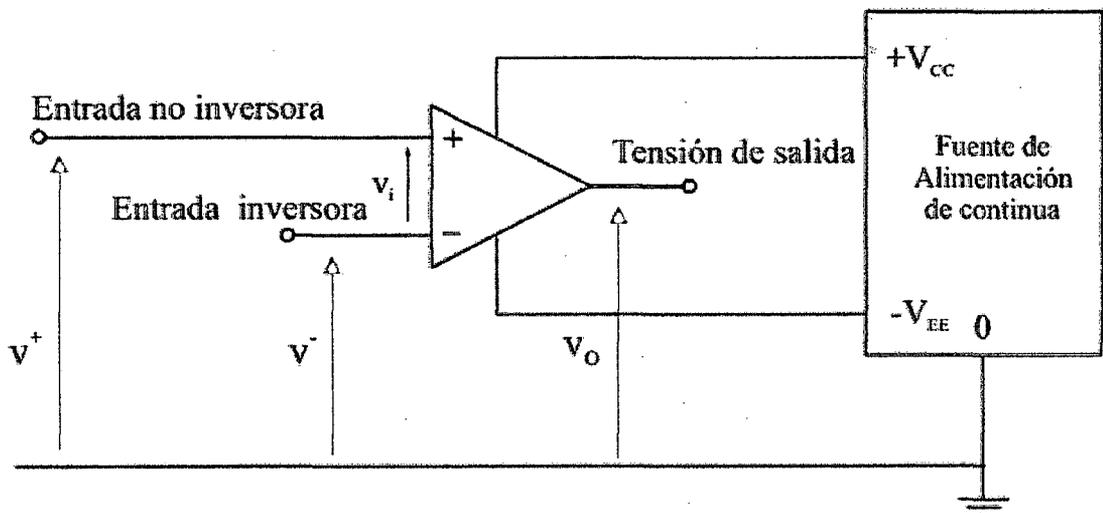
Un amplificador operacional, u *op-amp*, es un amplificador diferencial de muy alta ganancia que posee alta impedancia de entrada y baja impedancia de salida. Por lo general el amplificador operacional se utiliza para proporcionar cambios en la amplitud de

voltaje (amplitud y polaridad), en osciladores, en circuitos de filtro y en muchos circuitos de instrumentación. Un *op-amp*, contiene varias etapas de amplificador diferencial para obtener una ganancia de voltaje muy alta.

Los amplificadores operacionales modernos integran, en una pequeña cápsula, un gran número de transistores y resistencias, lo cual ofrece significativas ventajas sobre los amplificadores implementados en forma discreta, tales como:

- Ahorro de espacio.
- Menor costo en comparación con el uso de varios componentes discretos.
- Facilidad de empleo, sencillo desarrollo de circuitos.
- Características y datos técnicos de alto rendimiento.

Figura 2.14. Símbolo eléctrico y terminales de un amplificador operacional.



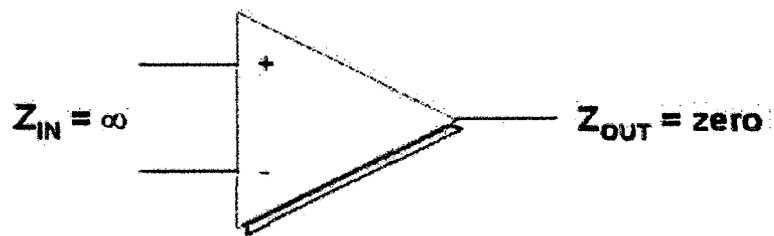
Fuente: Universidad politécnica de Valencia. "Sensores de temperatura. Aplicaciones para microcontroladores".

### 2.3.2.2. Amplificador operacional ideal

El amplificador operacional "ideal" tiene las siguientes características:

- Impedancia de entrada infinita.
- Impedancia de salida cero.
- Ganancia infinita en lazo abierto en todas las frecuencias.
- Ningún error en DC.
- Rechazo en modo común infinito.

Figura 2.15. Amplificador operacional ideal.

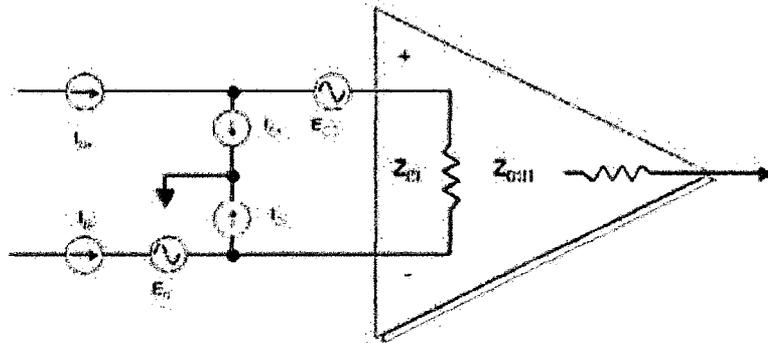


*Fuente: Universidad politécnica de Valencia. "Sensores de temperatura. Aplicaciones para microcontroladores".*

### 2.3.2.3. Amplificador operacional real

Un amplificador operacional "real" tiene un conjunto de parámetros finitos que a veces se denominan como términos de error.

Figura 2.16. Amplificador operacional real.



*Fuente: Universidad politécnica de Valencia. "Sensores de temperatura. Aplicaciones para microcontroladores".*

#### Parámetros típicos en DC:

- Tensión de "offset" de entrada,  $E_{os}$  ó  $V_{os}$ .
- Corriente de "bias" de entrada  $I_b$ .

#### Parámetros típicos en AC:

- Tensión de ruido de entrada,  $E_n$ .
- Corriente de ruido de entrada,  $I_n$ .
- Pequeña señal / ancho de banda
- Slew rate.

Los valores de estos parámetros determinarán las aplicaciones para las que un amplificador está mejor preparado.

#### 2.3.2.4. Clasificación de los amplificadores

Los amplificadores operacionales se pueden clasificar de la siguiente manera:

### **Precisión**

Están caracterizados por una baja tensión de "offset" y baja deriva del "offset" por temperatura. Los rangos típicos de los voltajes de offset de entrada de los amplificadores operacionales son:

- Chopper  $< 1 \mu V$ .
- Bipolares de precisión 10 - 25  $\mu V$ .
- Bipolares de propósito General 50 - 500  $\mu V$ .
- FET 50 - 1000  $\mu V$ .
- Bipolares de Alta Velocidad 100 - 2000  $\mu V$ .

### **Baja corriente de Bias (Low Bias current)**

Están caracterizados por una corriente de bias y una muy alta impedancia de entrada. Los amplificadores con transistores de efecto de campo (FET) son los que tienen mejor estas características. Los rangos típicos de corriente de "bias" según la tecnología de los amplificadores operacionales son:

- BJT (Bipolar Junction Transistor): Típicamente de 10 nA. a 20 mA. Varía lentamente con la temperatura. Impedancia de entrada de centenares de M $\Omega$ .
- FET (Field Effect Transistor): Típicamente  $\ll 1 \text{ pA}$ . Dobra por cada 10 °C de decremento en temperatura. Impedancia de entrada  $10^{12} \Omega$ .

### **Bajo ruido (Low noise)**

Están caracterizados por una baja densidad de tensión de ruido (<10 nV. por raíz de Hz.) y una baja densidad de corriente de ruido (<10 pA. por raíz de Hz.)

### **Alta velocidad (High Speed)**

Están caracterizados por: High gain bandwidth product > 10 MHz.  
Slew rates > 50 V/ms. setting times < 100 ns.

### **Alimentación única (Single supply)**

Los amplificadores operacionales se usan en aplicaciones de muy bajo consumo y bajo voltaje (1.8 V a 5 V).

### **Rail - toRail**

Un verdadero amplificador operacional Rail-to-Rail puede oscilar dentro de unos pocos mili voltios (mV) de alimentación, a la entrada o salida de ambos.

El objetivo del acondicionador de señal es generar, a partir de lo obtenido por los sensores, una señal que sea aceptable por las tarjetas de adquisición de datos. Las tarjetas de adquisición de datos suelen admitir niveles de tensión que van entre unos márgenes determinados: -12V a 12V, 0 a 5V, etc.

#### **2.3.2.5. Funciones principales de los acondicionadores de señal**

Las funciones principales que va a tener que realizar el acondicionador de señal son las siguientes:

- Transformación
- Amplificación
- Conversión por medio de optoacopladores
- Filtrado
- Excitación
- Linealización

### **Transformación**

Los sensores pueden proporcionar una diferencia de potencial, o una variable de intensidad. Normalmente las tarjetas de adquisición de datos admiten diferencias de potencial, por lo que si el sensor proporciona una variación de intensidad, esta debe ser convertida en una diferencia de potencial proporcional.

### **Amplificación**

La señal proporcionada por los sensores suele ser de un valor muy pequeño, por lo que debe ser amplificada con el fin de que pueda ser detectada correctamente por la tarjeta de adquisición de datos. La amplificación debe ser tal que las variaciones de la señal recorran todo el margen de la tarjeta de adquisición de datos. La amplificación de las señales, en su origen, reduce el ruido que les puede afectar en su transmisión hasta el computador.

### **Conversión por medio de optoacopladores**

Consiste en la conversión de una señal eléctrica en una señal óptica, de luz. El principal objetivo de esta conversión consiste en aislar los sistemas eléctricos de los sensores de los sistemas

eléctricos de la tarjeta de adquisición para que de esta forma, se evite tener que usar masas comunes, que en algunos casos producen problemas de derivación de corrientes. Conviene que los sensores de calidad realicen esta conversión por medio de optoacopladores.

### **Filtrado**

Con el filtrado se pretende eliminar ruidos de alta frecuencia que pueden hacer perder exactitud al sistema de adquisición de datos. Lo ideal es transportar la señal del sensor lo más limpia posible a la tarjeta de adquisición.

### **Excitación**

Hay muchos sensores que necesitan de una excitación, bien en corriente, bien en tensión, para producir la variación proporcional a la magnitud a medir.

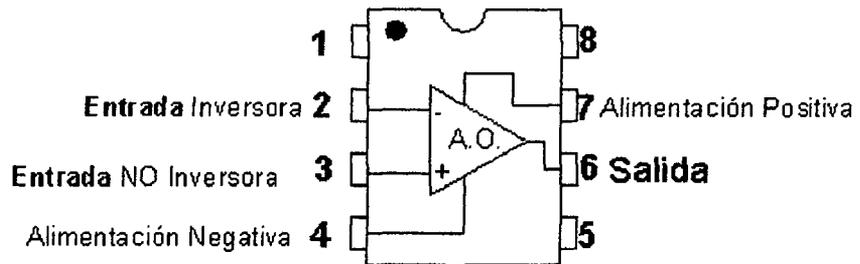
### **Linealización**

No todos los sensores tienen una variación lineal con respecto a las variaciones de la magnitud que se miden; a veces es necesario realizar unos cálculos para convertir la respuesta del sensor en lineal.

#### **2.3.2.6. Amplificador operacional lm741 (20)**

La serie LM741 son amplificadores operacionales de propósito general que cuentan con un mejor rendimiento en los estándares de la industria. Los amplificadores ofrecen muchas características bastante normales y ampliamente utilizado en aplicaciones que no sean muy críticas, es decir audio (no HiFi), baja frecuencia, etc.

**Figura 2.17.** Conexión interna del Im741.



*Fuente: Texas instruments "Datasheet Im741"*

### 2.3.2.7. Características principales del Im741

**Tabla 2.3.** Características principales del Im741.

Nombre del parámetro	Valor
Voltaje de alimentación	Hasta +-22 v
Voltaje de entrada	Hasta +-15 v
Potencia de disipación	500 mW
Resistencia de entrada	2 MΩ
Rango de temperatura	-55°C a +125°C
Composición de op-amp	1

*Fuente: Texas instruments "Datasheet Im741"*

### 2.3.3. Tarjeta de adquisición de datos (21)

El último paso en un sistema de adquisición de datos son las tarjetas de adquisición de datos, estas tarjetas se encargan de:

- Las conversiones de señales desde analógica a digital ADC.
- La comunicación con el ordenador.

### 2.3.3.1. Características

Como características más relevantes de una tarjeta de adquisición de datos están:

- Número de canales analógicos
- Velocidad de muestreo
- Resolución
- Rango de entrada.
- Capacidad de temporización
- Forma de comunicarse con el computador

#### **Número de canales analógicos**

Nos indica la cantidad de magnitudes distintas que podemos adquirir con la misma tarjeta. Generalmente las tarjetas disponen de un único ADC y los diferentes canales se generan por medio de un multiplexor analógico.

#### **Velocidad de muestreo**

Cuanto mayor sea la velocidad de muestreo mejor representación obtendremos de la señal analógica, en cualquier caso la velocidad de muestreo debe ser siempre mayor que el doble de la frecuencia de la señal que queremos muestrear. /\*Según el Teorema de Nyquist\*/

Ejemplo: Si queremos digitalizar una señal de audio cuya frecuencia está comprendida entre 20 Hz y 20 KHz, la mínima velocidad de muestreo que necesitamos es de 40 000 muestras por

segundo. La reproducción de la señal obtenida, será de mayor fidelidad con velocidades de muestreo superiores.

La velocidad de muestreo depende de los canales que queramos tener activos. Las especificaciones de las tarjetas suelen indicar la velocidad de muestreo del ADC, a medida que aumenta el número de canales que este debe atender disminuirá el número de muestras por segundo que podemos obtener en cada canal y esto se representa por la ecuación (2.3).

$$V_{muestreo\ por\ canal} = \frac{V_{muestreo\ ADC}}{N^{\circ}\ canales} \quad (2.3)$$

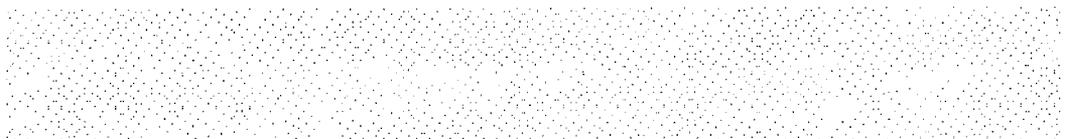
### **Resolución**

Viene dada por el número de bits del ADC que se utilizan para representar cada muestra, a mayor número de bits del ADC la tarjeta será capaz de detectar variaciones menores en la señal. El número de distintos niveles en que se divide la señal a convertir viene dado por  $2^n$ , siendo  $n$  la longitud de palabra del conversor.

### **Rango de entrada**

Indica los márgenes entre los que debe estar la señal de entrada para que pueda ser convertida. Las tarjetas de adquisición de datos suelen dar varias posibilidades que se pueden seleccionar por hardware o por software.

Estas 4 características vienen a determinar la capacidad y la precisión de la tarjeta de adquisición:



**Tabla 2.4.** Características de la adquisición de datos.

<b>A mayor número de canales</b>	Mayor capacidad
<b>A mayor velocidad de muestreo</b>	Mayor capacidad
<b>A mayor resolución</b>	Mayor precisión
<b>A menor rango de entrada</b>	Mayor precisión, ya que se con los mismos bits de resolución se tendrá que representar un menor rango.

*Fuente: MORA MORA, Higinio. "Sistema de adquisición y procesamiento de datos".*

### **Capacidad de temporización**

La capacidad de temporización interna en la propia tarjeta de adquisición de datos es una característica interesante en estos sistemas, ya que permite unas funcionalidades adicionales:

- Puede controlar los momentos en los que se debe leer una señal.
- Identificar cuantas veces se ha producido un evento.
- Generar formas de onda de acuerdo al reloj.
- Etc.

Y de esta forma descarga de estas misiones al computador que podrá usar ese tiempo para otras ocupaciones. También proporciona una forma de trabajo en tiempo real en aquellos casos en los que el

computador no puede atenderla debido a sobrecargas o a limitaciones en su sistema operativo.

### **Forma de comunicarse con el computador**

Su funcionamiento, como dispositivo periférico se puede realizar de dos formas:

- Mediante entrada-salida por interrupción, lo normal.
- Mediante acceso directo a memoria (DMA). En aquellos casos en los que el flujo de datos puede ser elevado.

## **2.3.4. Fundamentos de procesamiento de señal (22)**

### **2.3.4.1. Muestreo de señales analógicas**

Para obtener datos digitales a partir de señales analógicas, la señal debe ser muestreada: Esto significa tomar el valor instantáneo de la señal en un momento determinado. Para una señal continua, las muestras se toman a intervalos regulares, generalmente con un periodo de muestreo fijo entre medidas.

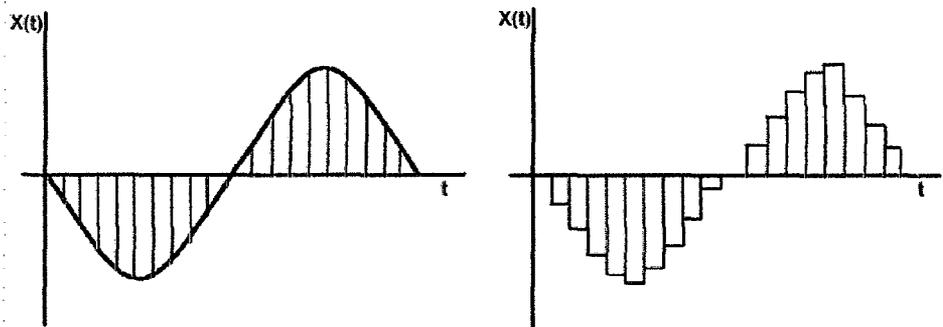
Para recoger información útil, un factor clave es el ritmo o frecuencia con la que se toman las medidas.

En una aplicación de procesamiento de señal en la que tenemos que muestrear una señal continua ¿cómo sabemos qué frecuencia de muestreo debemos utilizar? El teorema que define la mínima frecuencia requerida para representar de una manera precisa una señal analógica se denomina Teorema de Nyquist.

## Teorema de Nyquist

El Teorema de Nyquist indica que la frecuencia de muestreo mínima que tenemos que utilizar debe ser mayor que  $2 \cdot f_{max}$ , donde  $f_{max}$  es la frecuencia máxima de la señal. Si utilizamos esa frecuencia de muestreo, podremos reproducir posteriormente la señal a partir de las muestras tomadas. La demostración matemática de este teorema se puede buscar en muchos libros de física.

Figura 2.18. Representación del teorema de Nyquist.



*Fuente: MORA MORA, Higinio. "Sistema de adquisición y procesamiento de datos".*

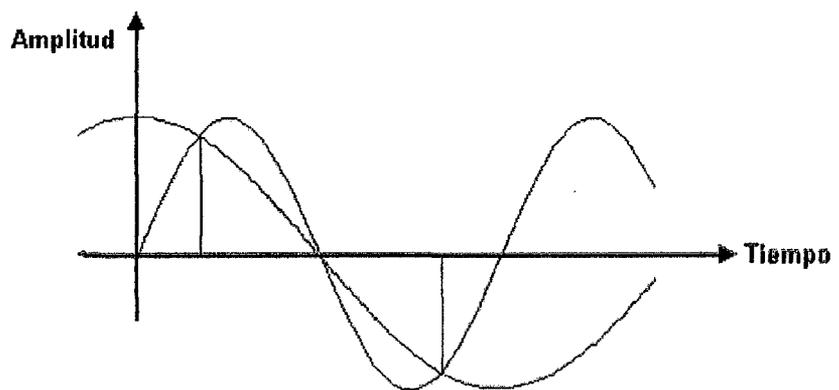
**¿Qué sucede si utilizáramos una frecuencia de muestreo más alta?**

Si utilizáramos una frecuencia más alta que la que nos dice Nyquist obtendríamos una representación más exacta de la señal de entrada. Sin embargo, debemos buscar un compromiso: cuanta más alta es la frecuencia de muestreo más alto es el número de muestras por segundo que se deberán procesar, por lo que los procesadores de señal deberán ser más potentes o realizar menos procesamiento en cada muestra.

**¿Qué sucede si utilizamos una frecuencia por debajo de la especificada por el Teorema de Nyquist?**

Si utilizamos una frecuencia inferior aparece un fenómeno llamado Aliasing. Esto significa que cuando intentamos reconstruir la señal aparece una onda senoidal de frecuencia más baja. Este fenómeno se presenta por el hecho de que las muestras se pueden unir para crear una forma de onda de frecuencia más baja que es totalmente diferente de la onda original.

**Figura 2.19. Efecto Aliasing.**



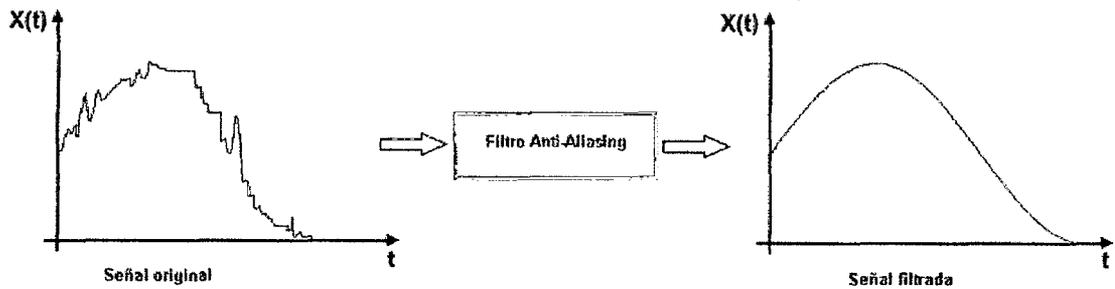
*Fuente: MORA MORA, Higinio. "Sistema de adquisición y procesamiento de datos".*

#### **2.3.4.2. Proceso de obtención de la señal digital**

El proceso de muestreo convierte una señal digital continua en una serie de valores digitales discretos.

En primer lugar debemos eliminar primero las componentes de la señal por encima de la frecuencia de Nyquist ya que estas, no deben ser muestreadas. Esto se consigue usando un filtro anti-aliasing. El filtro anti-aliasing no es más que un filtro paso bajo analógico.

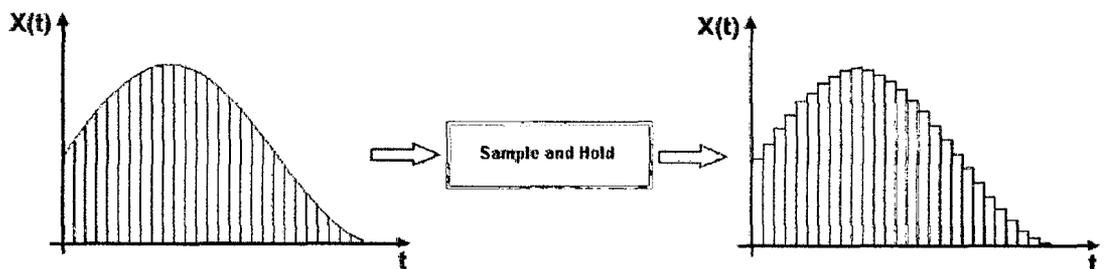
Figura 2.20. Filtro Anti-Aliasing.



**Fuente:** MORA MORA, Higinio. "Sistema de adquisición y procesamiento de datos".

La señal de entrada continua se pasa entonces a un circuito *sample and hold*. Este circuito toma muestras a un ritmo fijo y mantiene el valor hasta que se toma la muestra siguiente, dando como resultado una forma de onda escalonada.

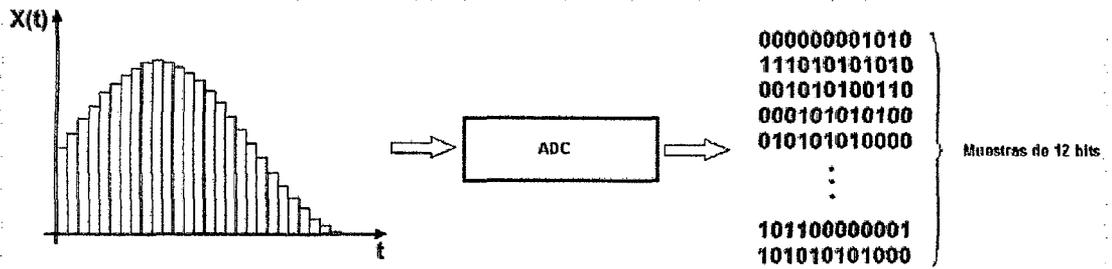
Figura 2.21. Paso por circuito Sample and hold.



**Fuente:** MORA MORA, Higinio. "Sistema de adquisición y procesamiento de datos".

Los valores muestreados se deben convertir ahora en números que ya están listos para ser procesador. Este proceso se denomina cuantificación, y se realiza mediante un conversor analógico/digital (ADC).

Figura 2.22. Proceso de cuantificación.



*Fuente: MORA MORA, Higinio. "Sistema de adquisición y procesamiento de datos".*

Para cuantificar la señal, utilizamos un número de niveles que representan escalones de amplitud de entrada; para cada muestra ADC devuelve un valor que representa el nivel más cercano al valor de la muestra.

### 2.3.5. ADCs y DACs

Para convertir una señal analógica en digital y viceversa, el sistema requiere convertidores analógico/digital y digital/analógico.

El ADC y el DAC cada vez con mayor frecuencia se pueden integrar en un solo dispositivo junto con los filtros necesarios antialiasing y de reconstrucción.

Hay dos tipos principales:

- Los chips de Interfaz Analógico (AIC).
- Los chips Codificador/Decodificador (CODEC).

La diferencia principal entre estos dos tipos es que los AIC están disponibles para un rango más amplio de aplicaciones, mientras que los

CODEC se orientan generalmente a las telecomunicaciones utilizando cuantificación logarítmica y un ancho de banda fijo.

#### **2.3.5.1. Conversores Analógico/Digital (ADC)**

Hay diversos tipos de ADC disponibles actualmente, la mayoría de los cuales también contienen el circuito *sample and hold* requerido para digitalizar señales analógicas.

#### **2.3.5.2. Conversor Digital/Analógico (DAC)**

Para reconstruir una señal analógica después de procesar la señal digital, se utiliza un conversor digital/analógico (DAC). Los DAC son generalmente mucho más baratos que el ADC usado en un sistema.

### **2.4. Medios de transmisión (23)**

Para que una red funcione, los dispositivos deben estar interconectados, ya sea por medios cableados o inalámbricos. El soporte físico a través del cual emisor y receptor pueden comunicarse se conoce como medio de transmisión de datos.

Los medios de transmisión se pueden dividir en dos grandes categorías:

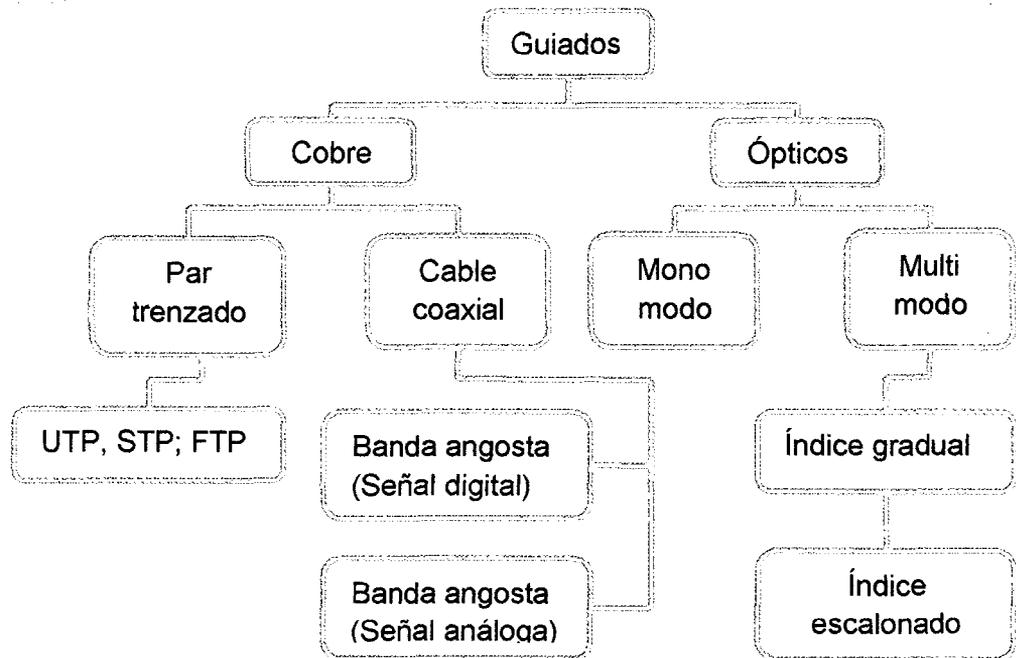
- guiados
- no guiados

#### **2.4.1. Medios guiados**

Los medios guiados son aquellos que utilizan componentes físicos y sólidos para la transmisión de datos. Están constituidos por un cable conductor de un dispositivo al otro. Algunos de los medios de transmisión guiados más

utilizados son: cables de pares trenzados, cables coaxiales y cables de fibra óptica.

Figura 2.23. Clasificación de medios guiados.



*Fuente: Ruiz, Maryem. Patiño, Luis. "Fundamentos de redes de comunicación".*

El cable de par trenzado y el coaxial usan conductores metálicos como el cobre que acepta y transporta señales de corriente eléctrica. La fibra óptica es un cable de cristal o plástico que acepta y transporta señales en forma de luz.

#### 2.4.1.1. Cable de par trenzado

Es el medio de transmisión guiado más utilizado para datos analógicos y digitales, en diferentes tipos de tráfico: voz, datos y video.

Se le dio este nombre por tener dos alambres de cobre, de 1 mm de espesor, trenzados entre si en forma de hélice y aislados, lo que hace que se elimine la interferencia entre pares y que tenga una baja inmunidad al ruido electromagnético.

El cable par trenzado puede alcanzar varios Mbps de ancho de banda, dependiendo del calibre, el material y la distancia. Puede adquirirse por un bajo costo. Un ejemplo de su uso es el sistema telefónico.

Existen dos tipos de par trenzado: sin blindaje y blindado.

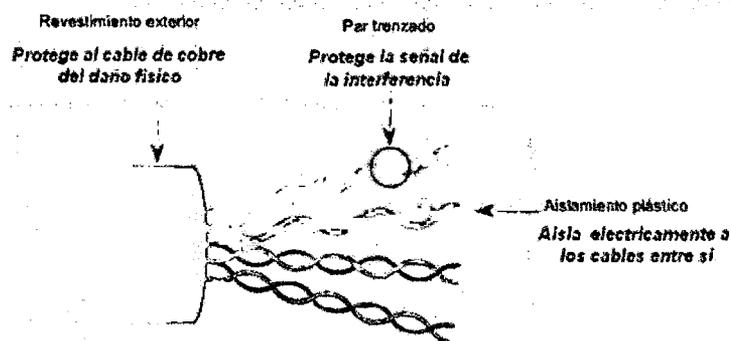
### **Cable de par trenzado sin blindaje (UTP: Unshielded Twisted Pair)**

El cable de par trenzado sin blindaje es el tipo más frecuente de medio de comunicación que se usa actualmente, tiene una amplia difusión en telefonía y en redes LAN.

Está formado por dos hilos, cada uno de los cuales está recubierto de material aislante; como Teflón o PVC, debido a que el primero genera poco humo en incendios. Se distinguen dos tipos de recubrimiento: el rígido (para cableado vertical y horizontal) y flexible (para patch cord).

Generalmente, como se muestra en la figura (2.25), posee 4 pares: blanco azul-azul, blanco naranja- naranja, blanco verde-verde, blanco café-café.

**Figura 2.24. Componentes del cable UTP.**



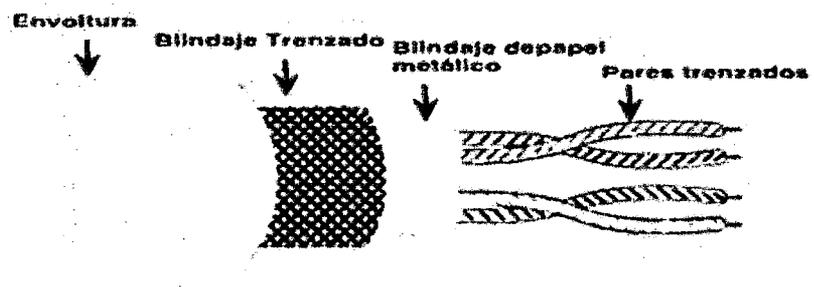
**Fuente:** Ruiz, Maryem. Patiño, Luis. "Fundamentos de redes de comunicación".

### Cable de par trenzado blindado (STP: Shield Twisted Pair)

El cable de par trenzado blindado (STP) combina las técnicas de blindaje, cancelación y trenzado de cables. Tiene una funda de metal o un recubrimiento de malla entrelazada que envuelve cada par de hilos aislados; lo que hace que tenga mayor protección que el UTP, protegiéndolo contra interferencias y ruido eléctrico, haciendo que sea difícil de instalar.

Es utilizado generalmente dentro de centros de informática por su capacidad y sus buenas características contra las radiaciones electromagnéticas. La pantalla del STP, para que sea más eficaz, requiere una configuración de interconexión con tierra.

Figura 2.25. Componentes del cable STP.



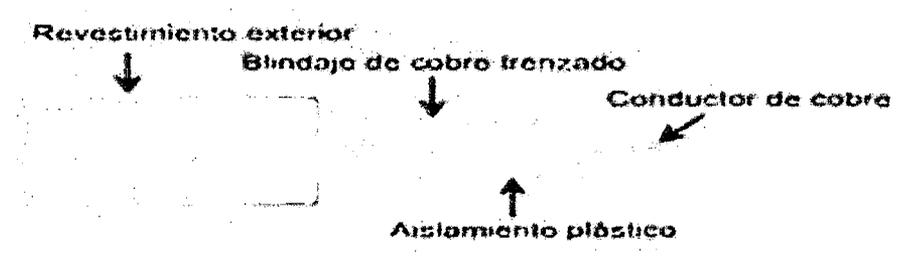
*Fuente: Ruiz, Maryem. Patiño, Luis. "Fundamentos de redes de comunicación".*

#### 2.4.1.2. Cable coaxial

El cable coaxial consiste de un conductor de cobre rodeado de una capa de aislante flexible. El conductor central también puede ser hecho de un cable de aluminio cubierto de estaño que permite que el cable sea fabricado de forma económica.

Para su conexión se utilizan conectores BNC simples y en T. En una red al final del cable principal de red se deben instalar resistencias especiales, resistores, para evitar la reflexión de las ondas de señal.

Figura 2.26. Componentes del cable coaxial.



*Fuente: Ruiz, Maryem. Patiño, Luis. "Fundamentos de redes de comunicación".*

### Fibra óptica

La luz es una onda electromagnética y por tanto posee características como reflexión y refracción. La fibra óptica se basa en este último principio, donde en vez de corriente eléctrica se transmite luz. Está construida a partir de vidrio ( $\text{SiO}_2$ ) o plásticos altamente puros (Kebrel).

Para transmisión digital la presencia de luz simboliza un 1, y la ausencia un 0. Puede transmitirse hasta a 1000 Mbps en 1 km y 100 km sin repetidores (a menor velocidad). Aunque hoy tiene un ancho de banda de 50.000 Gbps, es limitada por la conversión entre las señales ópticas y eléctricas (1 Gbps).

El sistema de fibra óptica está constituido por 3 componentes que son:

**Emisor:** Es la fuente de Luz (LED/LASER) que se encarga de convertir energía eléctrica en óptica.

**Medio:** La fibra óptica encargada de llevar los pulsos de luz.

**Receptor:** El Fotodetector que convierte pulsos de luz en eléctricos.

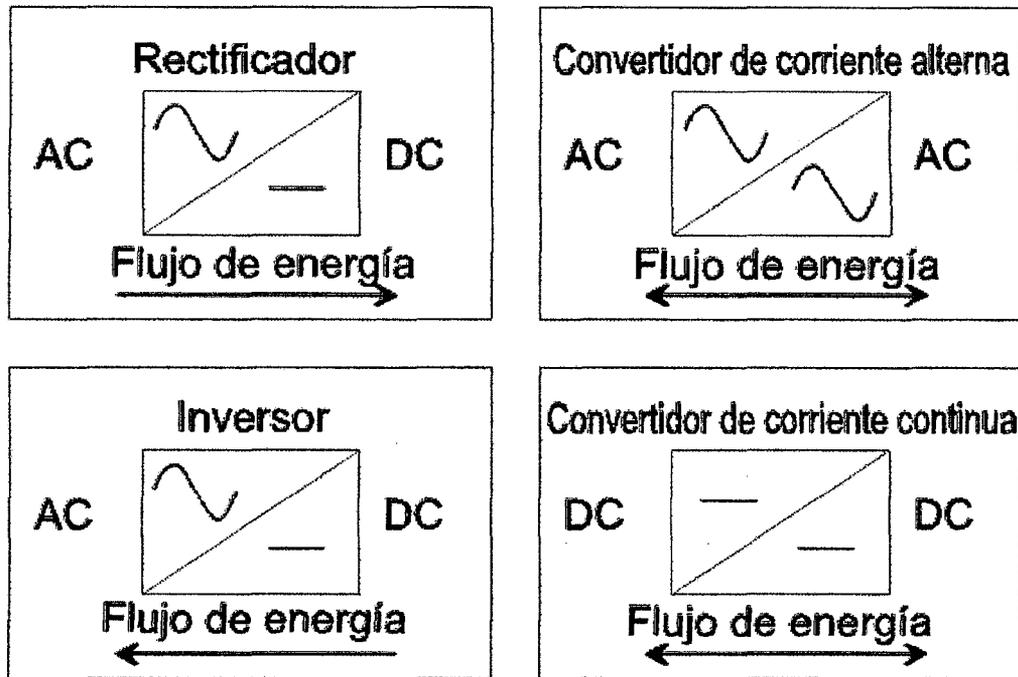
## 2.5. Electrónica de potencia (24)

Durante muchos años ha existido la necesidad de controlar la potencia eléctrica de los sistemas de tracción y de los controles industriales impulsados por motores eléctricos; esto ha llevado a un temprano desarrollo del sistema Ward-Leonard con el objeto de obtener un voltaje de corriente directa variable para el control de los motores e impulsores. La electrónica de potencia ha revolucionado la idea de control para la conversión de potencia y para el control de los motores eléctricos.

La electrónica de potencia combina la energía, la electrónica y el control. El control se encarga del régimen permanente y de las características dinámicas de los sistemas de lazo cerrado. La energía tiene que ver con el equipo de potencia estática y rotativa o giratoria, para la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. La electrónica se ocupa de los dispositivos y circuitos de estado sólido requeridos en el procesamiento de señales para cumplir con los objetivos de control deseados.

La electrónica de potencia se puede definir como la aplicación de la electrónica de estado sólido para el control y la conversión de la energía eléctrica, tal como se indica en el gráfico (25).

Figura 2.27. Posibilidades de conversión de la energía eléctrica.



Fuente: LUCAS-ÑULLE L@Bsoft. "Electrónica de potencia".

La electrónica de potencia se basa, en primer término, en la conmutación de dispositivos semiconductores de potencia. Con el desarrollo de la tecnología de los semiconductores de potencia, las capacidades de manejo de la energía y la velocidad de conmutación de los dispositivos de potencia han mejorado tremendamente. El desarrollo de la tecnología de los microprocesadores – microcomputadores tiene un gran impacto sobre el control y la síntesis de la estrategia de control para los dispositivos semiconductores de potencia. El equipo de electrónica de potencia moderno utiliza (1) semiconductores de potencia, que pueden compararse con el musculo, y (2) microelectrónica, que tiene el poder y la inteligencia del cerebro.

### 2.5.1. Dispositivos Semiconductores de Potencia

Para estas aplicaciones se han desarrollado una serie de dispositivos semiconductores de potencia, todos los cuales derivan del diodo o el transistor. Entre estos se encuentran los siguientes:

- Rectificador controlado de silicio (SCR en inglés)
- Triac
- Transistor IGBT, sigla para Insulated Gate Bipolar Transistor, Transistor Bipolar con compuerta aislada
- Tiristor GTO, sigla para Gated Turnoff Thyristor, Tiristor apagado por compuerta
- Tiristor IGCT, sigla para Insulated Gate Controlled Thyristor, Tiristor controlado por compuerta
- Tiristor MCT, sigla para MOS Controlled Thyristor

## **2.5.2. Aplicaciones**

Las principales aplicaciones de los convertidores electrónicos de potencia son las siguientes:

### **2.5.2.1. Fuentes de alimentación**

En la actualidad han cobrado gran importancia un subtipo de fuentes de alimentación electrónicas, denominadas fuentes de alimentación conmutadas. Estas fuentes se caracterizan por su elevado rendimiento y reducción de volumen necesario. El ejemplo más claro de aplicación se encuentra en la fuente de alimentación de los ordenadores.

### **2.5.2.2. Control de motores eléctricos**

La utilización de convertidores electrónicos permite controlar parámetros tales como la posición, velocidad o par suministrado por un motor. Este tipo de control se utiliza en la actualidad en los sistemas de aire acondicionado. Esta técnica, denominada comercialmente como "inverter" sustituye el antiguo control

encendido/apagado por una regulación de velocidad que permite ahorrar energía. Asimismo, se ha utilizado ampliamente en tracción ferroviaria, principalmente en vehículos aptos para corriente continua (C.C.) durante las décadas de los años 70 y 80, ya que permite ajustar el consumo de energía a las necesidades reales del motor de tracción, en contraposición con el consumo que tenían los vehículos controlados por resistencias de arranque y frenado. Actualmente el sistema chopper sigue siendo válido, pero ya no se emplea en la fabricación de nuevos vehículos, puesto que actualmente se utilizan equipos basados en el motor trifásico, mucho más potente y fiable que el motor de colector.

#### **2.5.2.3. Calentamiento por inducción**

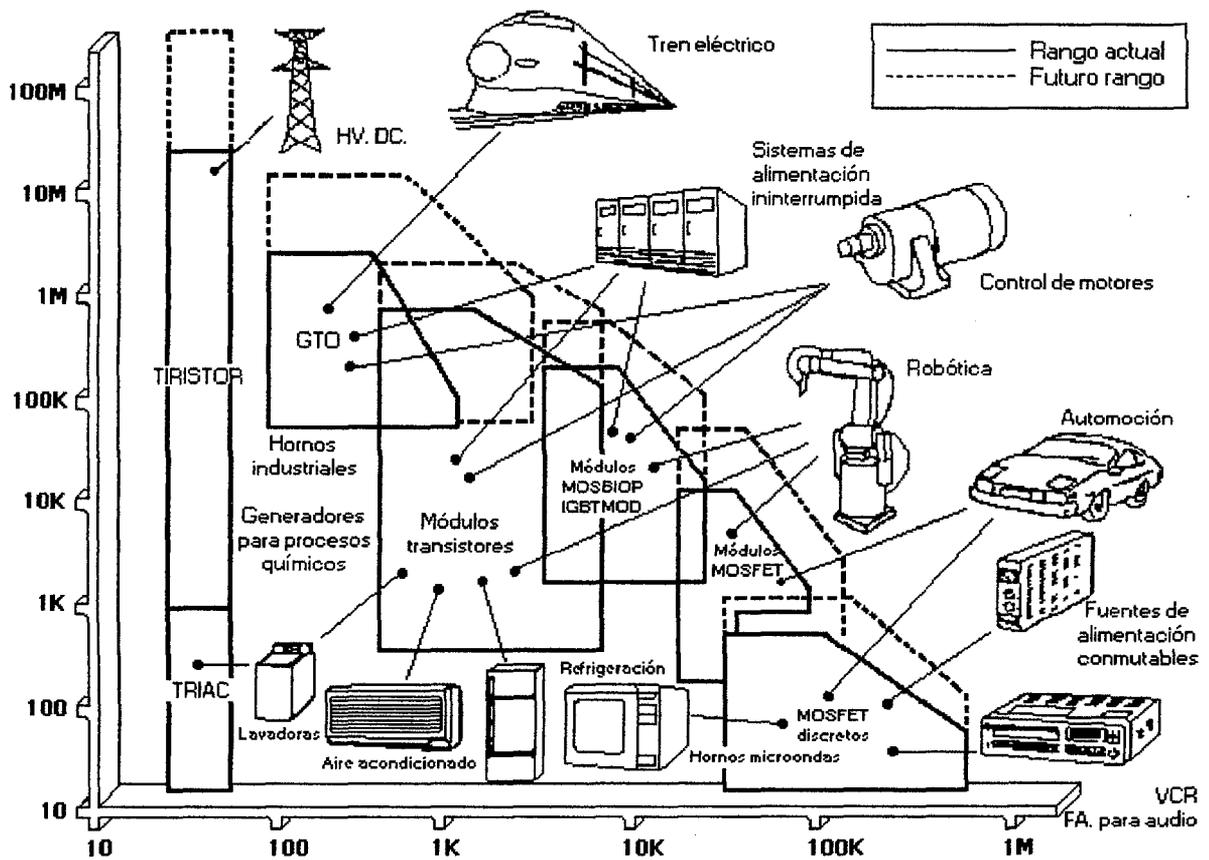
Consiste en el calentamiento de un material conductor a través del campo generado por un inductor. La alimentación del inductor se realiza a alta frecuencia, generalmente en el rango de los kHz, de manera que se hacen necesarios convertidores electrónicos de frecuencia. La aplicación más vistosa se encuentra en las cocinas de inducción actuales.

#### **2.5.2.4. Otros**

Como se comentó anteriormente son innumerables las aplicaciones de la electrónica de potencia. Además de las ya comentadas destacan: sistemas de alimentación ininterrumpida, sistemas de control del factor de potencia, balastos electrónicos para iluminación a alta frecuencia, interface entre fuentes de energía renovables y la red eléctrica, etc.

Las líneas de investigación actuales buscan la integración de dispositivos de potencia y control en un único chip, reduciendo costes y multiplicando sus potenciales aplicaciones. No obstante existen dificultades a salvar como el aislamiento entre zonas trabajando a altas tensiones y circuitería de control, así como la disipación de la potencia perdida.

Figura 2.28. Evolución práctica de la electrónica de potencia.



Fuente: H. RASHID, Muhammad. "Electrónica de potencia".

## **2.6. Compilador CCS C (26)**

Entorno que permite desarrollar programas en C enfocado a PIC, con las mismas ventajas que supone tener un lenguaje desarrollado específicamente para un microcontrolador concreto. Su facilidad de uso, su cuidadoso entorno de trabajo y la posibilidad de compilar en las tres familias de gamas baja, media y alta, le confieren una versatilidad y potencia muy elevadas.

Dispone de una amplia librería de funciones predefinidas, comandos de preprocesado y ejemplos. Además suministra los controladores (drivers) para diversos dispositivos como LCD, convertidores AD, relojes en tiempo real, EEPROM serie, etc.

Un compilador convierte el lenguaje de alto nivel a instrucciones en código máquina; un cross compiler es un compilador que funciona en un procesador (normalmente en una PC) diferente al procesador objeto. El compilador CCS C es un cross compiler.

### **2.6.1. Estructura de un programa**

Para escribir un programa en C con el CCS, se deben tener en cuenta los siguientes elementos básicos para su estructura:

- Directivas de preprocesado.- Controlan la conversión del programa a código máquina por parte del compilador.
- Programas o funciones.- Conjunto de instrucciones.
- Instrucciones.- Indican como se debe comportar el PIC en todo momento.
- Comentarios.- Describen el significado de cada línea.

### **2.6.2. Tipos de datos**

CCS acepta los siguientes tipos de datos:

**Tabla 2.5.** Tipos de datos que acepta en CCS C.

Tipo	Tamaño	Rango	Descripción
Int1 / Short	1 bit	0 a 1	Entero de 1 bit
Int / Int8	8 bit	0 a 255	Entero
Int16 / Long	16 bit	0 a 65 535	Entero de 16 bit
Int32	32 bit	0 a 4 294 967 295	Entero de 32 bit
Float	32 bit	+1 175x10 <sup>+38</sup> a +- 3 402x10 <sup>-38</sup>	Coma flotante
Char	8 bit	0 a 255	Carácter
Void	-	-	Sin valor
Signed Int8	8 bit	-128 a +127	Entero con signo
Signed Int16	16 bit	-32768 a +32767	Entero largo con signo
Signed Int32	32 bit	-2 <sup>31</sup> a (2 <sup>31</sup> -1)	Entero 32 bits con signo

*Fuente: GARCÍA BREIJO, Eduardo. "Compilador C CCS y simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC".*

### 2.6.3. Constantes

Se pueden especificar en decimal, octal, hexadecimal o en binario:

**Tabla 2.6.** Especificación de constantes del CCS C.

123	Decimal
0123	Octal (0)
0x123	Hexadecimal (0x)
0b010010	Binario (0b)
'x'	Carácter
'\010'	Carácter octal
'\xA5'	Carácter hexadecimal

*Fuente: GARCÍA BREIJO, Eduardo. "Compilador C CCS y simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC".*

También se pueden definir caracteres especiales, como:

**Tabla 2.7.** Caracteres especiales que acepta el CCS C.

<b>\n</b>	Cambio de línea
<b>\r</b>	Retorno de carro
<b>\t</b>	Tabulaciones
<b>\b</b>	Backspace

*Fuente: GARCÍA BREIJO, Eduardo. "Compilador C CCS y simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC"*

#### 2.6.4. Variables

Se utilizan para nombrar posiciones en la RAM, se deben declarar obligatoriamente, antes de utilizarla; para ello se deben indicar el nombre y el tipo de dato que se maneja. Se definen de la siguiente forma:

TIPO NOMBRE\_VARIABLE [=VALOR INICIAL]

TIPO : Hace referencia a cualquiera de los tipos de datos vistos en el punto 2.7.2.

NOMBRE\_VARIABLE : Puede ser cualquiera y el valor inicial es opcional.

Las variables definidas en un programa pueden ser de tipo local o global. Las variables locales solo se utilizan en las funciones donde se encuentran declaradas; las variables globales se pueden utilizar en todas las funciones del programa. Ambas deben declararse antes de ser utilizadas y las globales deben declararse antes de cualquier función y fuera de ellas. Las variables globales son puestas a cero cuando se inicia la función principal main ().

Las variables pueden ser definidas con:

**AUTO:** (Usada por defecto, no hace falta que se indique) donde la variable existe mientras la función esta activa. Estas variables no se inicializan a cero. Su valor se pierde cuando se sale de la función.

**STATIC:** Una variable local se activa como global, se inicializa a cero y mantiene su valor al entrar y salir de la función.

**EXTERN:** Permite el uso de variables en compilaciones múltiples.

## 2.7. Visual Basic (27)

Visual Basic es un lenguaje de programación orientado a objetos creado por la Microsoft. Este lenguaje incorpora todas las herramientas necesarias para la creación de cualquier aplicación para Windows. Con este lenguaje se puede crear desde una simple calculadora hasta un procesador de texto de la talla de Word, o una hoja de cálculo como Excel, o bien, cualquier aplicación que se le ocurra al programador.

Visual Basic es un lenguaje visual que se origina del lenguaje de programación Basic. La programación en Visual Basic se basa en un ambiente de desarrollo totalmente gráfico, que facilita la creación de interfaces gráficas, y en cierta medida, también la programación misma. Todos los programas que realicemos en Visual Basic serán por defecto, programas con todas las características de una aplicación típica de Windows.

### 2.7.1. El EID (Entorno integrado de Desarrollo) de Visual Basic 6.0

El EID de Visual Basic 6.0, posee un sin número de herramientas que hacen de la programación de aplicaciones en Visual Basic mucho más fácil e interactiva. Este entorno incluye elementos tales como: barra de menús, barra de controles, barra de herramientas, ventana de propiedades, ventana de proyectos, depurador, formularios, etc. Estos elementos los podemos apreciar en el momento que ejecutamos Visual Basic en nuestro ordenador. Para ejecutar Visual Basic 6.0, haga clic en el menú Inicio>Programas>Microsoft Visual Studio 6.0>Microsoft Visual Basic 6.0. Cuando se ha ejecutado Visual Basic 6.0 aparece en la pantalla una ventana similar a la mostrada en la siguiente figura:

En esta ventana se pueden distinguir los siguientes elementos:

- La barra de título, la barra de menús y la barra de herramientas estándar.
- La caja de herramientas (ToolBox) con los controles más comunes.
- Los formularios (forms) en gris, en el que se colocan los controles de la aplicación. Está dotado de una rejilla (grid), para facilitar la alineación de los controles en el formulario.
- El explorador de proyecto (Project Explorer), donde se muestran los formularios y otros módulos de programas que forman parte de la aplicación.
- La ventana de propiedades (Properties Windows), en la que se pueden ver las propiedades de un objeto seleccionado sobre un formulario de la aplicación.

- La ventana de esquema de formularios (Form Layout Window), que muestra y determina la posición inicial de los formularios cuando la aplicación se está ejecutando.
- La ventana explorador de formularios (Forms Explorer Windows), en esta se muestra el formulario activo con el cual se está trabajando en la aplicación.

Existen otros elementos tales como: La ventana editor de códigos (Code Editor) y la ventana depurador (Debugger Windows) para ver valores en variables en tiempo de ejecución. Todo este conjunto de herramientas y de ventanas es lo que se llama Entorno Integrado de Desarrollo o IDE (Integrated Development Environment).

## **2.7.2. Cliente servidor en Visual Basic 6.0 (28)**

Cliente/servidor no es más que la forma de llamar a las aplicaciones que trabajan en conjunto. Esto es que existe una aplicación de software totalmente disponible a procesar /enviar información (SERVIDOR) que otra aplicación de software la Solicita (CLIENTE).

Ejemplos de estos pueden ser los servidores de Páginas Webs (HTTP), servidores de Transferencia de Archivos (FTP), servidores de correo (SMTP), etc.

### **2.7.2.1. Cliente**

Es toda aplicación que se conecta a un Servidor para solicitarle alguna información.

### 2.7.2.2. Servidor

Es toda aplicación que se mantiene a la espera de un cliente que solicite información, la cual se la entregara si fuese posible. Se dice que este ofrece o sirve un servicio.

Para que quede más claro, voy a dar un ejemplo sobre el funcionamiento del servidor de Páginas Webs (HTTP). Para ello realizaremos una visita a un sitio Web en particular y analizaremos después lo sucedido:

- Ejecutamos nuestro navegador (Internet Explorer, Netscape, Firefox, etc.).
- Ingresamos la dirección del sitio Web que deseamos ver, por ejemplo, [www.google.com](http://www.google.com).
- Le damos al botón "Ir", "Ver", etc. Para que nuestro navegador se conecte a la dirección.
- Nuestro navegador inmediatamente comienza a recibir poco a poco la página Web solicitada.
- Una vez concluida la descarga nuestro navegador se desconecta del sitio de forma oculta al usuario.

Ahora si analizamos los pasos que fueron necesarios para visitar un sitio Web, veremos que lo primero que tenemos que hacer es ejecutar un programa específico el cual tiene la habilidad de conectarse a una dirección Web. Este programa que se conecta a X dirección, lo llamaremos Cliente, porque es el que solicita la información, en este caso solicita una página Web. Y quien le entrega dicha información al cliente se llamara Servidor, que en este caso es

una aplicación que corre bajo la dirección del sitio en un computador remoto conectado a Internet (www.google.com).

Como conclusión, si analizamos la petición de la página Web podemos obtener que los elementos básicos que necesitamos para una conexión cliente/servidor sean:

- Un programa Cliente (el que solicita la información)
- Un programa Servidor (el que sirve la información que necesitamos)
- Una dirección hacia el servidor (para poder saber a dónde conectar)

Con estos tres elementos podemos realizar una conexión cliente/servidor sin problemas y es la base de las aplicaciones.

También es muy importante mencionar, que en lo que a "dirección" se refiere, está formada por un número IP (o DNS) y un número de PUERTO. Este último es así porque un computador puede tener muchos puertos destinados para ofrecer distintos servicios, ya sean Páginas Webs (Puerto 80), Mails (Puerto 25 y 110), FTP (puerto 21), Telnet (23), etc.

Estos puertos que he mencionado son los acostumbrados para estos servicios, eso no quiere decir que tenga que ser siempre así, por ej. Podemos usar el puerto 80 (Comúnmente para HTTP) para ofrecer un servicio FTP, o bien implementar un Chat o cualquier cosa que se nos ocurra. Los puertos solo están disponibles para cualquier uso que le queramos dar.

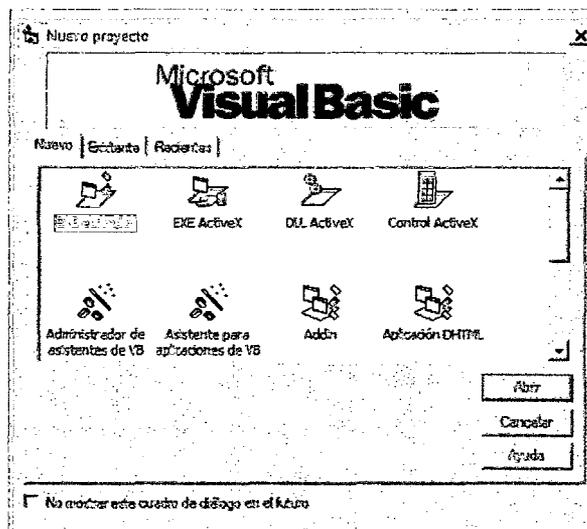
Como referencia es bueno saber cuántos puertos puede usar una computadora. Los puertos están direccionados por 16 Bits, esto es que existe un total de  $2^{16}$  puertos, lo que equivale a 65.536 puertos disponibles, aunque como el puerto 0 no se puede usar solo tenemos utilizables desde el puerto 1 al puerto 65.535. Nosotros utilizaremos el puerto 20 para las dos aplicaciones.

### 2.7.3. Preparando el Visual Basic.

El Visual Basic 6.0 por defecto no está preparado para trabajar con aplicaciones cliente/servidor, y hace falta acomodar algunas cosas antes de comenzar a trabajar.

Lo primero será crear un nuevo proyecto. Elige Aplicación Estándar (prácticamente puede ser cualquier otra, pero en este caso se trabajara así).

Figura 2.29. Creación de un "New Project" en Visual Basic.

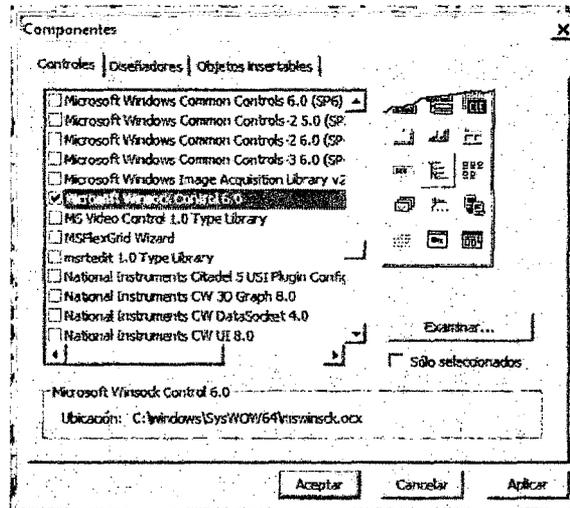


*Fuente: Elaboración propia.*

Ahora necesitaremos cargar el Control WinSock, para ello realiza lo siguiente:

- Ve al menú "Proyecto" y selecciona "Componentes".
- En la lista de componentes busca "Microsoft WinSock Control 6.0", puede ser otra versión o bien terminar con "(SP6)".
- Marca este control y dale al botón "Aceptar".

Figura 2.30. Cargando el paquete "WINSOCK" en Visual Basic.



Fuente: Elaboración propia.

Con esto veremos que se nos agrega un nuevo control llamado WinSock,

con el icono 

Ahora ya nos encontramos listos para realizar una aplicación Cliente/Servidor.

#### 2.7.4. Descripción del componente Winsock.

El componente WinSock del Visual Basic es el que permite realizar conexiones Cliente/Servidor a través de protocolos TCP y UDP. Este único componente puede trabajar de dos formas, como Cliente (Conecta a un servidor) y como Servidor (Recibe conexiones), además de poder realizar vectores de WinSock lo que permite administrar varias conexiones con un mismo código en común.

A continuación se describe las principales propiedades, métodos y eventos del componente:

#### **2.7.4.1. Propiedades**

- Property LocalHostName As String (Solo lectura)  
Retorna el nombre de la maquina local.
- Property LocalIP As String (Solo lectura)  
Retorna la dirección IP de la maquina local.
- Property Protocol As ProtocolConstants  
Retorna/Asigna el tipo de protocolo que usara el Socket  
Estos valores pueden ser dos: sckTCPProtocol y sckUDPProtocol.
- Property RemoteHost As String  
Retorna/Asigna el nombre (dirección) usado para identificar a la maquina remota.
- Property RemoteHostIP As String (Solo lectura)  
Retorna la dirección IP del Host Remoto.
- Property State As Integer (Solo lectura) Retorna el estado de la conexión del Socket.

#### **2.7.4.2. Métodos**

- Sub Accept(requestID As Long)  
Acepta una petición de conexión entrante.
- Sub Close ()  
Cierra la conexión actual.
- Sub Connect([RemoteHost], [RemotePort])  
Conecta a un computador remoto.
- Sub GetData(data, [type], [maxLen])  
Recibe datos enviados por el computador remoto.
- Sub Listen()  
Se pone a la escucha de peticiones de conexión entrantes.

- Sub SendData(data)
- Envía datos al computador remoto.

#### **2.7.4.3. Eventos**

- Event Close()
- Ocurre cuando la conexión ha sido cerrada remotamente.
- Event Connect()
- Ocurre cuando la operación de conexión se ha completo.
- Event ConnectionRequest(requestID As Long)
- Ocurre cuando un cliente remoto se intenta conectar.
- Event DataArrival(bytesTotal As Long)
- Ocurre cuando se reciben datos desde un computador remoto.

## CAPITULO III

### DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

#### 3.1. Introducción

En este capítulo se describe el sistema de adquisición de datos y mando desarrollado, a partir de una visión general del sistema, seguida de una explicación detallada de sus partes constituyentes.

Las estructuras que componen al sistema de supervisión son:

- Sistema de adquisición de datos
- Sistema de mando
- Programa cliente – servidor en visual basic

En la sección 3.2., se presenta una visión general del sistema de adquisición de datos y mando a distancia del motor de inducción.

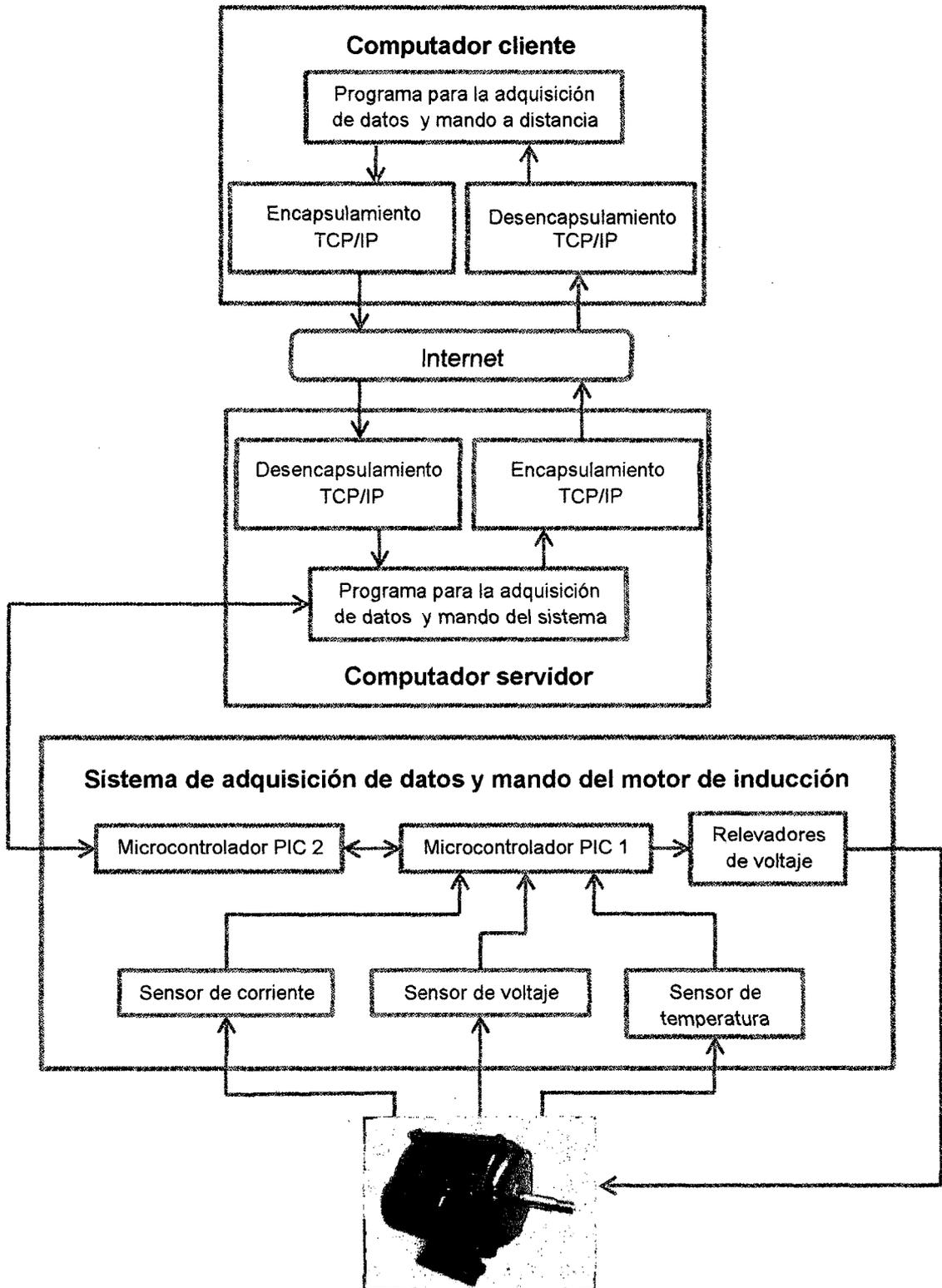
En la sección 3.3., se aborda al sistema de adquisición de datos, presentando el hardware proyectado, así como la metodología adoptada para realizar la adquisición de cada parámetro supervisado.

Finalmente en la sección 3.4., se describe los programas cliente – servidor en Visual Basic 6.0, responsables de la adquisición de datos y mando a distancia del motor de inducción.

### 3.2. Visión general del sistema de adquisición de datos y mando del motor

La figura 3.1. Ilustra el diagrama de bloques del proyecto de investigación.

Figura 3.1. Diagrama de bloques del sistema de adquisición de datos y mando.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede visualizar en el diagrama. En la parte superior tenemos al computador cliente, quien es el responsable de enviar y recibir datos a distancia del computador servidor a través de TCP/IP. Tiene la función de controlar la gama de supervisión en el pre-programado para cada parámetro de entrada del sistema, así como de gobernar al motor de inducción en el arranque, parada e inversión de giro.

El bloque seguido corresponde al computador servidor quien, a través de TCP/IP, es el responsable de encapsular y enviar, así como de recepcionar y desencapsular datos del computador cliente. Asimismo el computador servidor se interconecta con el sistema de adquisición de datos y mando del motor de inducción para la lectura de datos y gobierno del motor de inducción.

Seguidamente se tiene al bloque del sistema de adquisición de datos y mando del motor de inducción, donde se observa a los microcontroladores PIC 18f4550. El microcontrolador PIC 1, tiene la función de recolectar los parámetros a través de tres sensores y digitalizarlos, seguidamente los remite al microcontrolador PIC 2, para luego ser enviados al computador servidor, y este a su vez al computador cliente.

El microcontrolador PIC 2, se utiliza para no sobrecargar al PIC 1, debido a que este al muestrear datos de los sensores de corriente y voltaje ocupa gran cantidad de memoria, por ende, es necesario utilizar un microcontrolador (PIC 2) para únicamente realizar la transferencia de los datos digitalizados, registrarlos temporalmente y enviarlos vía puerto USB al computador servidor.

Para la adquisición de parámetros del sistema, se utilizó sensores y circuitos especialmente diseñados, de forma que puedan ser transformadas a tensiones analógicas capaces de ser registradas por el microcontrolador.

Haciendo uso de los circuitos de acondicionamiento de señal, esas tensiones son acondicionadas de acuerdo a la máxima tensión de entrada permitida por el microcontrolador PIC 18f4550, la misma que con ayuda de su conversor A/D, son digitalizadas para su posterior procesamiento.

También se utilizó dispositivos electrónicos como transistores y relés, para aislar los circuitos puramente electrónicos del lado de potencia, este por un lado, bloqueara a nuestro microcontrolador de cualquier señal perjudicial y permitirá por otro lado, utilizar elementos necesarios para el gobierno del motor de inducción.

Finalmente, se visualiza al motor de inducción, quien para el presente proyecto es el medio a ser monitoreado.

### **3.3. Sistema de adquisición de datos**

En el siguiente apartado serán descritas las técnicas y metodologías adoptadas en la adquisición de cada parámetro para su posterior supervisión.

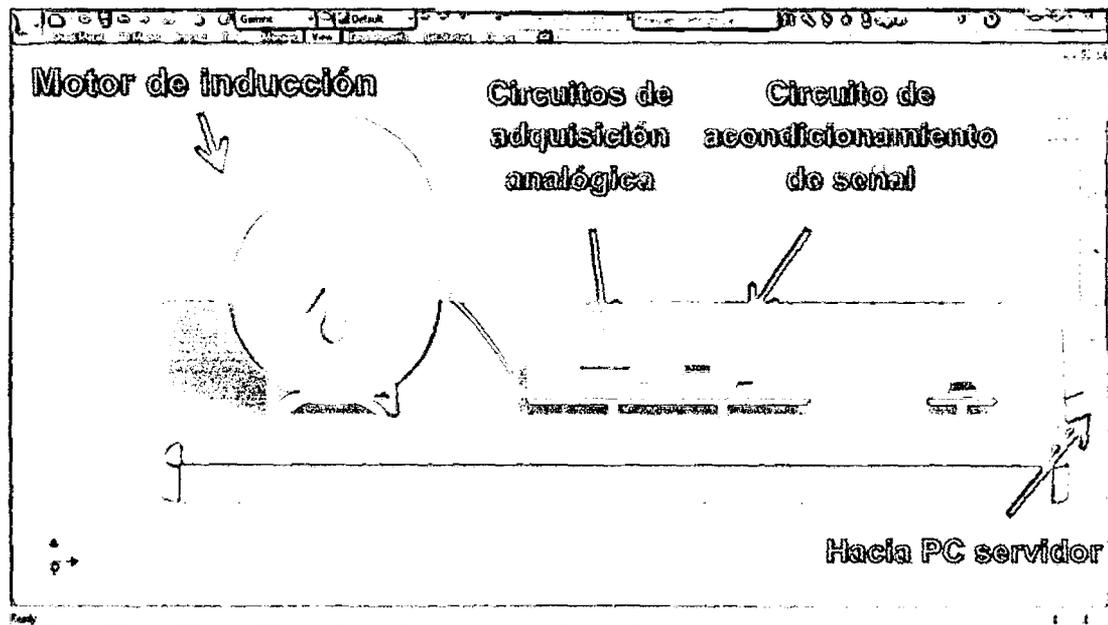
Como el sistema desarrollado es para un motor de inducción trifásico tipo jaula de ardilla, los parámetros serán verificables y no modificables, debido a que se necesitaría acondicionar circuitos de control de velocidad de motores de corriente alterna, como los variadores de frecuencia y otros. Pero el presente proyecto se enfocó en desarrollar un sistema de adquisición de datos y mando a distancia.

Después de esta aclaración, se menciona los parámetros verificados:

- Corriente
- Voltaje
- Temperatura

La figura 3.2., ilustra la conexión entre el motor, el sistema de adquisición de datos y mando, el computador servidor y el computador cliente.

Figura 3.2. Representación del sistema de adquisición de datos.

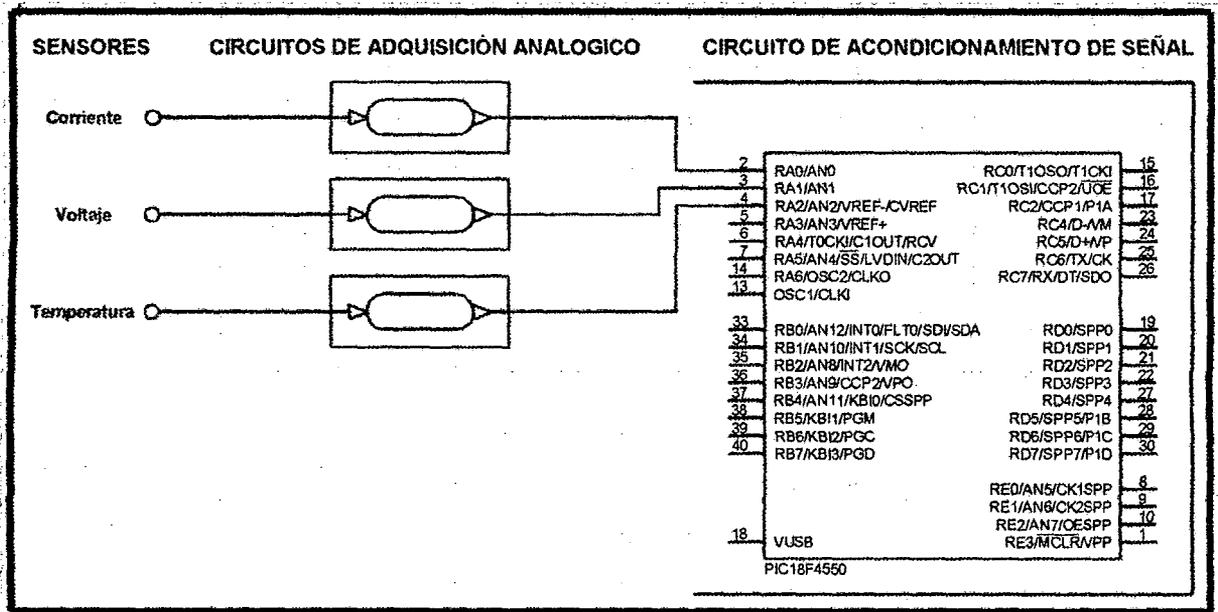


Fuente: Elaboración propia (Autodesk Inventor Professional 2013).

En la figura se observa, al sistema de adquisición de datos, quien incorpora a los circuitos de adquisición analógico y al circuito de acondicionamiento de señal. Este primero tiene la función de convertir los parámetros a ser supervisados, en tensiones analógicas posibles de ser medidas. Para ello hemos utilizado sensores y circuitos especialmente diseñados para la adquisición de cada tipo de parámetro a ser supervisado. Seguidamente se tiene al circuito de acondicionamiento de señal quien consta principalmente de un microcontrolador PIC 18f4550 (PIC 1) que hace uso de los conversores A/D que posee, para digitalizar los datos, procesarlos, exponerlos a través del LCD Im016, enviarlos al microcontrolador PIC 2 y este finalmente al computador servidor.

Como se menciona en el ítem 2.2.6.1., correspondiente a los parámetros del microcontrolador PIC 18f4550 (PIC 1), este tiene 40 pines, de las cuales en el proyecto se utiliza tres puntos de entrada para la adquisición de parámetros del motor de inducción y otros tres puntos para el mando del motor de inducción, como se puede observar en la figura 3.3.

Figura 3.3. Adquisición de parámetros del microcontrolador PIC 18f4550.

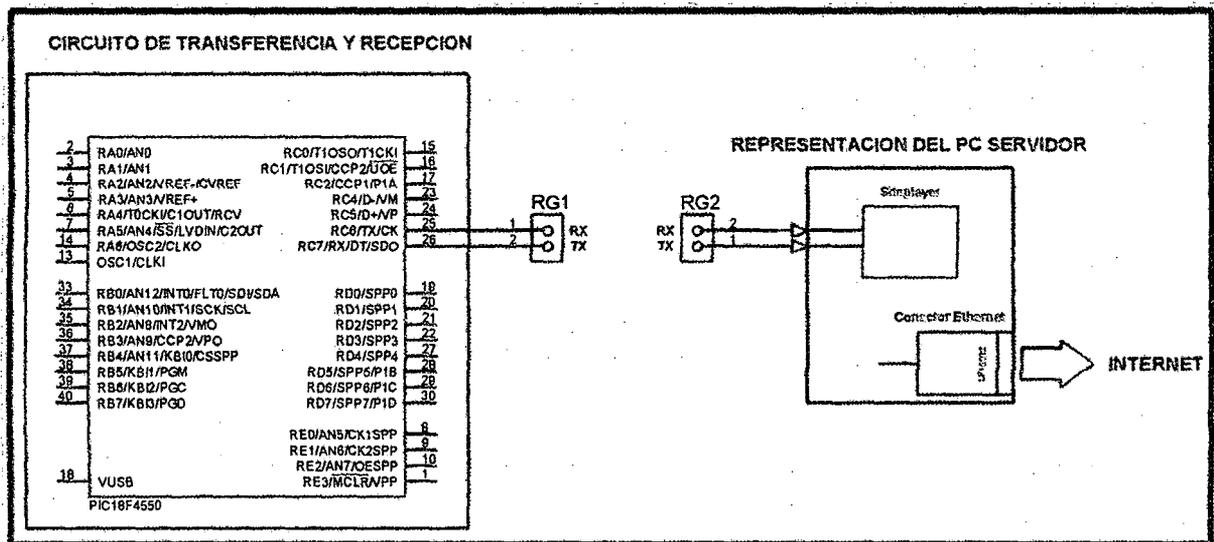


Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente el microcontrolador PIC 1, envía los datos al microcontrolador PIC 2, quien los remite por el puerto USB al computador servidor, y este encapsula los datos, para luego transferirlos a través del protocolo TCP/IP al computador cliente. Asimismo, el computador servidor realiza el desencapsulamiento de datos que provengan del computador cliente, los envía al microcontrolador PIC 2 y este los remite al microcontrolador PIC 1, para el procesamiento y posterior gobierno del motor de inducción.

En la figura 3.4., se representa la conexión entre el microcontrolador PIC 2 y el computador servidor.

Figura 3.4. Conexión entre el microcontrolador PIC 18f4550 (PIC 2) y el computador servidor.



Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, el microcontrolador PIC 1 utilizado en el proyecto tiene dos funciones principales, que son: digitalizar las señales de los sensores a través de los convertidores A/D que posee y transmitir los datos recogidos al equipo servidor.

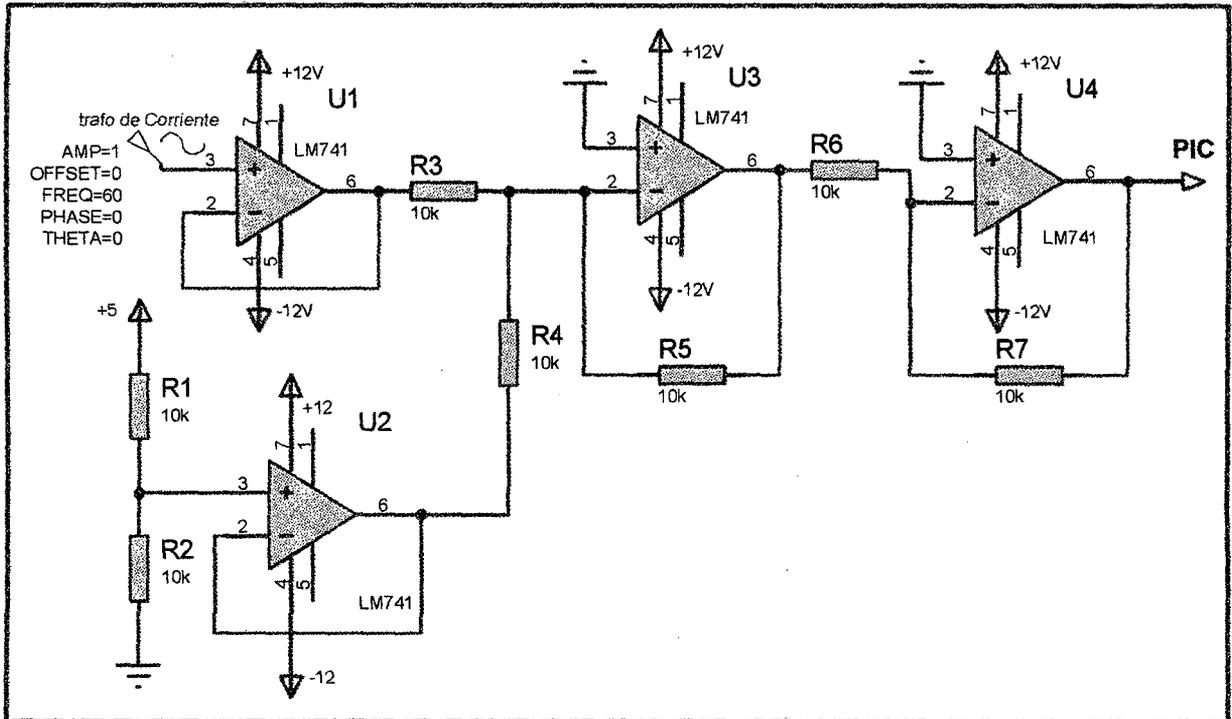
La transmisión de datos se realiza directamente al computador servidor, este último siendo responsable de la encapsulación de datos a través de TCP/IP, y el envío de éstos al computador cliente.

Seguidamente, se presenta las metodologías adoptadas para la adquisición de cada parámetro supervisado con sus correspondientes circuitos de adquisición analógica y al final de esta sección será presentado el circuito de adquisición de datos y mando final del sistema desarrollado.

### 3.3.1. Adquisición de la corriente de fase del motor de inducción

Para la adquisición de corriente de fase del motor de inducción, se proyectó el circuito ilustrado en la figura 3.5.

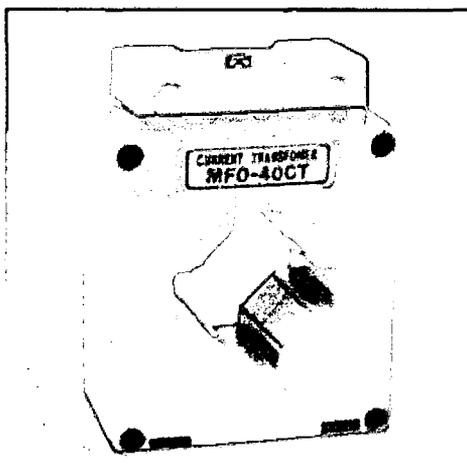
Figura 3.5. Circuito para la adquisición de corriente de fase del motor.



Fuente: Elaboración propia.

El sensor que medirá la corriente en una de las fases de la línea trifásica será un transformador de corriente cuya forma física se puede observar en la figura 3.6., la cual se utiliza para tomar muestras de corriente y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de medida, u otros dispositivos de medida y control.

Figura 3.6. Transformador de corriente.



*Fuente: Pagina web. "www.intertronic.com.ve".*

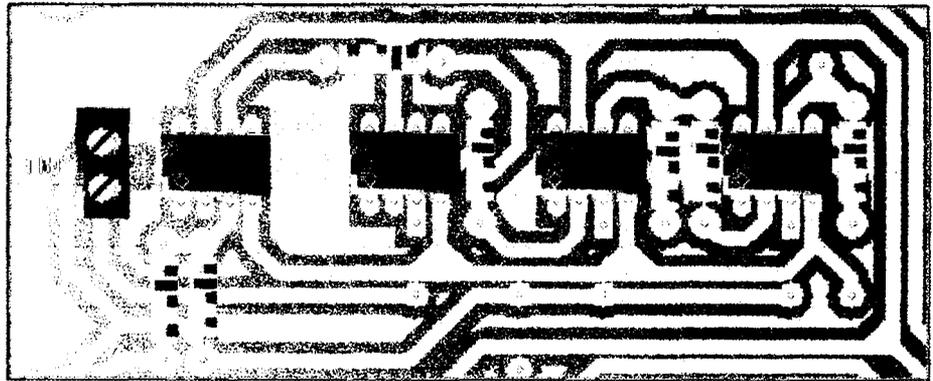
En el circuito de la figura 3.5., a la entrada no inversora del Im741 se coloca el transformador de corriente que tiene una relación de 10/1 es decir si tengo una corriente de 10 amperios, en la salida del transformador tendré 1 amperio, eso indica que siempre tendré el 10% de la señal a medir. Como la señal es senoidal y el microcontrolador no entiende señales negativas solo positivas y en el rango de 0 a 5 voltios, dicha señal pasa por U1 que es un seguidor de tensión. Luego U2 tiene la función de desplazar la señal hacia arriba, para obtener una señal positiva y finalmente la señal pasa por U3 y U4 que son seguidores de tensión.

Por lo tanto, SG que está en la patilla número 6 del Im741 de U4, ira conectada al microcontrolador PIC 18f4550, el cual se encargara de procesarla para obtener la corriente en una de las fases de la línea trifásica.

#### 3.3.1.1. Diseño PCB del sensor de corriente

El diseño del circuito de corriente, se muestra en la figura 3.7. Asimismo se observa la bornera TB1 que estará conectada al transformador de corriente.

Figura 3.7. Diseño PCB del sensor de corriente.



*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.3.1.2. Materiales

Tabla 3.1. Materiales para el sensor de corriente.

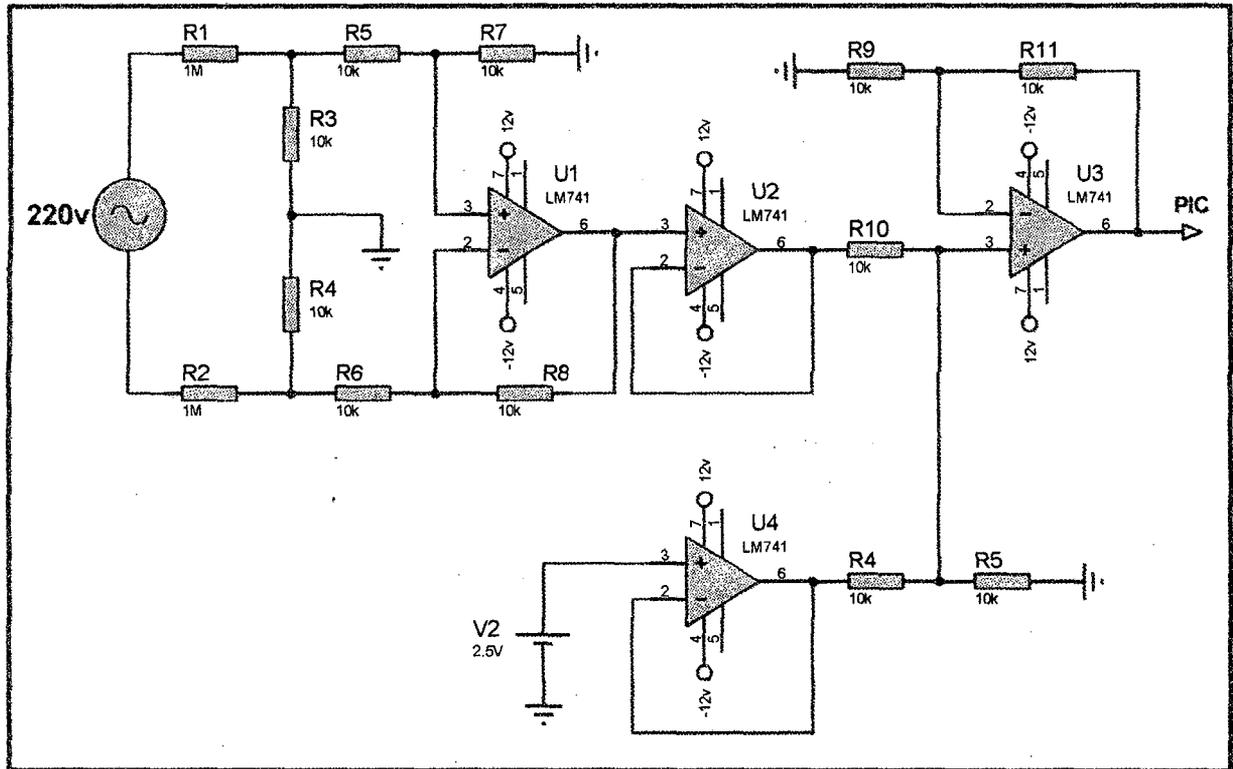
Cantidad	Componentes	Descripción
1	Transformador de corriente	Relación 10/1
4	Amplificadores operacionales	Lm741
7	Resistencias	10k a ½ watt
1	Bornera	de 2 entradas

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.3.2. Adquisición de voltaje del motor de inducción

Para la adquisición de voltaje del motor de inducción se proyectó el circuito que se ilustra en la figura 3.8.

Figura 3.8. Circuito para la adquisición del voltaje de fase del motor.

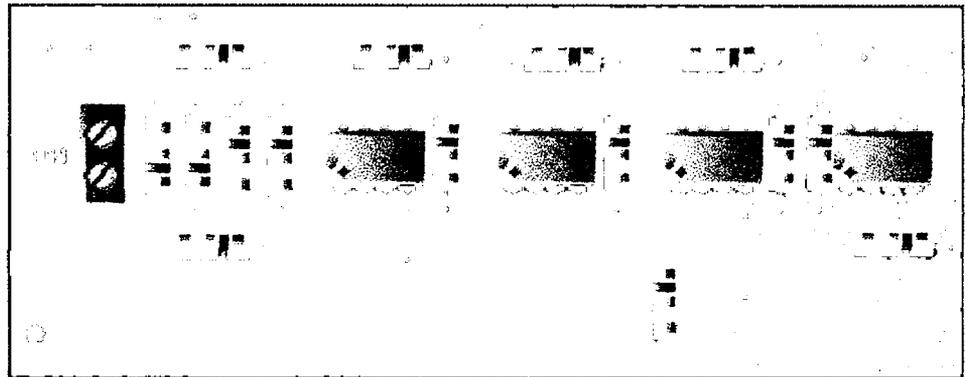


Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2.1. Diseño PCB del sensor de voltaje

El ruteado del circuito de voltaje, se muestra en la figura 3.9. Que es el circuito de una fuente de alimentación la cual se utilizara como sensor de tensión en el proyecto. Las pistas ruteadas están diseñadas para una corriente máxima de 2 amperios. Asimismo se observa la bornera TB4 que estará conectada directamente a dos fases del motor de inducción.

Figura 3.9. Diseño PCB del sensor de voltaje.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2.2. Materiales

Tabla 3.2. Materiales para el sensor de voltaje.

Cantidad	Componentes	Descripción
4	Amplificadores operacionales	Lm741
12	Resistencias	10K a ½ watt
2	Resistencias	1M a ½ watt
1	Resistencia	20K a ½ watt
1	Bornera	De 3 entradas

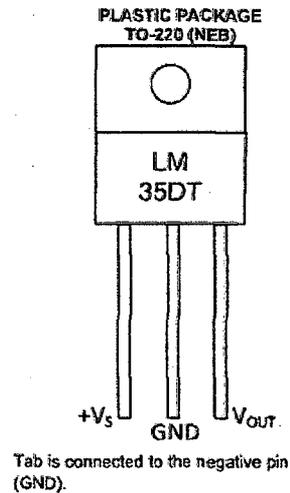
Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3. Adquisición de temperatura del motor de inducción

Para la adquisición de temperatura del motor, se utiliza el circuito integrado de precisión lm35, cuya tensión de salida es linealmente proporcional a la temperatura en grados centígrados. El lm35 no requiere ninguna calibración externa o ajuste para proporcionar una precisión típica de  $\pm 1/4$  °C a temperatura ambiente y de  $\pm 3/4$  °C en un rango de temperatura de -55 a 150

°C. La impedancia del rendimiento del Im35 es baja, tiene un rendimiento lineal y la calibración que precisa la lectura o circuitería es relativamente sencilla.

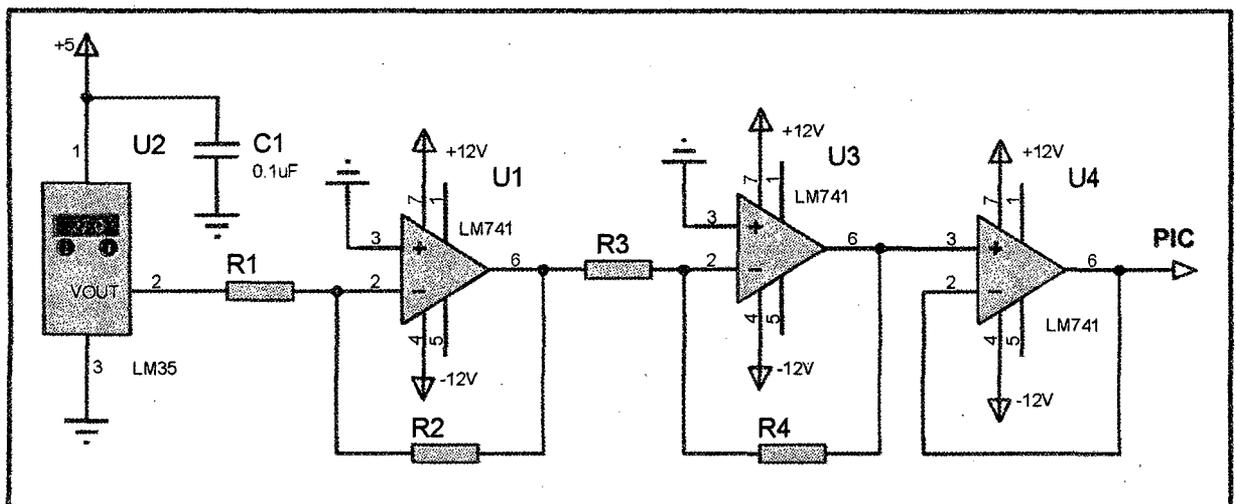
Figura 3.10. Descripción de pines del sensor Im35.



Fuente: Texas Instruments. "Datasheet Im35".

Asimismo, para la adquisición de temperatura del motor de inducción se proyectó el circuito que se ilustra en la figura 3.11.

Figura 3.11. Circuito para la adquisición de temperatura del motor.



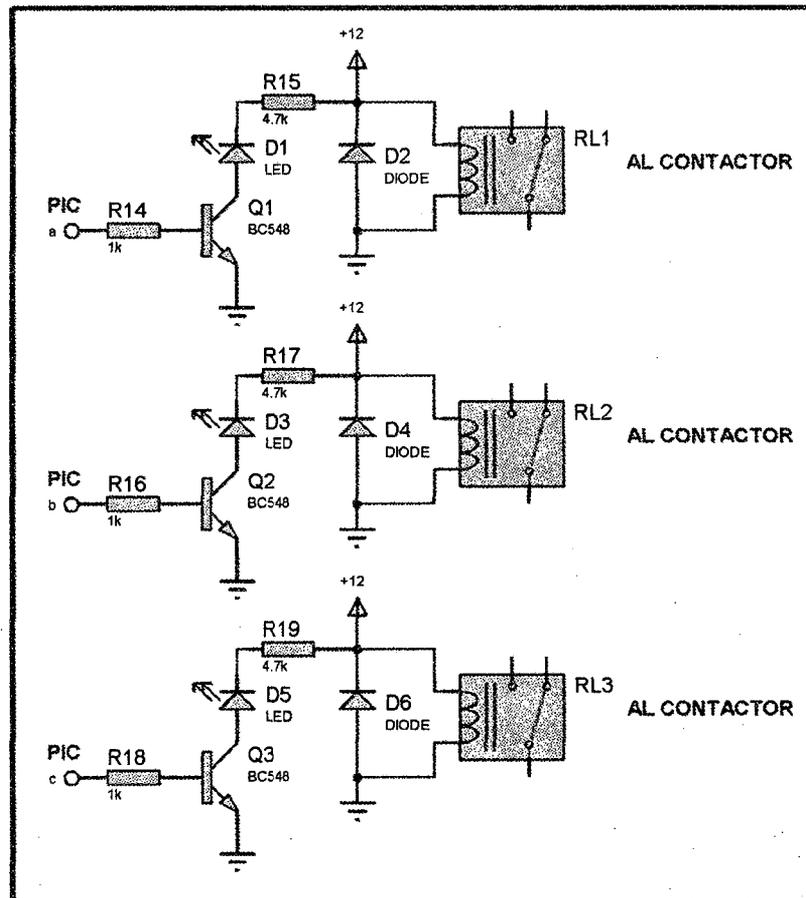
Fuente: Elaboración propia.



### 3.3.4. Circuito de relevadores de voltaje

Para la mando de los contactores del motor de inducción se proyectó el circuito que se ilustra en la figura 3.13.

Figura 3.13. Circuito de relevadores



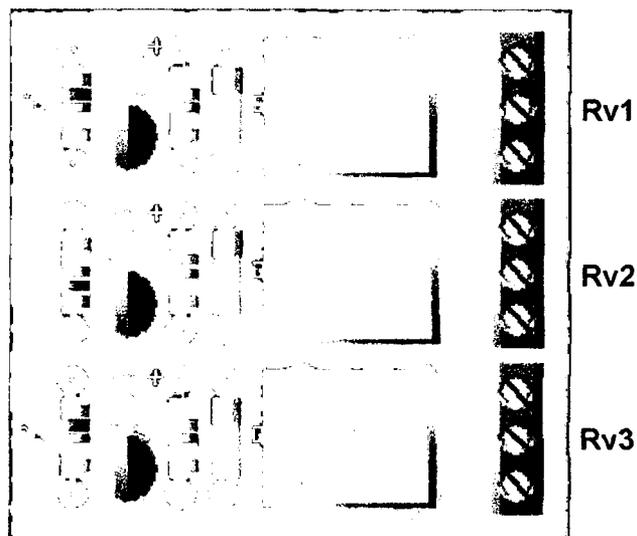
Fuente: Elaboración propia.

#### 3.3.4.1. Diseño PCB del circuito de relevadores

El ruteado del circuito de relevadores, se muestra en la figura 3.14., que es el circuito que conectara la tarjeta de mando a distancia, con los contactores.

Las salidas de los relés Rv1, Rv2 y Rv3 se conectaran con los auxiliares A1 y A2 de los contactores para su mando.

**Figura 3.14.** Circuito PCB de relevadores



*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.3.4.2. Materiales

**Tabla 3.4.** Materiales para el circuito de relevadores

Cantidad	Componentes	Descripción
3	Relés	12 V. / 10 A.
3	Transistores	BC548
3	Resistencias	1K a ¼ de watt
3	Resistencias	4.7K a ¼ de watt
3	Diodos	1N4001
3	Diodos	LED
3	Bornera	De 3 entradas

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.3.5. Circuito final del sistema de adquisición de datos y mando

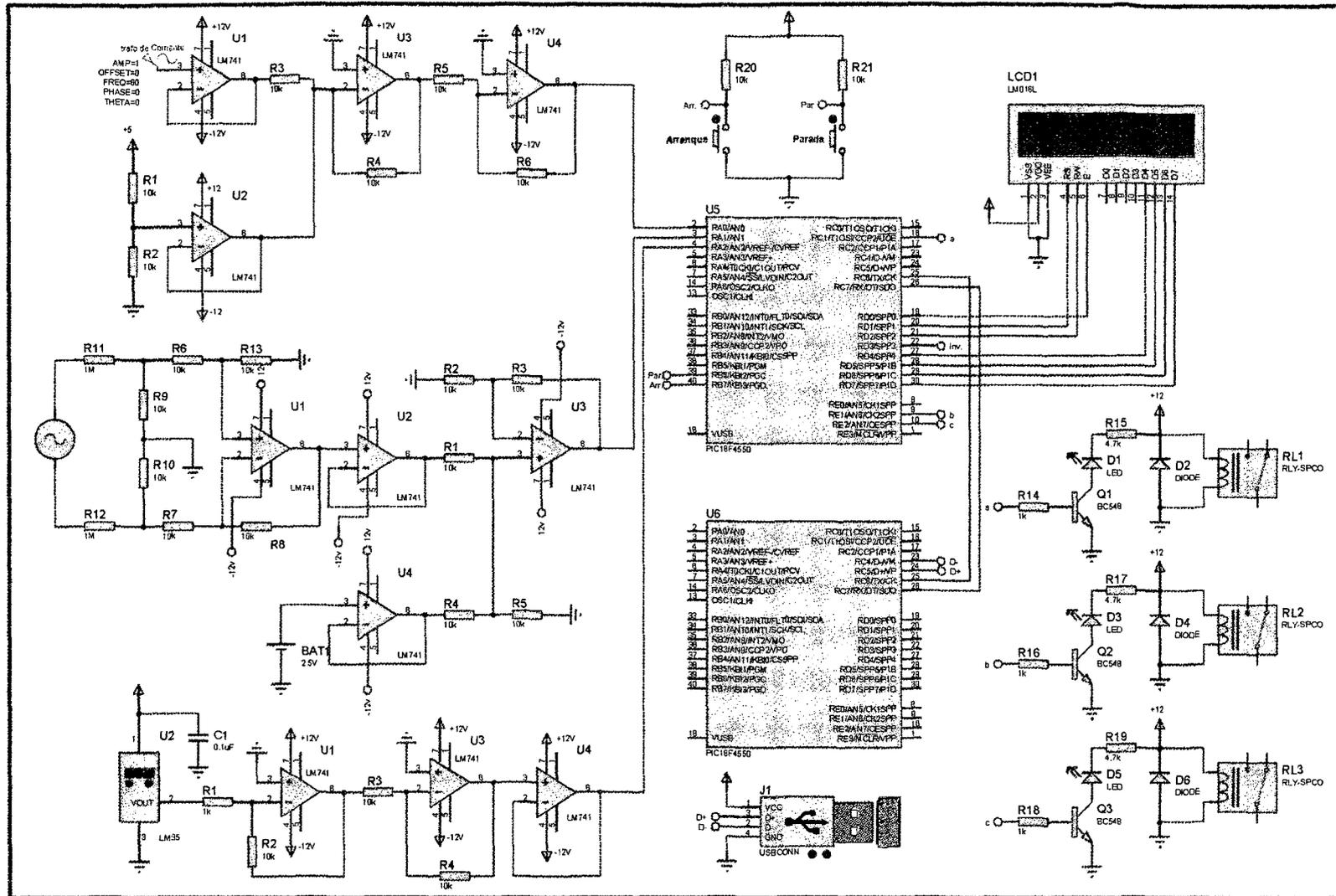
En la figura 3.13., se ilustra el circuito final para el sistema de adquisición de datos y mando del motor de inducción.

El puerto A, se utiliza para la entrada de los tres sensores (corriente, tensión y temperatura) cuyos circuitos se encuentran desarrollados. El puerto B, se utiliza para el manejo del LCD que permite ver el valor de los sensores en forma local. El puerto C, utiliza los pines 23 y 24 los cuales son de mucha importancia porque permiten realizar la comunicación con el computador servidor, además se aprovecha los dos pines que llevan energía para alimentar la tarjeta de adquisición de datos.

El puerto D, utiliza los pines 19, 20 y 21 que se conectan a los circuitos optoacopladores y un sistema de potencia que permitirá manejar los contactores que controlan al motor trifásico asíncrono, dichos circuitos se desarrollaran más abajo. Los pines 28, 29 y 30 se utilizan para la entrada de pulsadores, quienes realizan el control manual o parada de emergencia. En el pin 18 se debe conectar un condensador de 47uf ó 10 uf, el pin 1 que viene a ser el master clear o el reset está conectado a uno ó VCC.

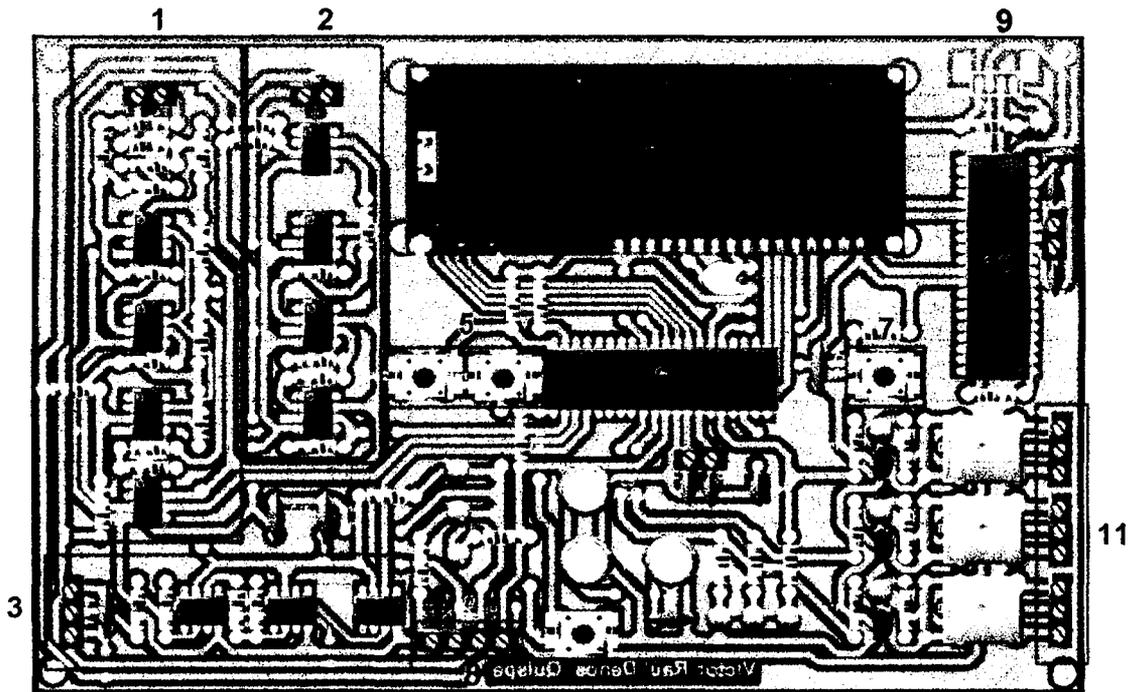
El cristal a utilizar es de 20 MHz e internamente el pll lo dividirá entre 5, después lo convertirá en 96 MHz y finalmente en 48 MHz que es la frecuencia a la cual el microcontrolador trabajara. Los pines de alimentación son los 11/32 que internamente está cortocircuitado y de tierra, que son el 12/31 que también internamente están cortocircuitados; el conector USB a utilizar es el conector tipo B.

Figura 3.15. Circuito final del sistema de adquisición de datos y mando.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.16. Diseño PCB del circuito final.



*Fuente: Elaboración propia.*

**Partes constituyentes:**

1. Entrada del sensor de voltaje.
2. Entrada del sensor de corriente.
3. Entrada del sensor de temperatura.
4. Visualizador
5. Control manual (Arranque y parada)
6. Microcontrolador PIC 18f4550 (PIC 1)
7. Control manual (Inversión de giro)
8. Fuente de alimentación.
9. Conector USB
10. Microcontrolador PIC 18f4550 (PIC 2)
11. Salida a contactores

#### 1. Entrada del sensor de voltaje

Como se muestra en la figura anterior, la bornera TB4 ira conectada a dos fases de ingreso al motor de inducción.

#### 2. Entrada del sensor de corriente

Como se muestra en la figura anterior, la bornera TB1 se conectara al transformador de corriente. Por el cual pasara una de las fases del motor de inducción.

#### 3. Entrada del sensor de corriente

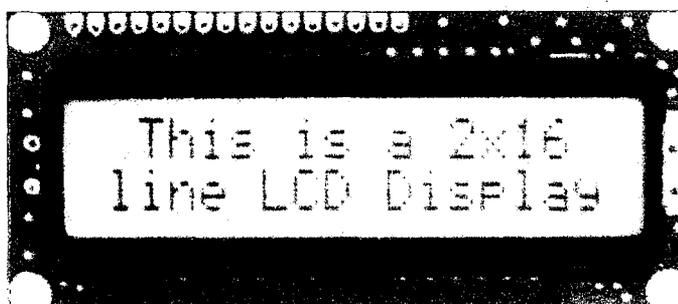
Como se muestra en la figura anterior, la bornera 3F se conectara al sensor de corriente Lm035. El cual estará conectado en el estator del motor de inducción.

#### 4. Visualizador

Los módulos LCD (Display de Cristal Líquido), son utilizados para mostrar valores, en este caso mostraremos los valores de los sensores.

El LCD a utilizar se muestra en la figura 3.15.

Figura 3.17. LCD 16x2.



Fuente: Pagina web. "blog.giga100.com".

### Características del LCD 16x2

- Consumo muy reducido, del orden de 7.5mW.
- Pantalla de caracteres ASCII, además de los caracteres japoneses Kanji, caracteres griegos y símbolos matemáticos.
- Desplazamiento de los caracteres hacia la izquierda o a la derecha.
- Memoria de 40 caracteres por línea de pantalla, visualizándose 16 caracteres por línea
- Movimiento del cursor y cambio de su aspecto
- Permite que el usuario pueda programar 8 caracteres

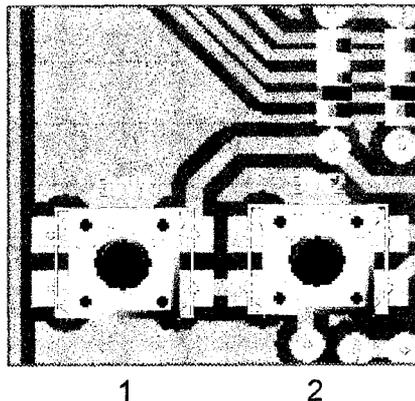
### 5. Control manual

En la figura 3.16., se observa tres pulsadores los cuales permitirán controlar el motor en forma local y de forma manual el motor:

**Pulsador 1:** Este pulsador realizara la función de arranque del motor.

**Pulsador 2:** Este pulsador realizara la función de parada del motor.

**Figura 3.18.** Pulsadores del control manual.



*Fuente: Elaboración propia.*

## **6. Microcontrolador**

El microcontrolador a utilizar será el PIC 18f4550, que es la parte fundamental del sistema de adquisición de datos y realizara las funciones de:

- Recibir las señales de los sensores y realizar la conversión análogo digital
- Comunicación USB, que permitirá hacer una comunicación con el computador servidor.
- Manejar el LCD, para visualizar los valores de los sensores.
- Activación de cargas, para gobernar el motor trifásico asíncrono.
- Control manual, por medio de 3 pulsadores para el arranque, parada e inversión de giro.

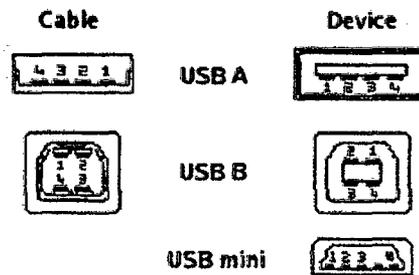
## **7. Ingreso de fuente de alimentación**

La fuente requerida es de +12, -12, +5, GND la cual, para el presente proyecto, la obtendremos de una fuente de alimentación de PC.

## **8. Conector USB**

La comunicación USB se basa en mensajes que se denominan transferencias. Cada transferencia es un mensaje completo que se envía desde o hacia el dispositivo. Las transferencias se envían en frames o tramas, que en el caso de dispositivos full speed tienen una duración de 1ms. Esta característica de transmisión divide las transferencias en segmentos, llamadas transacciones.

Figura 3.19. Tipos de conectores USB.



Pin	Signal	Color	Description
1	VCC	■	+5V
2	D-	□	Data -
3	D+	■	Data +
4	GND	■	Ground

Fuente: Pagina web. "www.servisystem.com.ar".

### Firmware USB del pic.

El microcontrolador 18F4550 dispone de un módulo USB. Dicho modulo se puede controlar directamente por periférico consultando el datasheet del fabricante y las especificaciones del USB.

#### 3.3.4.1. Materiales

Tabla 3.5. Materiales del circuito final.

Cantidad	Componentes	Descripción
2	18f4550	Microcontrolador PIC
1	LCD	Lm016
2	Crystal	20 Mhz

1	Trimpot	10K $\Omega$
5	Resistencias	10K a ½ watt
6	Resistencias	1K a ½ watt
6	Resistencias	330 a ½ watt
2	Resistencias	4.7K a ½ watt
2	Resistencias	100 a ½ watt
2	Resistencias	220 a ½ watt
2	Resistencias	39 a ½ watt
3	Condensadores	0.1uf.
4	Condensadores	23 pf
3	Condensadores	2200 uf.
4	Condensadores	1 uf.
3	Transistores	BC548
3	Relays	12 V. a 10 A.
4	Pulsadores	NO
1	Bornera	De 4 entradas
4	Borneras	De 3 entradas
4	Borneras	De 2 entradas
10	Diodos	LED (difusos)
3	Diodos	1N4007
1	Conector USB	Tipo A (Hembra)
1	Placa	Fibra de vidrio

**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Nota:** No se toman en cuenta los componentes de los sensores.

### 3.4. Cliente - Servidor en Visual Basic 6.0

#### 3.4.1. Aplicación cliente

Esta aplicación es la interfaz HMI que irá en la computadora cliente, esta aplicación permite comunicarse con la computadora servidor vía ethernet, utilizando el protocolo TCP/IP. Para poder intercambiar datos a distancia, que me permitirá gobernar remotamente el motor trifásico y visualizar los valores de los sensores.

##### 3.4.1.1. Creando la interfaz del usuario

Se realizó un formulario como se muestra en la figura 3.18 con los nombres por defecto de cada control.

Figura 3.20. Diseño del interface cliente en Visual Basic.

Form1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
"Carrera Profesional de Ingeniería Eléctrica"

Programa cliente

Adquisición de parámetros

Corriente (A) Voltaje (V) Temperatura (C)

Mando del motor

Arrancar Parar Rotación de giro

Conexión con servidor

IP del servidor

Conectar Desconectar

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.1.2. Descripción del HMI Cliente

Se utilizó, 5 command button que son “pulsadores” que permiten cambiar de estado o ejecutar una acción. Los que se utilizaron son:

**Botón conectar.-** Este botón, permite conectar con la computadora servidor, una vez puesta la IP del servidor.

**Botón desconectar.-** Este botón me permite deshacer la conexión con el servidor.

**Botón arranque.-** Este botón envía una “a” al servidor y dicho carácter es reenviado por el puerto USB a la tarjeta de adquisición de datos, el microcontrolador adquiere este dato y realiza la acción de arranque del motor trifásico.

**Botón paro.-** Este botón envía una “b” al servidor y dicho carácter es reenviado por el puerto USB a la tarjeta de adquisición de datos, el microcontrolador adquiere este dato y realiza la acción de paro del motor trifásico.

**Botón inversión de giro.-** Este botón envía una “c” al servidor y dicho carácter es reenviado por el puerto USB a la tarjeta de adquisición de datos, el microcontrolador adquiere este dato y realiza la acción de invertir el giro del motor trifásico.

Asimismo, se utilizó 4 textbox, que son cajas de texto que permiten escribir y recibir texto. Estas cajas de texto me permiten ver

el valor de los sensores, y el que se encuentra en "conexión con servidor" permite el ingreso de la IP para poder hacer la comunicación con el servidor.

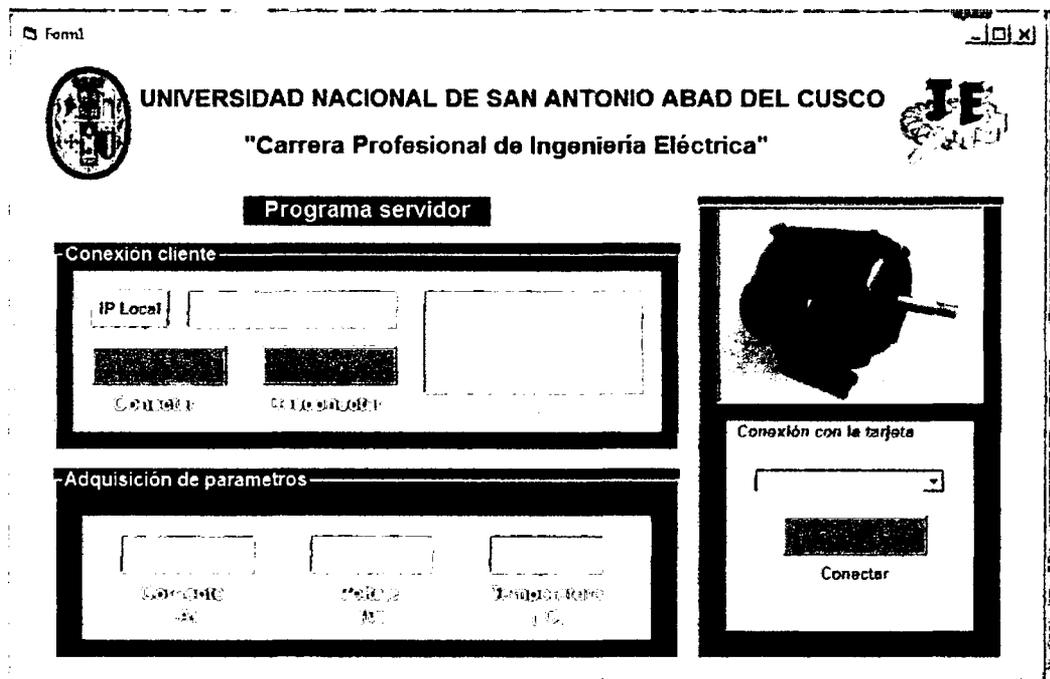
### 3.4.2. Aplicación servidor

Esta aplicación es la interfaz HMI que irá en la computadora servidor, esta aplicación me permitirá comunicarme con la tarjeta de adquisición de datos vía puerto USB, intercambiara datos para el motor y de estado de los valores de los sensores con el cliente vía Ethernet, utilizando el protocolo TCP/IP.

#### 3.4.2.1. Creando la interfaz del usuario

Realiza un formulario como el mostrado en la figura 3.36 con los nombres por defecto de cada control.

Figura 3.21. Diseño del interface servidor en Visual Basic.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2.2. Descripción de la interfaz HMI Servidor

Se utilizó, 4 command button que son “pulsadores” que permiten cambiar de estado o ejecutar una acción. Los que se utilizaron son:

**Botón conectar.-** Este botón sirve para poder escuchar si existe una conexión entrante.

**Desconectar.-** Este botón sirve para desconectar la conexión entre cliente y servidor.

**Conectar.-** Este botón sirve para poder conectarme por medio de un puerto Virtualcom con la tarjeta de adquisición de datos.

**IP local.-** Este botón permite saber el IP del servidor o maquina local el cual lo mostrara en el textbox que se encuentra a su lado.

**Cmbsel.-** Este me permite seleccionar el puerto que creo nuestra tarjeta de adquisición de datos.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS DE LA APLICACIÓN

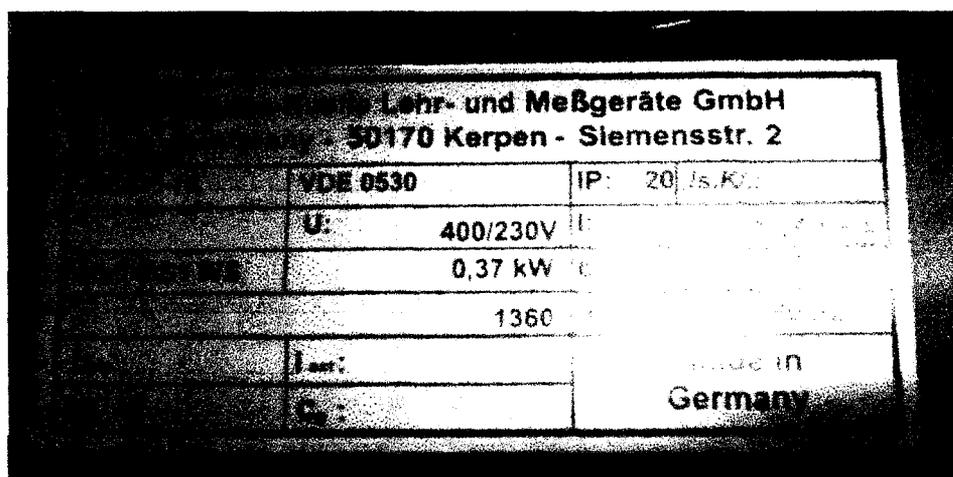
#### 4.1. Introducción

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos con la implementación de nuestro sistema de mando del motor de inducción. Las pruebas se realizaron, como se menciona anteriormente, al motor de inducción tipo jaula de ardilla simple. El computador servidor y cliente utilizara el software Visual Basic 6.0, es por ello que el propósito del presente trabajo es la validación de los microcontroladores PIC en la adquisición de datos y mando a distancia de diversos sistemas y en el conocimiento de estos circuitos integrados para diversos tipos de aplicación.

#### 4.2. Características del motor de inducción

El motor de inducción que se usó para el desarrollo del presente trabajo es de la marca alemana Lucas-Nuelle SE2673-1K.

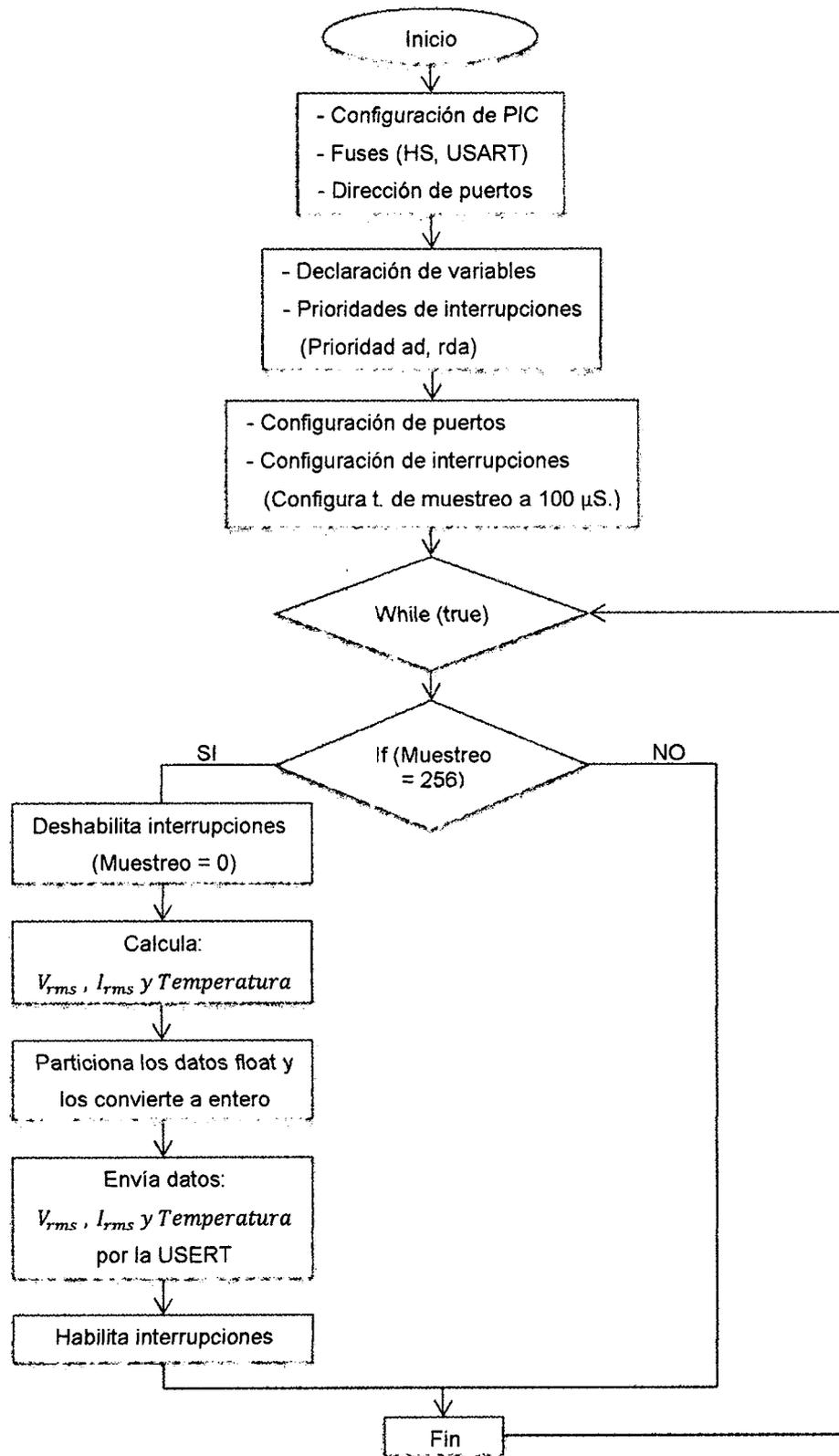
Figura 4.1. Placa de características del motor de inducción



Fuente: Elaboración propia.

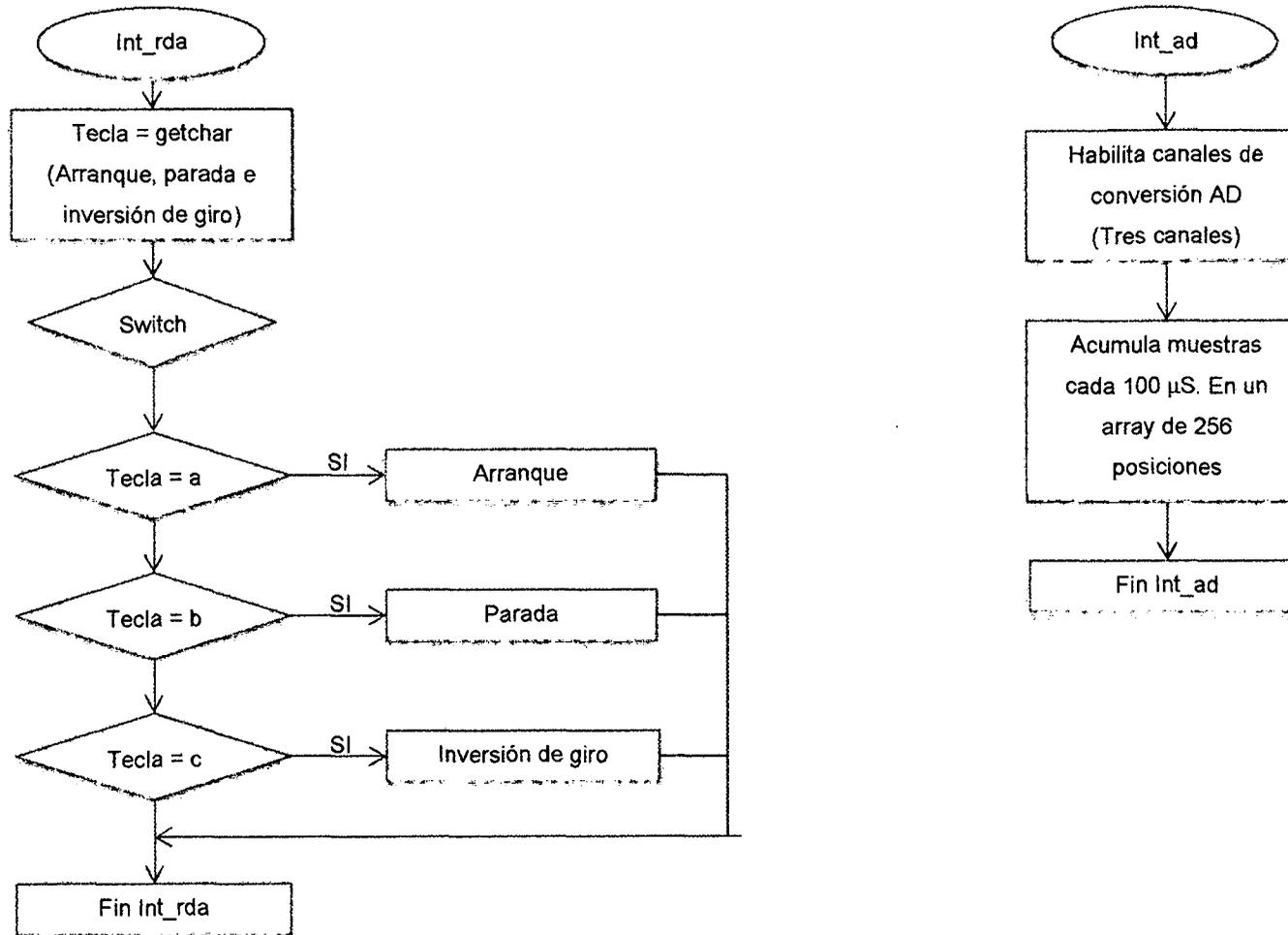
### 4.3. Algoritmos finales del proyecto de investigación

Figura 4.2. Diagrama de flujo del PIC principal.



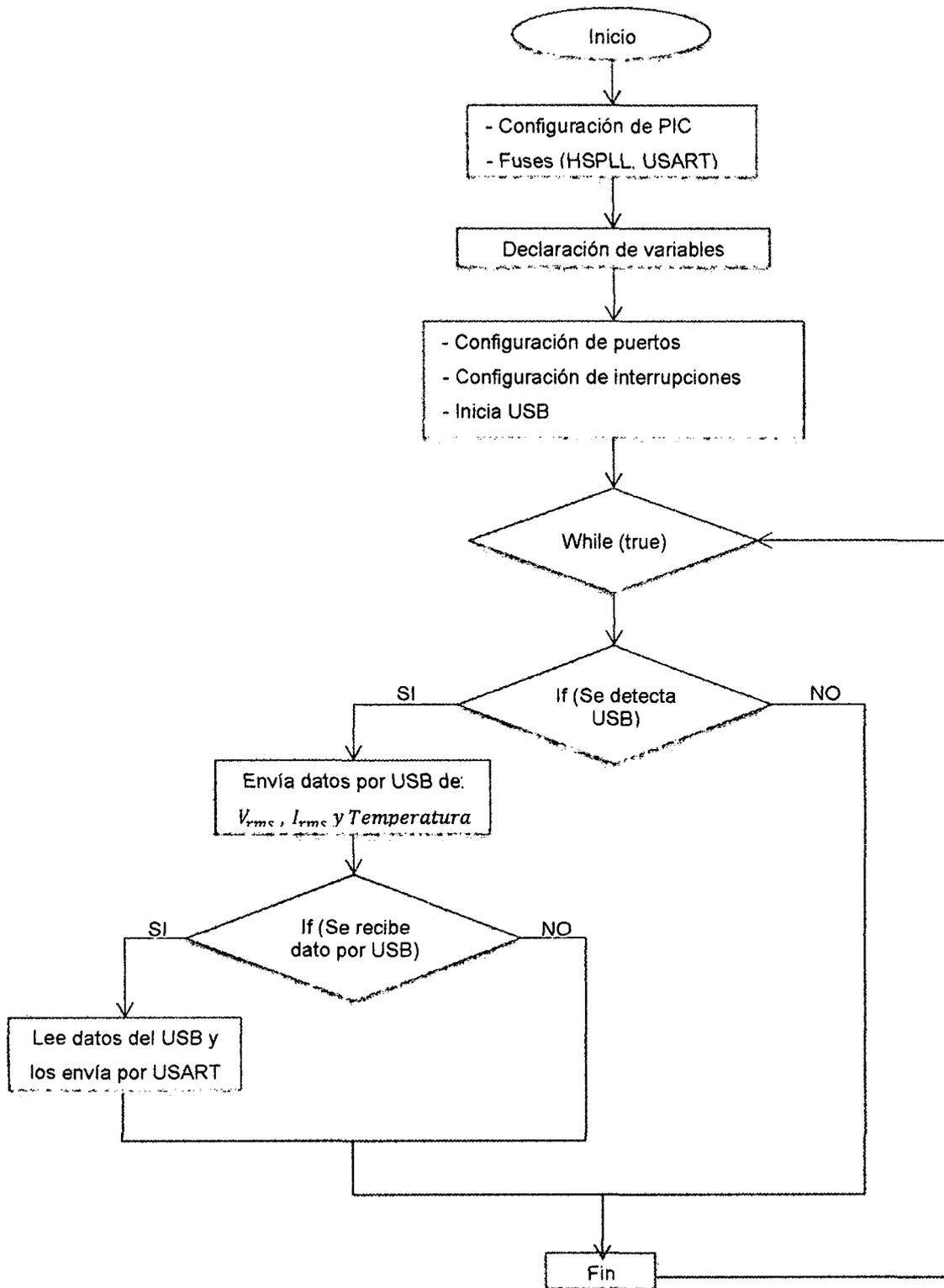
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.3. Diagrama de flujo de las interrupciones del PIC principal.



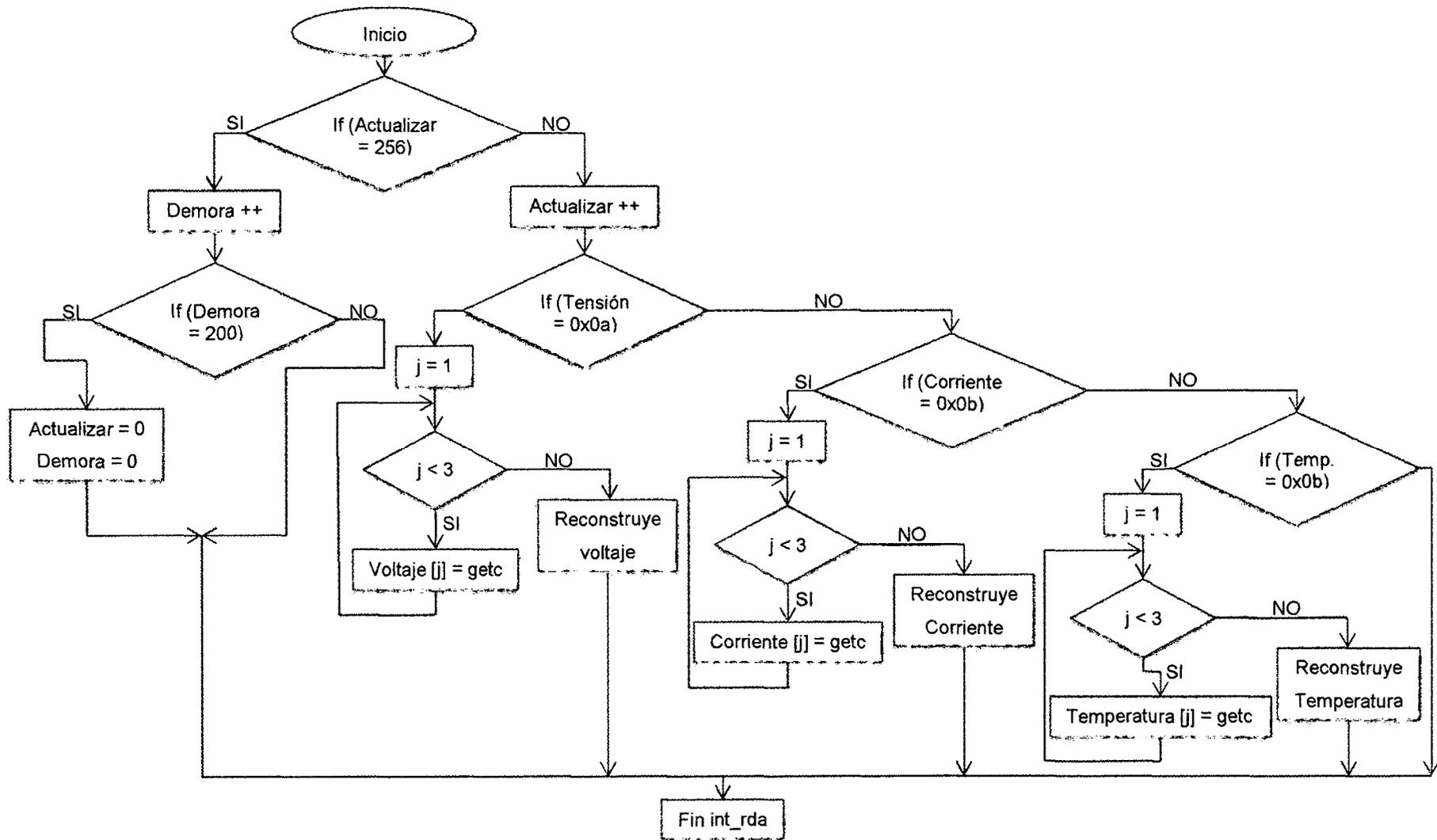
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.4. Diagrama de flujo del PIC de recepción y transmisión.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.5. Diagrama de flujo de las interrupciones del PIC de recepción y transmisión.



Fuente: Elaboración propia.

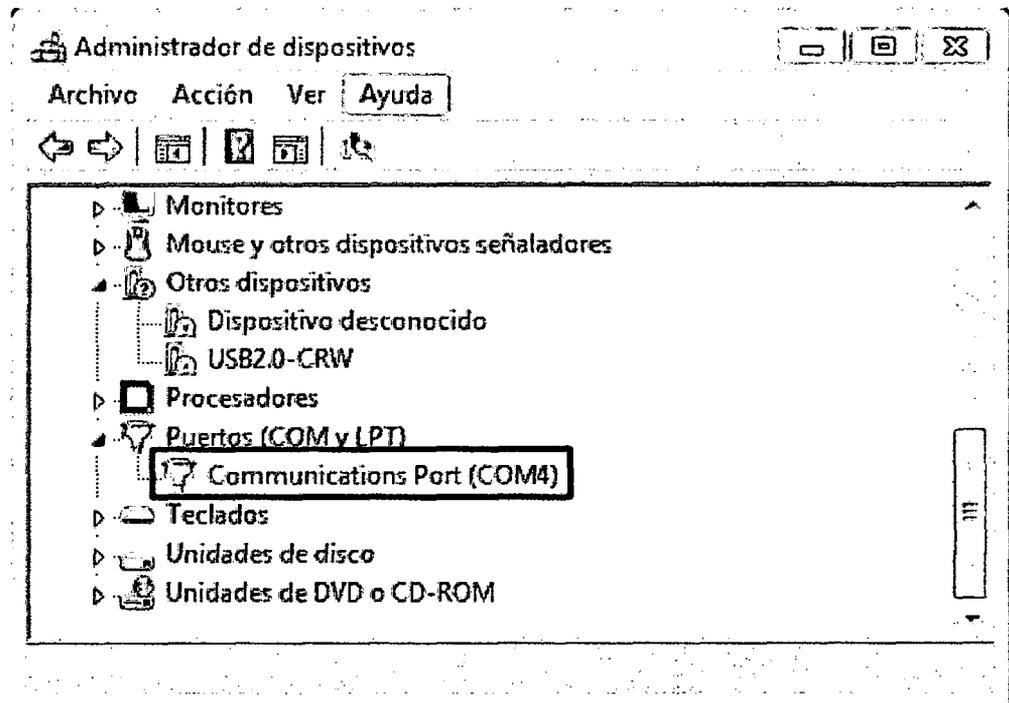
#### 4.4. Descripción de acciones del sistema de adquisición de datos y mando

El sensor de corriente está instalado en una de las fases de ingreso al motor de inducción, el sensor de tensión en dos fases de ingreso de la red al motor de inducción y el sensor de temperatura en la cara interior de la carcasa del motor. Una vez instalados, se procedió a conectar hacia las entradas de la tarjeta de adquisición de datos, la cual mediante el puerto USB se conecta con el computador servidor, para lo cual se tiene que seguir los siguientes pasos:

##### 4.4.1. Primer paso

Conectar la tarjeta de adquisición de datos, este nos pedirá instalar el driver (software) que se adjunta en el CD. Una vez instalado, ver que puerto de comunicación se crea en el administrador de dispositivos, como se muestra en la figura 4.5

Figura 4.6. Selección del ComVirtual.



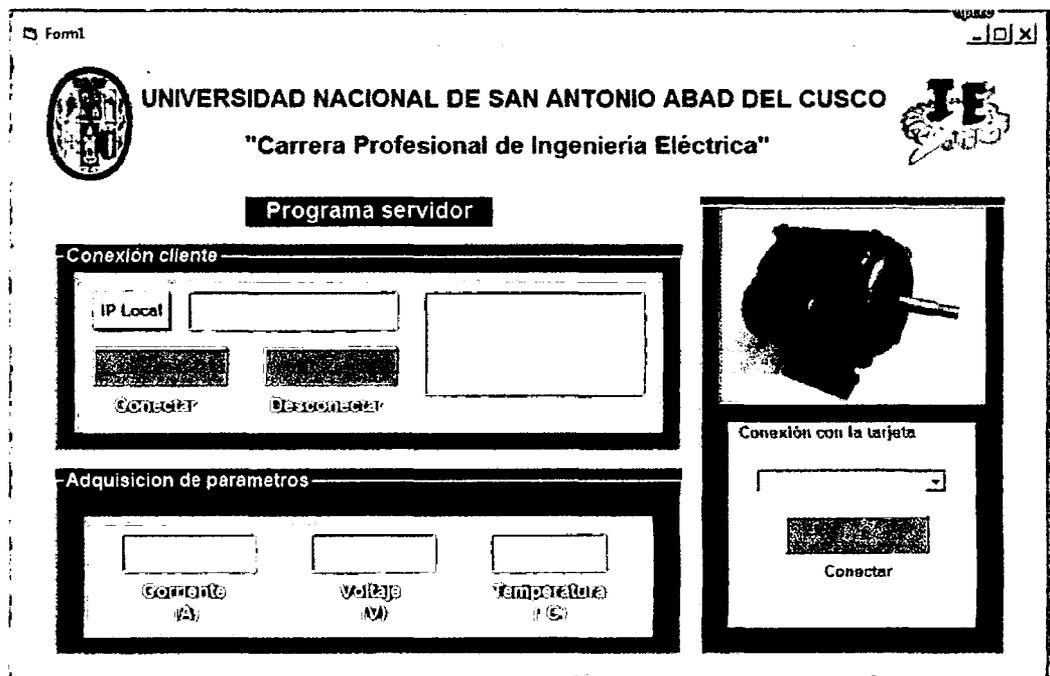
Fuente: Elaboración propia

La instalación del driver se realiza porque aún no existe compatibilidad entre la PC y la tarjeta de adquisición de datos, por ser este un nuevo hardware. En la figura 4.5, se observó la creación del puerto COM4 (en este caso). Este es un ComVirtual que crea la computadora ya que la comunicación se realiza en el modo CDC (común device classic).

#### 4.4.2. Segundo paso

Ejecutar la aplicación Servidor en la PC que mostrara la figura 4.6.

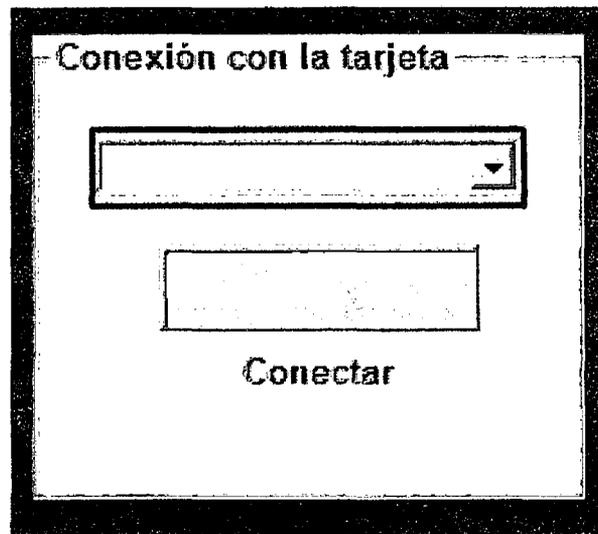
Figura 4.7. Aplicación servidor.



*Fuente: Elaboración propia*

Una vez ejecutada la aplicación, se selecciona el puerto con el que se desea conectar en la opción "Conexión con la tarjeta", en este caso con el COM4 como se muestra en la figura 4.7. Seguidamente hacer clic en el botón conectar.

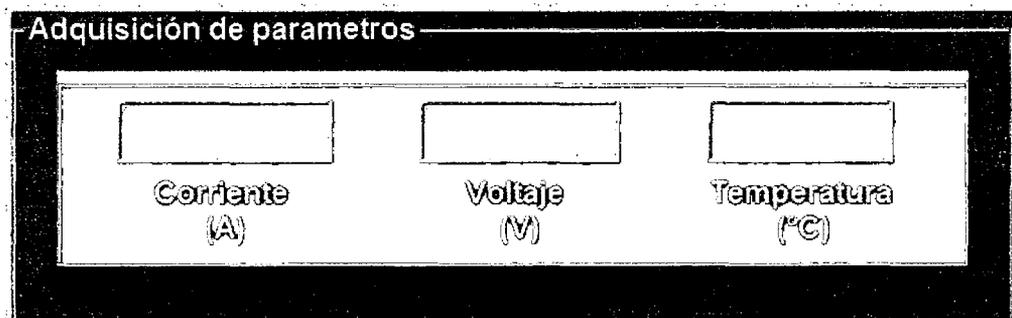
Figura 4.8. Selección del ComVirtual en el servidor.



*Fuente: Elaboración propia*

Entonces comenzará la comunicación del Servidor con la tarjeta de adquisición de datos, como se muestra en la figura 4.8:

Figura 4.9. Señales de los sensores.

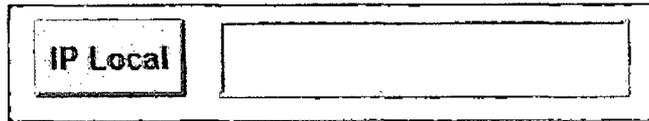


*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.4.3. Tercer paso

Hacer clic en el botón IP Local, la cual nos mostrara la IP del servidor.

**Figura 4.10.** Dirección IP del servidor.



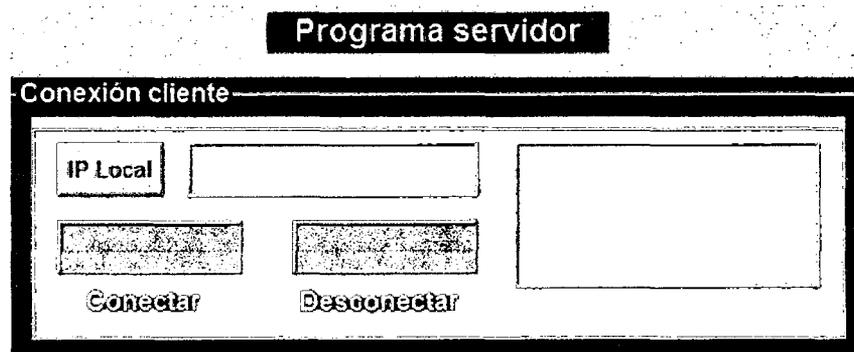
A screenshot of a form with a rectangular border. On the left side, there is a small rectangular box containing the text "IP Local". To the right of this box is a larger, empty rectangular input field.

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.4.4. Cuarto paso**

Hacer clic en el botón escuchar el cual espera que la aplicación cliente se conecte, con el botón desconectar podemos deshacer la comunicación.

**Figura 4.11.** Botones de conectar y cerrar conexión.



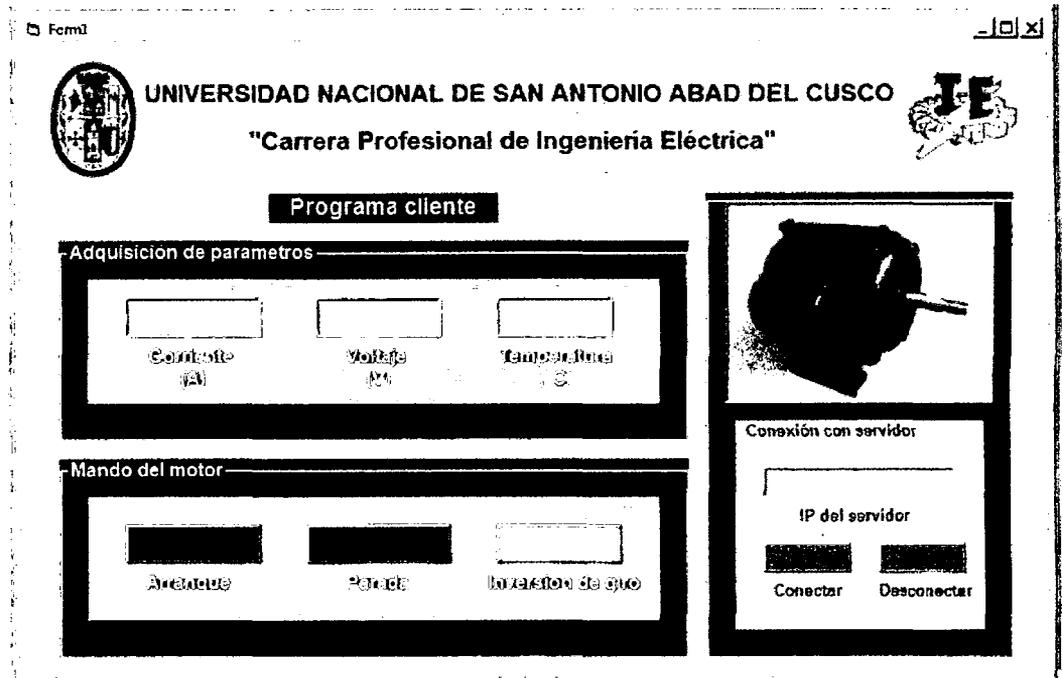
A screenshot of a graphical user interface for a "Programa servidor". At the top, there is a title bar with the text "Programa servidor". Below the title bar, there is a section titled "Conexión cliente". Inside this section, there is a form with a rectangular border. On the left side of the form, there is a small rectangular box containing the text "IP Local". To the right of this box is a larger, empty rectangular input field. Below the input field, there are two buttons: "Conectar" on the left and "Desconectar" on the right. To the right of the "Conectar" and "Desconectar" buttons is a large, empty rectangular area.

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.4.5. Quinto paso**

Ejecutar la aplicación cliente, llenar la IP obtenida anteriormente, hacer clic en conectar y comenzara a llegar los datos.

Figura 4.12. Aplicación Cliente.



*Fuente: Elaboración propia*

Por último, ya se puede gobernar el motor con los botones de arranque, parada e inversión de giro que se observa en la figura 4.11.

#### 4.5. Resultados obtenidos de la adquisición de datos

##### 4.5.1. Voltaje

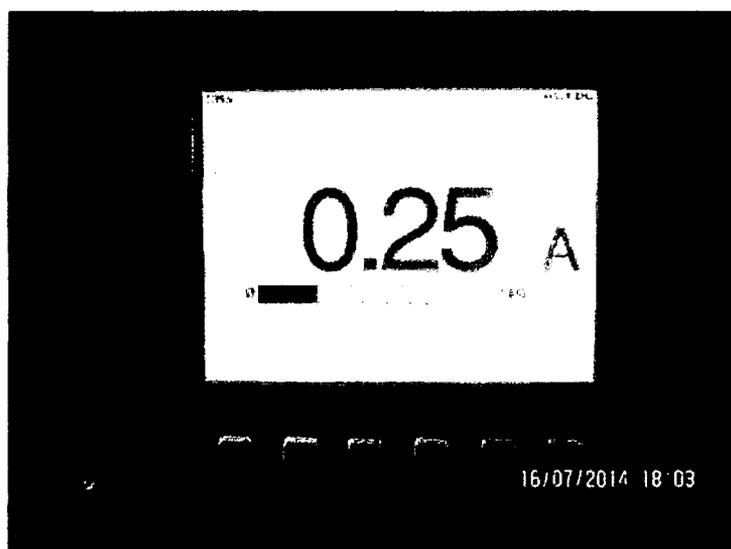
Figura 4.13. Voltaje obtenido en el motor de inducción.



*Fuente: Elaboración propia*

##### 4.5.2. Corriente

Figura 4.14. Corriente obtenida en el motor de inducción.



*Fuente: Elaboración propia*

### 4.5.3. Valores obtenidos a distancia

Figura 4.15. Valores de voltaje y corriente obtenidos a distancia

The screenshot shows a software interface titled "CLIENTE". At the top left, a status bar displays "05 i=0.26 v=17.00". The interface is divided into several sections:

- CONEXION CON SERVIDOR:** Contains a label "IP DEL SERVIDOR" with a text input field containing "127.0.0.1". Below this are two buttons: "CONECTAR" and "DESCONECTAR".
- CONTROL DE MOTOR:** Contains three buttons: "ARRANQUE", "PARO", and "INVERSION DE GIRO".
- DATOS RECIBIDOS REMOTAMENTE:** A section with four columns labeled "T °C", "V", "I", and "RPM". Below these labels are four input fields containing the values "16.8", "217.", "0.25", and an empty field.

*Fuente: Elaboración propia*

## CONCLUSIONES

- Primera.-** Se logró implementar un circuito electrónico con el microcontrolador PIC 18F4550 en el mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla.
- Segunda.-** Mediante el software PIC C Compiler se programó el microcontrolador PIC 18F4550 para el mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla.
- Tercera.-** Debido a que la señal de salida del microcontrolador está en el orden de 0 a 5v, se tuvo que acondicionar un circuito adicional a través de relés para el mando a distancia del motor de inducción tipo jaula de ardilla.
- Cuarta.-** Con la tarjeta construida, se logró adquirir a distancia los parámetros de corriente de 0.25 A., voltaje de 217 V. y temperatura de 16.8 °C, los cuales se validaron con los parámetros obtenidos por los instrumentos de laboratorio conectados directamente al motor de inducción.
- Quinta.-** El proyecto de investigación, presenta un sistema de supervisión a través de TCP/IP, que se presenta como una alternativa viable en sistemas de supervisión a distancia. Este, tiene un costo de 400 soles, que es inferior en comparación a otros sistemas de supervisión comerciales.
- Sexta.-** Mediante una adecuada programación del microcontrolador PIC, se puede establecer diversos ciclos de trabajo y ser controlados y monitoreados a distancia.

**Séptima.-** La aplicación del sistema se desarrolló en el motor de inducción tipo jaula de ardilla, sin embargo, estos circuitos pueden ser generalizados en diversas aplicaciones de mando y adquisición de datos a distancia; y en diversos campos de la Ingeniería eléctrica, electrónica.

**Octava.-** Las limitaciones de memoria del microcontrolador PIC 18f4550, fueron suplidas con el uso interconectado de dos microcontroladores, uno de los cuales hizo el trabajo principal y el otro la transmisión y recepción de datos; y de esta forma mejoramos la confiabilidad y rapidez del circuito.

## RECOMENDACIONES

- Primera.-** El presente trabajo puede ser aplicable para diferentes tipos de motores, para lo cual se recomienda implementar las pruebas correspondientes para su verificación.
- Segunda.-** Mediante el uso de softwares como: ASSEMBLER, MPLAB, mikroC PRO, etc., se pueden programar diversos tipos de microcontroladores para lograr los mismos objetivos, para tal efecto se sugiere realizar otro tipo de pruebas para su verificación.
- Tercera.-** Para circuitos de mando a distancia con cargas de mayor potencia, se sugiere implementar dispositivos de electrónica de potencia como: Tiristores, Triacs, etc.
- Cuarta.-** Para la adquisición a distancia de mayor número de parámetros, se sugiere incrementar sensores al circuito y realizar una adecuada programación del PIC.
- Quinta.-** Si la adquisición de datos se realiza por otros medios de transmisión como: Bluetooth, Wi-fi, etc. se sugiere reconfigurar la etapa de transmisión de datos, la cual la compone el PIC de transmisión del circuito.
- Sexta.-** Se sugiere implementar varios microcontroladores interconectados para la realización de tareas complejas, las cuales mejoraran la confiabilidad y rapidez del circuito.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] MIRANDA, Luis - MEDINA, Esperanza. "Investigando en Ingeniería". Edit. UNSA. Arequipa, Perú, 1998. Pág. 26.
- [2] HERNANDEZ, Roberto - FERNÁNDEZ, Carlos - BAPTISTA, Pilar. "Metodología de la Investigación". Edit. McGraw – Hill. Colombia, 1997. Pág.
- [3] J. CHAPMAN, Stephen. "Máquinas Eléctricas". Edit. McGraw - Hill. México, 2005. Pág. 380.
- [4] ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. "Control de máquinas eléctricas". Edit. Limusa. México, 2008. Pág. 24 y 25.
- [5] FRAILE MORA, Jesús. "Máquinas Eléctricas". Edit. McGraw - Hill. España, 2008. Pág. 289 y 290.
- [6] J. CHAPMAN, Stephen. "Máquinas Eléctricas". Edit. McGraw - Hill. México, 2005. Pág. 384.
- [7] MARTIN, Eugenio - ANGULO, José - ANGULO, Ignacio. "Microcontroladores PIC. La clave del diseño". Edit. Thomson. Madrid - España, 2003. Pág. 4.
- [8] MANDADO P., Enrique - MENÉNDEZ F., Luis - FERNÁNDEZ F., Luis - LÓPEZ M., Emilio. "Microcontroladores PIC. Sistema integrado para el autoaprendizaje". Edit. Marcombo. Barcelona, España, 2007. Pág. 11.
- [9] MARTIN, Eugenio - ANGULO, José - ANGULO, Ignacio. "Microcontroladores PIC. La clave del diseño". Edit. Thomson. Madrid - España, 2003. Pág. 4.
- [10] MONTALVO Loza - CHRISTIAN Hernán. Tesis "Edificios Inteligentes para Personas con Discapacidad". Escuela de ingeniería en sistemas computacionales – Universidad técnica del norte. Ecuador, 2010. Pág. 88.
- [11] MARTIN, Eugenio - ANGULO, José - ANGULO, Ignacio. "Microcontroladores PIC. La clave del diseño". Edit. Thomson. Madrid - España, 2003. Pág. 11.

- [12] MARTIN, Eugenio - ANGULO, José - ANGULO, Ignacio. "Microcontroladores PIC. La clave del diseño". Edit. Thomson. Madrid - España, 2003. Pág. 15.
- [13] <http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010300>
- [14] MORA MORA, Higinio. "Sistema de adquisición y procesamiento de datos". Edit. Universidad de Alicante. España, 2011. Pág. 1.
- [15] GARCÍA MORENO, Emilio. "Automatización de procesos industriales". Edit. Alfaomega. México, 2001. Pág. 91, 92.
- [16] SENATI. "Control de máquinas con PLC". Perú, 2004. Pág. 10.
- [17] KUMAR SAHA, Subir. "Introducción a la robótica". Edit. McGraw-Hill. México, 2010. Pág. 54.
- [18] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
- [19] Departamento de Ingeniería Electrónica. "Sensores de temperatura. Aplicaciones para microcontroladores". Escuela politécnica Superior de Alcoy – Universidad politécnica de Valencia, España, 2004. Artículo A07-A08.
- [20] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm741.pdf>
- [21] MORA MORA, Higinio. "Sistema de adquisición y procesamiento de datos". Edit. Universidad de Alicante. España, 2011. Pág. 5
- [22] MORA MORA, Higinio. "Sistema de adquisición y procesamiento de datos". Edit. Universidad de Alicante. España, 2011. Pág. 10.
- [23] RUIZ, Maryem. PATIÑO, Luis. "Fundamentos de redes de comunicación". Medellín, 2007.
- [24] H. RASHID, Muhammad. "Electrónica de potencia". Edit. Prentice Hall Inc. México, 1995. Pág. 01.
- [25] SENATI. "Diagnostico, mantenimiento y reparación de sistemas electrónicos de potencia" Perú. Pág. 11.
- [26] GARCÍA BREIJO, Eduardo. "Compilador C CCS y simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC". Edit. Alfaomega. México, 2008. Pag. 23.

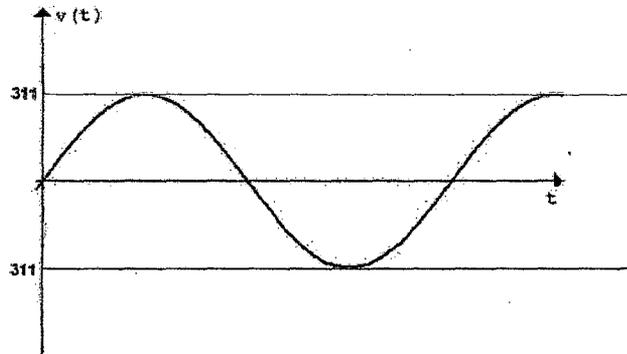
[27] RODRIGUEZ BUCARELLY, Carlos M. "Visual Basic 6.0 orientado a base de datos". 2ª ed. Edit. Bucarelly. 2008. Pag. 19.

[28] Instituto de Educación Superior Tecnológica Publico "Túpac Amaru". "Cliente/servidor en Visual Basic 6.0". Cusco, Perú. 2011. Pág. 01.

## ANEXO A: DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE ADQUISICION ANALOGICA

### A.1. Diseño del circuito de voltaje

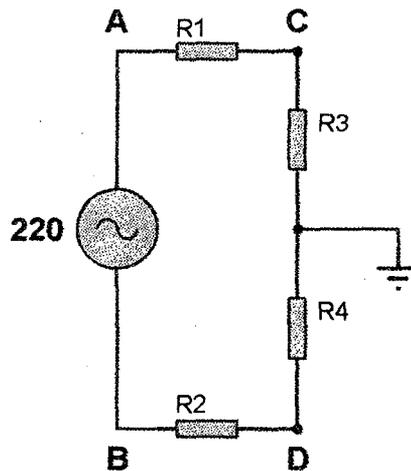
Figura A.1. Señal senoidal a muestrear.



*Fuente: Elaboración propia*

El microcontrolador PIC solo lee valores de voltaje, hasta de 5 voltios, es por ello que el primer paso será disminuir el voltaje a aproximadamente la 1/100 parte del voltaje de entrada. Para ello realizamos un circuito divisor de voltaje:

Figura A.2. Circuito divisor de voltaje.



*Fuente: Elaboración propia*

Del circuito se deduce:

$$V_C = \frac{R_1 \times V_A}{R_1 + R_3} \text{ y } V_D = \frac{R_4 \times V_B}{R_2 + R_4}$$

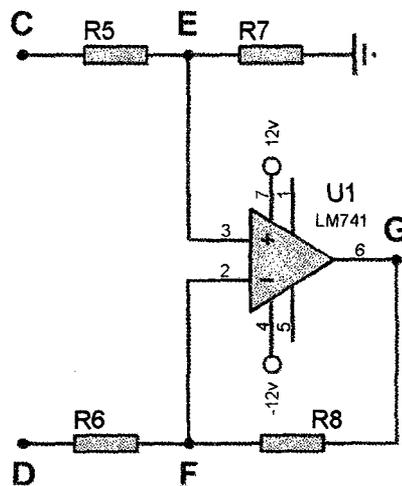
Asumiendo valores para:  $R_1 = 1M$  y  $R_3 = 10K$ , tenemos:

$$V_C = \frac{V_A}{101} \text{ y } V_D = \frac{V_B}{101}$$

De donde se deduce que:  $V_C - V_D = 2.2 \text{ v}$ .

Para obtener la diferencia de potencial entre los puntos C y D, usamos un circuito típico en configuración diferencial:

Figura A.3. Circuito típico diferencial.



Fuente: Elaboración propia

De donde:  $R_5 = R_6$  y  $R_7 = R_8$

Se tiene que:  $V_G = (V_C - V_D) \times \frac{R_7}{R_5}$

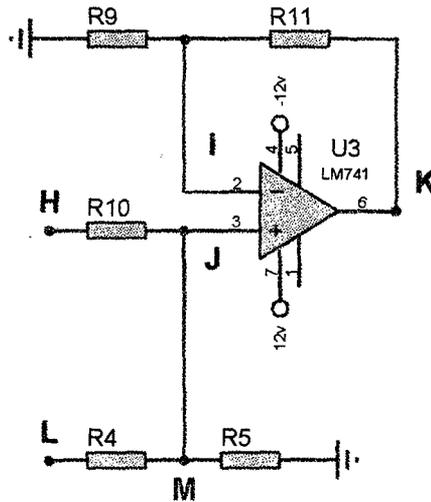
Entonces, asumiendo valores para  $R_5$  y  $R_7$  de manera que tengamos un valor unitario.

$$R_5 = R_6 = R_7 = R_8 = 10K$$

Por lo tanto:  $V_G = 2.2 \text{ V}$ .

Finalmente, como nuestro microcontrolador PIC, lee solo voltajes positivos acoplamos un circuito sumador no inversor para elevar la señal al eje positivo.

Figura A.4. Circuito sumador no inversor.



Fuente: Elaboración propia

Este circuito sumador presenta las siguientes consideraciones:

$$\frac{V_H - V_M}{R_{10}} + \frac{V_L - V_M}{R_4} = \frac{V_Z}{R_5}$$

Si consideramos:  $R_{10} = R_4 = R_5$  entonces:  $V_M = \frac{V_H + V_L}{3}$

Asimismo:  $V_K = V_M \times \left(\frac{R_9 + R_{11}}{R_9}\right)$

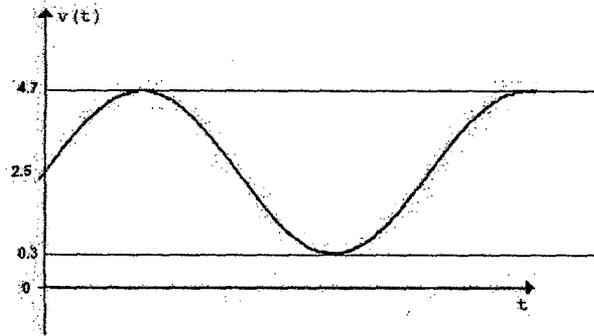
Por lo tanto:  $V_K = \frac{V_H + V_L}{3} \times \left(\frac{R_9 + R_{11}}{R_9}\right)$

Asumiendo valores para  $R_9 = 10k$ ,  $R_{11} = 20k$  y  $V_L = 2.5V$  y teniendo que:  $V_H = 2.2V$ .

$$V_K = 4.7V.$$

El cual se grafica a continuación:

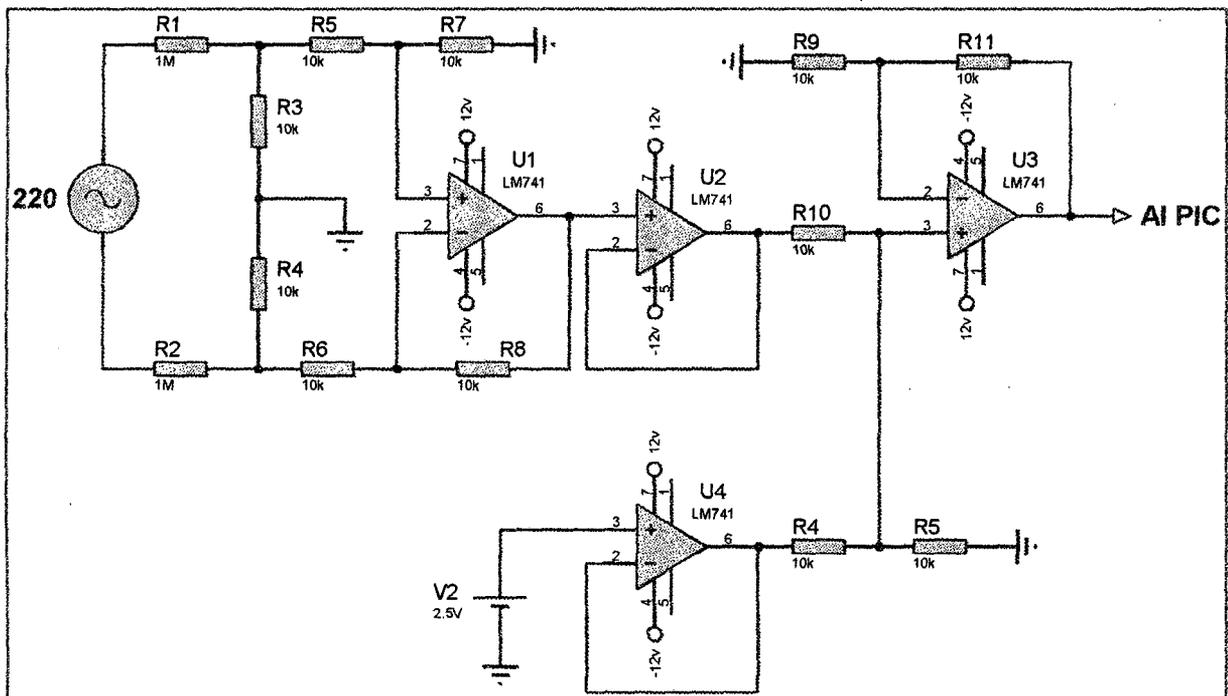
Figura A.5. Señal final de salida del circuito de voltaje.



Fuente: Elaboración propia

El circuito general será:

Figura A.6. Circuito final de voltaje.

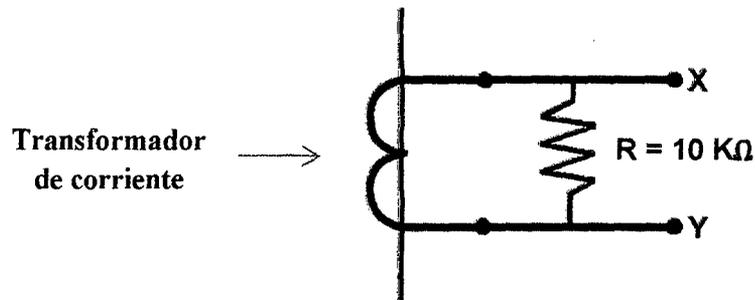


Fuente: Elaboración propia

## A.2. Diseño del circuito de corriente

El microcontrolador PIC solo lee valores de voltaje, hasta de 5 voltios, es por ello que el primer paso será convertir el valor de corriente que adquirimos del transformador, en voltaje, esto lo hacemos a través de una resistencia.

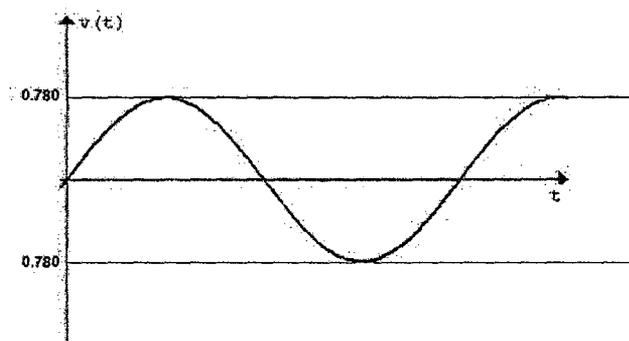
Figura A.7. Símbolo del transformador de corriente en paralelo a la resistencia.



Fuente: Elaboración propia

Del cual obtendremos, el voltaje que a continuación se muestra:

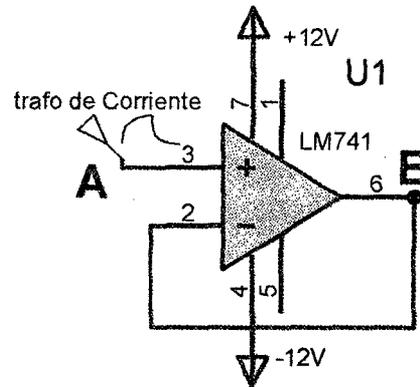
Figura A.8. Señal obtenida del transformador de corriente.



Fuente: Elaboración propia

Después de obtener el valor de voltaje, utilizaremos un amplificador seguidor de voltaje para evitar el efecto de carga.

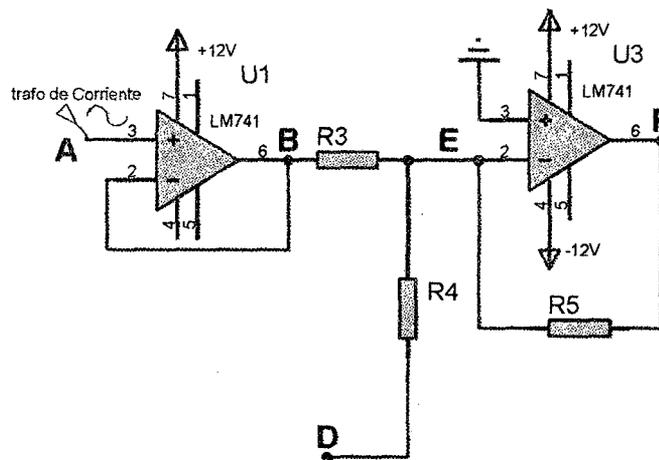
**Figura A.9.** Amplificador seguidor de voltaje.



*Fuente: Elaboración propia*

Luego, similar al circuito de voltaje, acoplaremos un circuito sumador inversor para elevar la señal alterna al eje positivo.

**Figura A.10.** Acoplamiento del circuito sumador inversor.



*Fuente: Elaboración propia*

Este circuito sumador presenta las siguientes consideraciones:

$$\frac{V_B - V_E}{R_3} + \frac{V_D - V_E}{R_4} = \frac{V_F - V_E}{R_5}$$

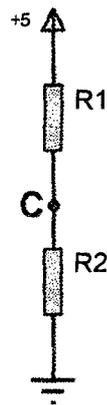
Si consideramos:  $R_3 = R_4 = R_5$  y teniendo en cuenta en el circuito:  $V_E = 0 \text{ v}$ .

$$\text{Entonces: } V_F = V_B + V_D$$

Por lo tanto, asumimos valores para  $R_3 = 10k$ ,  $R_4 = 10k$ ,  $R_5 = 10k$  y teniendo en cuenta que  $V_B = 0.780 v$ .

Para obtener el valor de  $V_D$ , (similar al circuito de voltaje) realizamos un divisor de tensión:

**Figura A.11.** Circuito divisor de tensión.



*Fuente: Elaboración propia*

Del circuito se deduce:

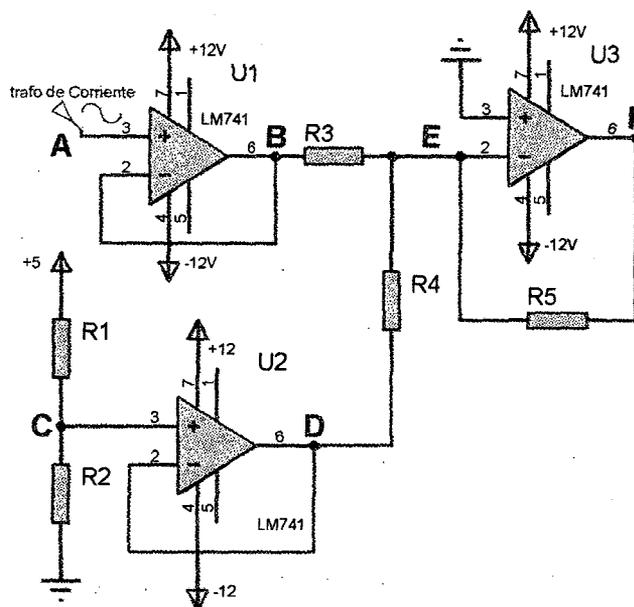
$$V_C = \frac{R_2 \times 5 v.}{R_1 + R_2}$$

Asumiendo valores para:  $R_1 = 10 k$  y  $R_2 = 10K$ , tenemos:

$$V_C = 2.5$$

Luego, este circuito lo acoplaremos al circuito anterior a través de un amplificador seguidor de voltaje para evitar el efecto de carga.

Figura A.12. Acoplamiento del circuito seguidor de voltaje.

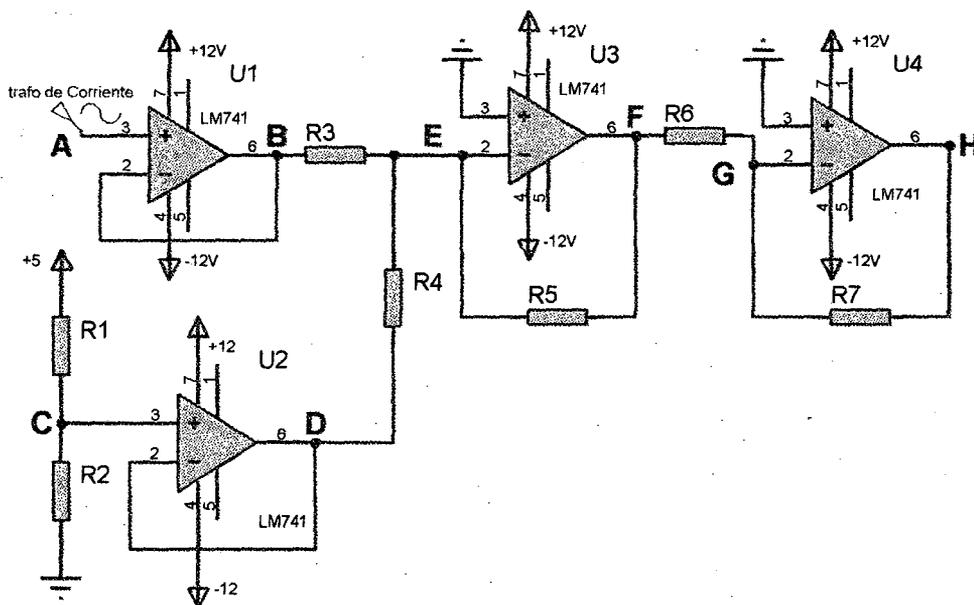


Fuente: Elaboración propia.

De este circuito obtenemos que:  $V_F = V_B + V_D \rightarrow V_F = 3.28 \text{ v}$ .

Finalmente, usaremos un circuito inversor para revertir la señal obtenida en F.

Figura A.13. Acoplamiento del circuito inversor.



Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto:  $V_H = -\frac{R_7}{R_6} \times V_G$

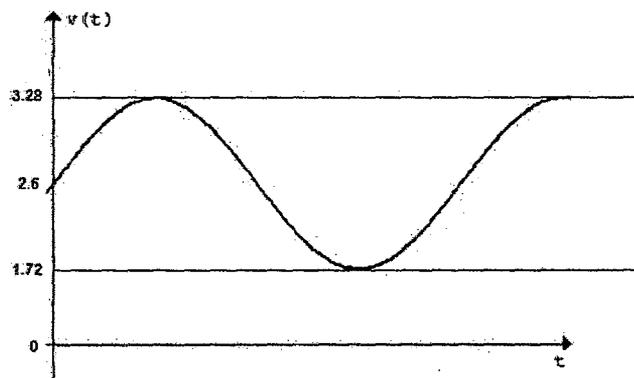
Entonces, asumimos valores para  $R_6$  y  $R_7$  de manera que obtengamos una ganancia unitaria.

$$R_7 = R_6 = 10K$$

Reemplazando, tenemos:  $V_H = 3.28$  el cual se encuentra dentro de los márgenes que admite el PIC.

El cual se grafica a continuación:

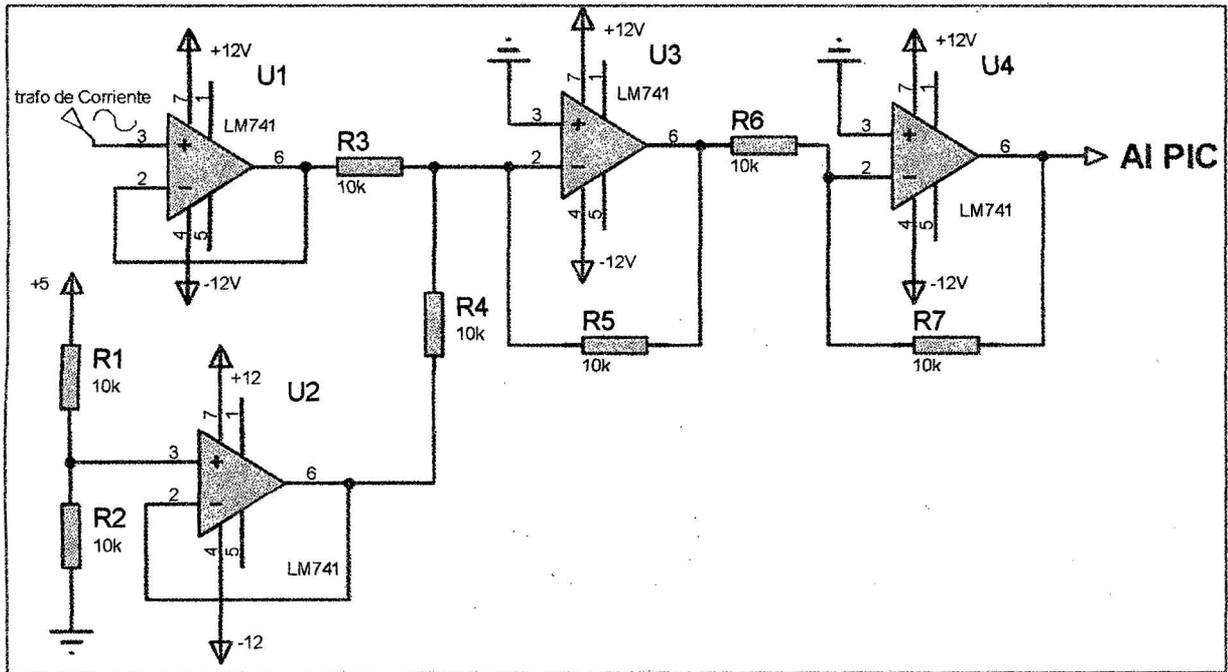
**Figura A.14.** Señal de salida final del circuito de corriente.



*Fuente: Elaboración propia*

El circuito general será:

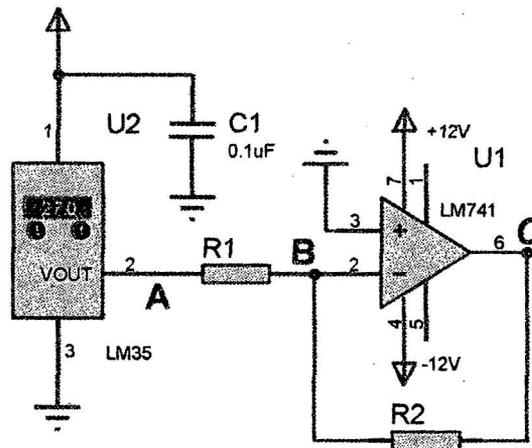
Figura A.15. Circuito final de corriente.



Fuente: Elaboración propia



Figura A.17. Acoplamiento al circuito inversor.



Fuente: Elaboración propia

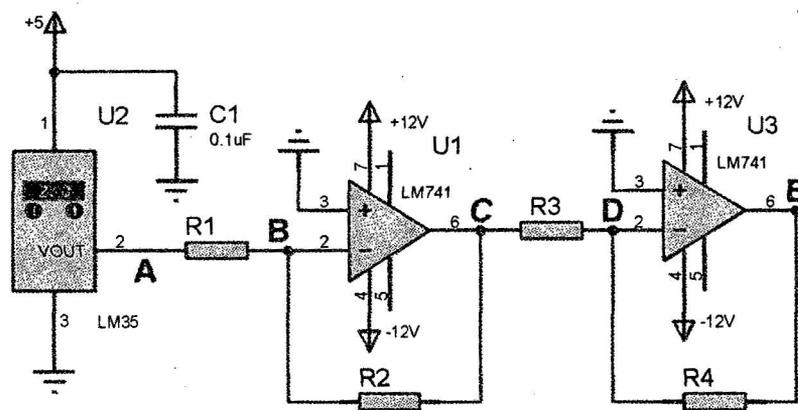
Este circuito inversor presenta las siguientes consideraciones:

$$V_C = -\frac{R_2}{R_1} \times V_A$$

Reemplazando, tenemos:  $V_C = 2 v$ .

Luego, utilizamos otro circuito inversor para revertir la señal.

Figura A.18. Acoplamiento al circuito inversor.

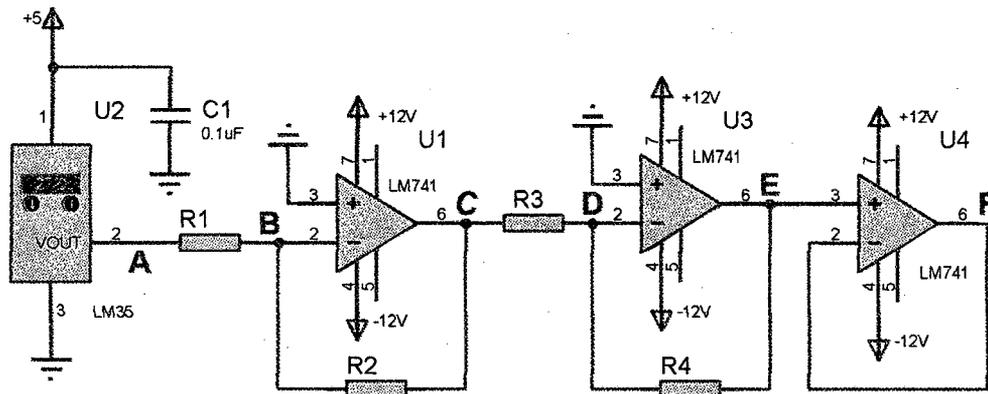


Fuente: Elaboración propia

Del cual obtenemos:  $V_E = 2 v$ .

Y finalmente, usaremos un circuito seguidor de voltaje para evitar efectos de carga.

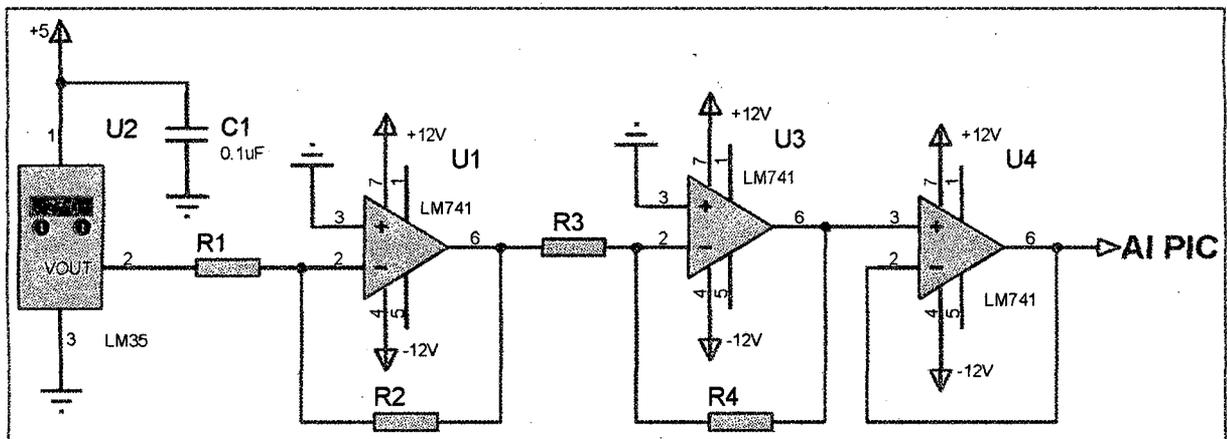
Figura A.19. Acoplamiento al circuito seguidor de voltaje.



Fuente: Elaboración propia

El circuito final será:

Figura A.20. Circuito final de temperatura.



Fuente: Elaboración propia