

M17  
2010

V 8 3 8

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO CON  
ACCESO INALAMBRICO A PROCESOS INDUSTRIALES  
FASE I

BIBLIOTECA - USTA  
TUNJA

TATIANA DEL PILAR MATEUS GUERRA  
MANUEL FELIPE RODRIGUEZ PEREZ

0 9 3 8



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
TUNJA  
2010

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO CON  
ACCESO INALAMBRICO A PROCESOS INDUSTRIALES  
FASE I

TATIANA DEL PILAR MATEUS GUERRA  
MANUEL FELIPE RODRIGUEZ PEREZ

Trabajo de monografía que presenta los resultados de la investigación realizada  
para obtener el título de Ingenieros Electrónicos

Director  
Camilo Ernesto Pardo Beainy  
Ing. Electrónico



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
TUNJA  
2010

*Solamente Los Autores Son Responsables  
de Las Ideas Expuestas en El Presente  
Trabajo.*

---

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de  
grado en cumplimiento de los  
requisitos exigidos por la Universidad  
Santo Tomás para optar al  
título de Ingeniero Electrónico

Camilo Ernesto Parde Becerra  
Firma del Director

[Firma]  
Firma del Jurado

[Firma]  
Firma del Jurado

Tunja, Agosto 24 de 2010

*Dedicamos este trabajo a Dios, quien es el ser que no lo ha dado todo, a nuestros padres a quienes debemos nuestra formación como personas y profesionales, a nuestros hermanos, compañeros y a todas las personas que contribuyeron a la culminación de nuestros estudios.*

## AGRADECIMIENTOS

### ***ANuestros Padres y Hermanos.***

Tatiana del Pilar Mateus Guerra  
*Stella Guerra Gómez, Jaime Mateus Parra, Juliana Mateus, Paola Mateus y  
Angie Mateus.*

Manuel Felipe Rodríguez Pérez  
*Melba Pérez, Alirio Rodríguez, Mauricio Rodríguez, Melba Rodríguez y Juan  
Camilo Rodríguez.*

Por su apoyo incondicional en nuestro proceso de formación como personas y profesionales.

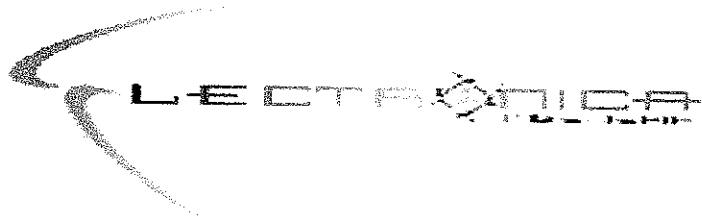
### ***ANuestros Compañeros y Docentes***

Por su acompañamiento, respaldo y asesoría en el desarrollo del proyecto, especialmente a:

Ing. Camilo Ernesto Pardo Beainy por sus aportes y asesoría como director de Proyecto de Grado.

Ing. Luis Fredy Sosa Quintero e Ing. Fabián Jiménez López por sus aportes en la revisión del documento y de los artículos generados.

La Facultad de Ingeniería Electrónica de La Universidad Santo Tomas en cabeza de Su decano Ing. José Ricardo Casallas G. por su respaldo y Acompañamiento durante el proceso de formación académico.



## CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS .....	4
LISTA DE TABLAS .....	7
LISTA DE ANEXOS .....	8
GLOSARIO .....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
1. JUSTIFICACION .....	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
2.1 DEFINICION DEL PROBLEMA .....	13
2.2 DELIMITACION DEL PROBLEMA .....	13
3. OBJETIVOS .....	14
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
4. MARCO TEORICO.....	15
4.1 SENSORES.....	15
4.2 ADQUISICIÓN DE DATOS .....	16
4.3 SISTEMA MICROCONTROLADO .....	17
4.4 MODULO LCD .....	18
4.4.1 <i>Características Físicas LCD.</i> .....	19
4.4.2 <i>Bus de Control LCD.</i> .....	20
4.4.3 <i>Bus de Datos LCD</i> .....	21
4.4.4 <i>Caracteres LCD</i> .....	21
4.4.5 <i>Comandos LCD</i> .....	22
4.5 SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES.....	25
4.5.1 <i>Elementos de Un Sistema de Telecomunicaciones</i> .....	25
4.5.2 <i>Medios de Transmisión</i> .....	26
4.5.2.1 <i>Medios de Transmisión Guiados</i> .....	26
4.5.2.2 <i>Medios de Transmisión No Guiados</i> .....	27
4.5.3 <i>Modos de Comunicación</i> .....	27
4.5.3.1 <i>Simplex</i> .....	27
4.5.3.2 <i>HalfDuplex</i> .....	28
4.5.3.3 <i>Full Duplex</i> .....	28

4.5.4	Modulación .....	28
4.5.4.1	Modulación Análoga .....	29
4.5.4.1.1	Modulación en Amplitud (AM) .....	29
4.5.4.1.2	Modulación en Frecuencia (FM) .....	30
4.5.4.1.3	Modulación en Fase (PM) .....	30
4.5.4.2	Modulación Digital .....	31
4.5.4.2.1	Modulación por Desplazamiento de Amplitud (ASK).....	31
4.5.4.2.2	Modulación por Desplazamiento de Frecuencia (FSK) .....	32
4.5.4.2.3	Modulación por Desplazamiento de Fase (PSK) .....	33
4.5.4.2.4	PSK en Cuadratura (QPSK).....	33
4.5.4.2.5	Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM) .....	34
4.5.5	Redes de Comunicaciones .....	35
4.5.5.1	Tipos de Enlaces de Redes .....	35
4.5.5.1.1	Enlace Punto A Punto .....	35
4.5.5.1.2	Enlace Punto A Multipunto .....	36
4.5.5.2	Topologías de Redes.....	36
4.5.5.2.1	Topología en Estrella .....	36
4.5.5.2.2	Topología de Bus .....	37
4.5.5.2.3	Topología en Anillo .....	37
4.5.5.2.4	Topología en Malla.....	38
4.5.5.3	Tipos de Redes .....	39
4.5.5.3.1	Redes de Área Local (LAN) .....	39
4.5.5.3.2	Redes de Área Metropolitana (MAN) .....	39
4.5.5.3.3	Redes de Área Extensa (WAN) .....	40
4.6	PROCOLOS DE COMUNICACIÓN .....	40
4.6.1	Comunicaciones Seriales .....	40
4.6.1.1	Estándar RS-232 .....	41
4.6.1.2	Estándar RS-422 .....	42
4.6.1.3	Estándar RS-485 .....	42
4.6.2	Protocolos de Red .....	42
4.6.2.1	Ethernet .....	42
4.6.2.2	Protocolo UDP .....	44
4.6.2.3	Protocolo TCP .....	44
4.7	LABVIEW™ .....	45
4.7.1	Panel Frontal .....	46
4.7.2	Diagrama de Bloques .....	47
5.	DISEÑO, DESARROLLO Y RESULTADOS.....	49

5.1 SENSADO DE VARIABLES .....	50
5.1.1 Sensor de Temperatura (LM35).....	50
5.1.1.1 Acondicionamiento de señal.....	51
5.2 ADQUISICION DE DATOS Y PROCESAMIENTO DIGITAL .....	52
5.2.1 Conversión Análoga Digital.....	53
5.2.2 Configuración Módulo SCI (Interfaz de comunicaciones seriales)...	57
5.3 MONITOREO LOCAL .....	63
5.3.1 Mensajes Visualizados .....	64
5.4 COMUNICACIÓN INALAMBRICA .....	65
5.4.1 Módulo de comunicación inalámbrica OEM 9Xcite de Maxtreem ....	65
5.4.2 Transmisión .....	69
5.4.2.1 Trama de comunicación .....	70
5.4.2.2 Método de detección de errores .....	70
5.4.2.3 Diagrama de Conexión .....	70
5.4.3 Recepción.....	71
5.4.3.1 Diagrama de Conexión .....	72
5.5 CONVERSIÓN DE PROTOCOLO Y ACCESO A LA RED .....	73
5.5.1 Conversor DS100 de Tibbo .....	73
5.5.2 Conexión del Dispositivo Servidor Serial DS100B de Tibbo.....	74
5.5.3 Configuración DS100 empleando DS Manager.....	76
5.5.4 Pruebas Preliminares .....	80
5.6 INTERFAZ GRAFICA DE MONITOREO .....	84
5.6.1 Adquisición Por Puerto Serial (Módulo VISA).....	84
5.6.2 Adquisición Por Puerto Ethernet (Modulo TCP).....	88
5.6.2.1 Ventajas de La Adquisición Por Puerto Ethernet.....	91
5.6.3 Adaptación de Los Datos.....	91
5.6.4 Detección de Errores .....	93
5.6.5 Parametrizacion Y Representación de Los Datos .....	94
5.6.6 Interfaz Final de Usuario.....	96
5.7 DISEÑO DE CIRCUITOS IMPRESOS .....	97
<b>6. APORTES DEL TRABAJO.....</b>	<b>100</b>
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>101</b>
<b>8. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>103</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>104</b>
<b>INFOGRAFIA .....</b>	<b>106</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de Sensores .....	15
Figura 2. Sistema microcontrolado.....	17
Figura 3. Diagrama de bloques microcontrolador.....	17
Figura 4. Aspecto Físico LCD.....	19
Figura 5. Distribución de Pines LCD .....	19
Figura 6. Conexión del Bus de Datos LCD, a) 8 Bits, b) 4 Bits .....	21
Figura 7. Direcciones DDRAM de la LCD .....	25
Figura 8. Comunicación Simplex.....	27
Figura 9. Comunicación HalfDuplex.....	28
Figura 10. Comunicación Full Dúplex .....	28
Figura 11. Modulación en Amplitud (AM) .....	29
Figura 12. Modulación en Frecuencia (FM) .....	30
Figura 13. Modulación en Fase (PM).....	31
Figura 14. Modulación por Desplazamiento de Amplitud (ASK) .....	32
Figura 15. Modulación por Desplazamiento de Frecuencia (FSK) .....	32
Figura 16. Modulación por Desplazamiento de Fase (PSK) .....	33
Figura 17. PSK en Cuadratura (QPSK).....	34
Figura 18. Diagramas de Constelación de QAM.....	35
Figura 19. Enlace Punto A Punto.....	35
Figura 20. Enlace Punto A Multipunto.....	36
Figura 21. Topología en Estrella.....	37
Figura 22. Topología de Bus .....	37
Figura 23. Topología en Anillo .....	38
Figura 24. Topología en Malla.....	39
Figura 25. Red LAN Ethernet .....	43
Figura 26. Formato de mensaje UDP. ....	44
Figura 27. Formato Segmento TCP .....	45
Figura 28. National Instruments LabVIEW™ .....	45
Figura 29. Panel Frontal en LabVIEW™ .....	47
Figura 30. Diagrama de Bloques en LabVIEW™.....	48
Figura 31. Diagrama de Bloques General.....	49
Figura 32. Diagrama de Bloques General.....	49
Figura 33. Diagrama de Bloques Sensado de Variables.....	50
Figura 34. LM35.....	50

Figura 35. Amplificador Seguidor.....	51
Figura 36. Amplificador No Inversor.....	51
Figura 37. Amplificador Operacional LM324.....	52
Figura 38. Diagrama de bloques adquisición. ....	52
Figura 39. Pines módulo ADC.....	53
Figura 40. Diagrama de flujo ADC.....	56
Figura 41. Pines módulo SCI.....	57
Figura 42. Formatos de datos SCI .....	58
Figura 43. Diagrama de flujo SCI.....	61
Figura 44. Distribución de Pines Microcontrolador .....	63
Figura 45. Circuito de Conexión LCD Utilizado.....	64
Figura 46. Mensajes de Presentación LCD .....	64
Figura 47. Panel de Monitoreo Local .....	65
Figura 48. Diagrama de bloques Comunicación inalámbrica. ....	65
Figura 49. XCite OEM RF Module.....	66
Figura 50. Conexión comúnmente usada. ....	67
Figura 51. Conexión entre 2 host. ....	68
Figura 52. Trama de Comunicación.....	70
Figura 53. Diagrama de Transmisión.....	71
Figura 54. Tarjeta de Desarrollo Rs232 de Maxtream .....	71
Figura 55. Diagrama de Recepción.....	72
Figura 56. Diagrama de Conexión Comunicación Inalámbrica .....	72
Figura 57. Conversor DS100B de Tibbo.....	74
Figura 58. Diagrama de Conexión DS100B de Tibbo .....	75
Figura 59. Conexión del Dispositivo Servidor Serial DS100B de Tibbo.....	75
Figura 60. Interfaz de Usuario DS Manager .....	76
Figura 61. Dispositivo Reconocido en DS Manager.....	77
Figura 62. Configuración de Red DS100B de Tibbo .....	78
Figura 63. Configuración de Conexión DS100B de Tibbo.....	79
Figura 64. Configuración de Puerto Serial DS100B de Tibbo .....	80
Figura 65. HyperTerminal .....	81
Figura 66. Configuración de HyperTerminal.....	82
Figura 67. Recepción Dato de Prueba en HyperTerminal.....	83
Figura 68. Recepción de La Trama de Datos en HyperTerminal.....	83
Figura 69. Diagrama de Bloques Interfaz Gráfica de Monitoreo .....	84
Figura 70. VISA Configure Serial Port .....	85
Figura 71. VISA Read .....	86

Figura 72. VISA Close .....	87
Figura 73. Adquisición Por Puerto Serial (Modulo VISA).....	87
Figura 74. Ubicación del Módulo de Herramientas TCP en LabVIEW™ .....	88
Figura 75. TCP Open Connection .....	88
Figura 76. TCP Read .....	89
Figura 77. TCP Close .....	90
Figura 78. Adquisición Por Puerto Ethernet (Modulo TCP).....	90
Figura 79. StringTo Byte Array.....	92
Figura 80. ArrayToCluster.....	92
Figura 81. Unbundle.....	92
Figura 82. Descomposición de Los Datos.....	93
Figura 83. Representación de Los Datos en El Panel Frontal.....	93
Figura 84. Detección de Errores en LabVIEW™ .....	94
Figura 85. Datos Parametrizados .....	94
Figura 86. Grafica de Comportamiento.....	95
Figura 87. BuildTable.....	95
Figura 88. Interfaz Gráfica de Monitoreo Remoto.....	97
Figura 89. Diseño de Conexión Circuito Impreso .....	98
Figura 90. Diseño circuito impreso .....	99
Figura 91. Vista 3D Circuito Impreso .....	99

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de Pines LCD.....	20
Tabla 2. Código de Caracteres Almacenados en El LCD.....	22
<i>Tabla 3. Configuración ADC.....</i>	<i>54</i>
Tabla 4. División de frecuencia ADC .....	55
Tabla 5. Frecuencias de transmisión SCI.....	59
Tabla 6. Características, 9Xcite OEM, RF Module .....	66
Tabla 7. Descripción Pines de conexión .....	67
Tabla 8. Distribución de canales, modo Single FrequencyChannel.....	69
Tabla 9. Tabla de Datos Almacenados Por El Sistema .....	96

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Carta Aceptación INTERCON 2010 .....	107
Anexo 2. Carta Aceptación ANDESCON 2010 .....	108
Anexo 3. Artículo INTERCON 2010 .....	109
Anexo 4. Artículo ANDESCON 2010.....	115

## GLOSARIO

**ADDRESS:** Dirección de Internet. Es la serie de caracteres, numéricos o alfanuméricos, que identifican un recurso de forma única y permiten acceder a él. Existen varios tipos de direcciones de uso común como por ejemplo "dirección de correo electrónico" (email address) y el "IP" (Internet address).

**ASCII:** American Standard Code for Information Interchange. (Código Estadounidense Estándar para el Intercambio de Información). Es un código utilizado por la mayoría de los sistemas informáticos.

**ASINCRÓNICO:** Describe una estrategia de comunicación que utiliza bits de inicio y parada para indicar el principio y fin de un carácter más que el uso de una coordinación temporal para transmitir una serie de caracteres.

**BIT:** Es la unidad de datos más pequeña que puede procesar un ordenador. Sólo puede tomar los valores "0" ó "1".

**BYTE:** Conjunto de ocho bits que representan un carácter.

**ETHERNET:** Sistema de red de área local de alta velocidad. Se ha convertido en un estándar de red corporativa.

**INTRANET:** Red interna (que puede ser aislada o no de Internet) propia de una organización, diseñada y desarrollada siguiendo los protocolos propios de Internet, en particular el protocolo TCP/IP.

**IP:** Protocolo Internet (Internet Protocol).

**LAN:** Local Area Network. (Red de área local). Es una red que conecta equipos en un área relativamente pequeña y predeterminada, como una habitación, un edificio, o un conjunto de edificios.

**LCD:** Liquid Crystal Display. (Pantalla de Cristal Líquido). Se trata de un sistema eléctrico de presentación de datos formado por 2 capas conductoras transparentes y en medio un material especial cristalino (cristal líquido), que tienen la capacidad de orientar la luz a su paso.

**LED:** Light Emitting Diode. (Diodo Emisor de Luz). Diodo que emite radiación luminosa.

**TCP:** (Transmisión Control Protocol) es un protocolo que divide el mensaje en paquetes, cada paquete se le asigna un número de secuencia y la dirección de destino, estos paquetes se envían a la red, donde IP se encarga de transportarlos de host en host, hasta el destino final.

**TCP/IP:** (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), Conjunto de protocolos de la comunicación básica en Internet. Hace que la información (mensajes, gráficos o audio) viaje en forma de paquetes sin que estos se pierdan, siguiendo cualquier ruta posible.

**UDP:** (User Datagram Protocol) es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas. Permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera.

**VI:** Virtual Instrument (Instrumento Virtual).

**WAN:** Wide Area Network. (Red de Área Amplia). Red capaz de cubrir distancias desde unos 100 hasta unos 1000 Km., proveyendo de servicio a un país o un continente.

## INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías en las telecomunicaciones, y las diferentes herramientas y aplicaciones existentes brindan posibilidades más eficientes para la obtención, procesamiento y transporte de la información en todo tipo de entornos que requieran acceso a esta de forma constante.

En el caso de la industria, el acceso a la información es indispensable para el monitoreo y control de los diferentes procesos y, por ende, para la optimización de los recursos, la calidad y la eficiencia. Por éstas razones es importante contar con un sistema de comunicaciones que, integrando herramientas de hardware y software, permita el acceso instantáneo y continuo a la información de la planta y su monitoreo de forma remota desde cualquier lugar del mundo.

La integración de diferentes protocolos de comunicaciones con sistemas de instrumentación y control, puede permitir soluciones innovadoras, que respondan a requerimientos específicos, de tal manera que se optimicen los recursos de acuerdo con las tendencias tecnológicas actuales.

## 1. JUSTIFICACION

Las nuevas tecnologías en telecomunicaciones brindan mejores y más eficientes posibilidades en aplicaciones que satisfacen necesidades de la vida cotidiana y proporcionan soluciones en complejos procesos industriales y científicos, permitiendo que diferentes áreas de la electrónica como la instrumentación, el control, la automatización, entre otras, se articulen en función de obtener sistemas robustos y confiables. La integración de diferentes protocolos de comunicaciones y herramientas de hardware y software puede permitir soluciones innovadoras y que respondan a requerimientos específicos, de tal manera que se optimicen los recursos de acuerdo con las tendencias tecnológicas actuales.

*El Sistema de Monitoreo Remoto Con Acceso Inalámbrico A Procesos Industriales*, es una herramienta orientada a grandes, pequeñas o medianas empresas en diversos entornos como el industrial, agrícola, medioambiental, entre otros, que busca supervisar el estado de variables de instrumentación que se encuentren en diversos procesos, permitiendo tener el control de dichas variables y reconocer estados críticos que puedan llegar a afectar el desarrollo normal del proceso.

Al poseer este sistema, las empresas podrán centralizar la información entre gran variedad de usuarios, para que estos se encarguen de hacer lectura y llevar un registro de las variaciones que afectan el proceso; de igual forma, teniendo la posibilidad de monitorear el proceso vía internet se busca que la persona encargada del proceso tenga la comodidad de realizar su trabajo desde cualquier parte del mundo, evitando así que el trabajador se exponga a factores de riesgo para su salud como cambios climáticos, condiciones atmosféricas, sustancias químicas, y demás.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cómo desarrollar un sistema de monitoreo remoto con acceso inalámbrico a procesos industriales?

### 2.1 DEFINICION DEL PROBLEMA

Las nuevas tecnologías en las telecomunicaciones y las diferentes herramientas y aplicaciones de software existentes brindan posibilidades más eficaces y eficientes para la obtención, procesamiento, y transporte de la información en todo tipo de entornos que requieran acceso a ésta de forma constante.

En el caso de la industria, el acceso a la información es indispensable para el monitoreo y control de los diferentes procesos y, por ende, para la optimización de los recursos, la calidad y la eficiencia. Por éstas razones es importante contar con un sistema de comunicaciones que, integrando herramientas de hardware y software, permita el acceso instantáneo y continuo a la información de la planta y su monitoreo de forma remota desde cualquier lugar del mundo.

### 2.2 DELIMITACION DEL PROBLEMA

El proyecto desarrollado en la Universidad Santo Tomás seccional Tunja, tendrá aplicación en todo tipo de empresas y fábricas del sector industrial del departamento y del país que requieran sistema de comunicaciones o una optimización de los servicios del sistema existente y así un aumento en la eficiencia de sus procesos.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e Implementar un prototipo de comunicación inalámbrico, que podrá ser aplicado a procesos de monitoreo y supervisión, permitiendo la adquisición de señales análogas y digitales, su procesamiento digital y visualización en una estación remota con acceso a una Red de Área Local.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar un sistema de adquisición de variables de instrumentación, análogas o digitales, que permita hacer un procesamiento digital de las señales y realizar una comunicación serial mediante protocolo RS232 de los datos obtenidos.
- Establecer una comunicación inalámbrica entre el sistema de adquisición de datos y la estación de trabajo empleando módulos de radiofrecuencia.
- Realizar conversión de protocolo RS232 a TCP/IP, permitiendo transmitir la información a través de una red de Acceso Local LAN para ser visualizados de forma remota.
- Desarrollar una interfaz gráfica que permita al usuario la visualización de los datos en un entorno amigable, que contenga gráficas, datos numéricos y que permita el registro de la información.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 SENSORES

Un sensor es un dispositivo que detecta manifestaciones de variables o fenómenos físicos, como la velocidad, aceleración, tamaño, luz, temperatura, etc. Es un tipo de transductor que transforma la magnitud que adquiere, en otra de fácil medición.

Los sensores se pueden clasificar de diversas formas. Se pueden definir por el tipo de señal de respuesta o salida que presentan, tal como digital o analógica. Existen sensores de contacto o de proximidad, lo que depende de si necesitan o no contacto físico con el objeto o material que detectan. La clasificación más común se da de acuerdo con las variables físicas que miden, tales como luz, temperatura, humedad, presión, etc.

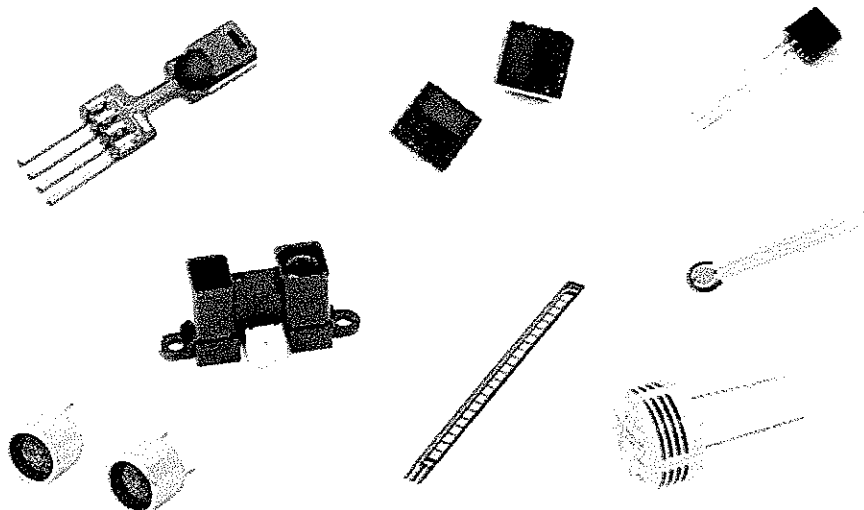


Figura 1. Tipos de Sensores  
Fuente: Los autores

## 4.2 ADQUISICIÓN DE DATOS

El propósito de adquisición de datos es medir y registrar un fenómeno o variable eléctrica y física como voltaje, corriente, temperatura, presión, sonido, etc. Los sistemas de adquisición de datos se constituyen por una combinación de hardware y software, se encuentran definidos por sus requerimientos de aplicación y cumplen el objetivo de adquirir, analizar y presentar información. Los sistemas de adquisición de datos incorporan señales, sensores, actuadores, acondicionamiento de señales, dispositivos de adquisición de datos y software de aplicación.

Dentro de las etapas de un sistema de adquisición de datos, se encuentran:

**Amplificación:** Permite el acondicionamiento de la señales que serán adquiridas. Permite que el máximo nivel de la señal de entrada del sistema de adquisición coincida con la máxima tensión aceptada por éste.

**Aislamiento:** Consiste en aislar eléctricamente el transductor de la tarjeta de adquisición con el fin de protegerlo de transitorios de alta tensión que puedan dañarlo y de garantizar que los datos adquiridos no sean afectados por señales externas.

**Multiplexado:** Consiste en la conmutación de las entradas del sistema de adquisición de datos, de modo que sea posible medir los datos de diferentes canales de entrada.

**Filtrado:** Permite eliminar las componentes de frecuencia no deseadas de la señal que se está adquiriendo.

**Linealización:** Dado que muchos transductores presentan una respuesta no lineal ante cambios lineales en los parámetros que están siendo medidos, es necesario linealizar, lo cual se puede hacer de forma numérica mediante un circuito adicional.

### 4.3 SISTEMA MICROCONTROLADO

El microcontrolador es un sistema cerrado, es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes o instrucciones almacenadas en su memoria. Todas las partes se encuentran contenidas en su interior y sólo salen al exterior las líneas que gobiernan los periféricos. El diagrama de un sistema microcontrolado se observa en la figura 2.

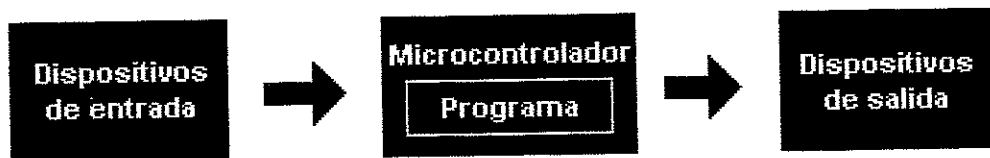


Figura 2. Sistema microcontrolado.  
Fuente: Los autores

Los dispositivos de entrada pueden ser un teclado, un interruptor, un sensor, etc. Los dispositivos de salida pueden ser indicadores como LED's o displays, parlantes, optoacopladores, interruptores de potencia y todo tipo de actuadores.

El diagrama de bloques de un microcontrolador está compuesto una fuente de alimentación, un circuito de reloj y el chip microcontrolador, el cual contiene la CPU, memorias RAM y ROM, y los diferentes puertos de entrada/salida. Sin embargo, puede contener diferentes módulos funcionales con aplicaciones puntuales, como conversores análogos digitales, interfaces de comunicaciones, módulos temporizadores, cada uno de ellos, asociado a puertos de entrada o salida específicos.

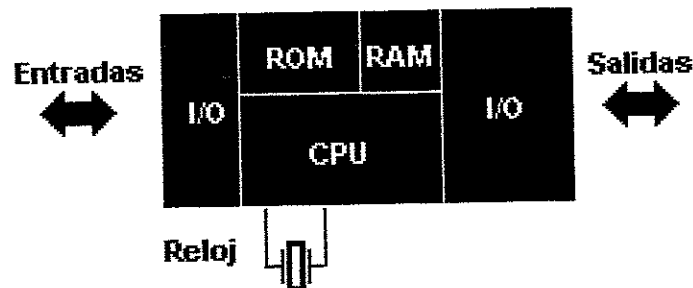


Figura 3. Diagrama de bloques microcontrolador.  
Fuente: Los autores

Dentro de los módulos funcionales más comunes se encuentran:

Conversores análogo a digital (A/D): Permite la medición de señales analógicas, por ejemplo temperatura, voltaje, luminosidad, y permite el tratamiento digital de dichas señales.

Temporizadores programables (Timer's): Permite medir períodos de tiempo entre eventos, generar temporizaciones o salidas con frecuencia específica, etc.

Modulación por ancho de pulso (PWM): para aplicaciones como el control de motores DC o cargas resistivas.

Interrupciones externas: Cuando señal externa activa una línea de interrupción, el microcontrolador interrumpe la ejecución del programa, atiende dicha interrupción, y luego reanuda la ejecución anterior.

Interfaz de comunicaciones seriales (SCI): interfaz que permite la comunicación entre el microcontrolador y otros dispositivos mediante protocolos de comunicación serial como RS232.

#### 4.4 MODULO LCD

Un display de cristal líquido, LCD (*LiquidCrystal Display*), es una pequeña pantalla económica, de bajo consumo de energía la cual permite mostrar información a los usuarios.

Los módulos que se encuentran comercialmente permiten visualizar n caracteres en m líneas de escritura, (2x16, 4x20, etc.), donde cada carácter está compuesto por una matriz (5x7 ó 5x10), lo que permite mostrar caracteres alfanuméricos predefinidos. Estos caracteres están grabados en una ROM interna que también permite la creación de símbolos matemáticos, asiáticos o definidos por el usuario.

Esos módulos LCD poseen un microprocesador el cual se encarga de posicionar automáticamente los caracteres en la pantalla, generando también los efectos especiales, como mostrar el cursor o el parpadeo de los caracteres, ahorrando

así líneas de programación y tiempo de ejecución en el programa del microcontrolador.

#### 4.4.1 Características Físicas LCD.

El LCD cuya forma física es mostrada en la figura 4, está compuesto por un circuito impreso donde están donde se encuentran integrados los controladores del display y los pines de conexión de este. Sobre este se encuentra la pantalla, rodeado por una estructura metálica que sirve de protección.

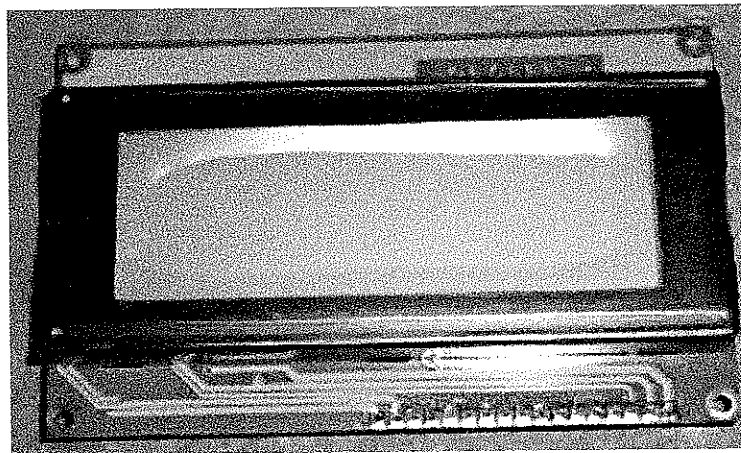


Figura 4. Aspecto Físico LCD  
Fuente: Los autores

La asignación de pines de una pantalla de cristal líquido convencional en mostrada en la figura 5. Y cuya descripción es presentada en la tabla 1.

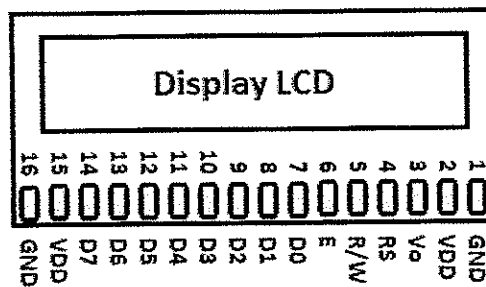


Figura 5. Distribución de Pines LCD  
Fuente: Hoja técnica pantalla LCD

PIN	SIMBOLO	DESCRIPCION
1	VSS / GND	Tierra
2	VDD	Voltaje 5v DC
3	Vo	Voltaje de Contraste
4	RS	Selección del Registro
5	R/W	Lectura/Escritura
6	E	Enable
7	D0	Bit de Datos (LSB)
8	D1	Bit de Datos
9	D2	Bit de Datos
10	D3	Bit de Datos
11	D4	Bit de Datos
12	D5	Bit de Datos
13	D6	Bit de Datos
14	D7	Bit de Datos (HSB)
15	VDD	Voltaje 5v DC
16	VSS / GND	Tierra

Tabla 1. Descripción de Pines LCD

#### 4.4.2 Bus de Control LCD

El bus de control lo componen 3 señales correspondientes a los pines de la LCD: **RS**, **R/W** y **E**.

La señal **E** (Enable), corresponde a la validación de los datos. Esta señal debe mantenerse en un nivel lógico bajo (0), mientras no se esté utilizando el display, cuando se realizan procesos de lectura o escritura, debe pasar a un nivel lógico alto (1) para validar los datos, y luego de un tiempo retornar a 0.

La señal **R/W** (Lectura/Escritura), permite seleccionar la operación que se realiza sobre el display; cuando **R/W** está en 1, se realizan lecturas de la disponibilidad del LCD o de la RAM; mientras que con **R/W en 0**, como se acostumbra, se realizan escrituras de datos sobre el LCD

La señal **RS** (Selección del Registro), permite seleccionar el registro interno del LCD sobre el cual se realiza la acción de lectura o escritura. Con **RS=0** se

selecciona el registro de control el cual permite la ejecución de comandos internos (borrar, desplazar el display, desplazar el cursor, etc.) mientras que con **RS=1** se selecciona el registro de datos el cual permite escribir datos en la RAM.

#### 4.4.3 Bus de Datos LCD

El bus de datos del módulo LCD se puede configurar para trabajo tanto en un bus de 8 bits como en un bus multiplexado de 4 bits. Al utilizar un bus de datos de 8 bits se hace mucho más fácil la implementación en un microcontrolador pero se utilizan mayor número de pines para el transporte de los datos; mientras que al utilizar un bus de datos de 4 bits se reduce la utilización de pines del controlador aumentando la complejidad en la programación al tener que multiplexar y demultiplexar la información. Al utilizar el bus de datos de 8 bits solo se utilizan todos los bits de datos de la LCD (D0-D7) como se ve en la figura 6. a), mientras que al utilizar un bus de datos de 4 bits solo se utilizan los bits de datos más significativos (D4-D7), dejando los otros pines en un nivel lógico bajo, como se ve en la figura 6. b). La transferencia de información a 4 bits se realiza primero los 4 bits más significativos y luego los 4 menos significativos.

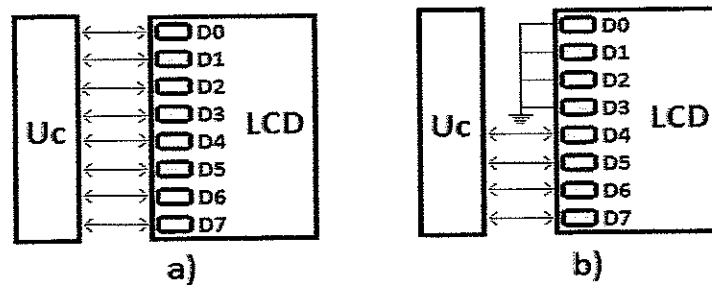


Figura 6. Conexión del Bus de Datos LCD, a) 8 Bits, b) 4 Bits  
Fuente: Hoja técnica pantalla LCD

#### 4.4.4 Caracteres LCD

Los caracteres del LCD Son Impresos en una matriz de 5x8 puntos para representar el carácter, se puede representar cualquier carácter alfanumérico y otros caracteres definidos por el usuario; existen 240 caracteres que están grabados dentro de la memoria del LCD las cuales representan letras mayúsculas, minúsculas, signos de puntuación, números, entre otros. En la tabla

2, se muestran los caracteres más importantes almacenados dentro del LCD, y su respectiva equivalencia en código hexadecimal.

Código	Car.	Código	Car.	Código	Car.	Código	Car.	Código	Car.	Código	Car.
\$20	espacio	\$30	0	\$40		\$50	P	\$60	-	\$70	p
\$21	!	\$31	1	\$41	A	\$51	Q	\$61	a	\$71	q
\$22	"	\$32	2	\$42	B	\$52	R	\$62	b	\$72	r
\$23	#	\$33	3	\$43	C	\$53	S	\$63	c	\$73	s
\$24	\$	\$34	4	\$44	D	\$54	T	\$64	d	\$74	t
\$25	%	\$35	5	\$45	E	\$55	U	\$65	e	\$75	u
\$26	&	\$36	6	\$46	F	\$56	V	\$66	f	\$76	v
\$27	'	\$37	7	\$47	G	\$57	W	\$67	g	\$77	w
\$28	(	\$38	8	\$48	H	\$58	X	\$68	h	\$78	x
\$29	)	\$39	9	\$49	I	\$59	Y	\$69	i	\$79	y
\$2A	*	\$3A	:	\$4A	J	\$5A	Z	\$6A	j	\$7A	z
\$2B	+	\$3B	;	\$4B	K	\$5B	[	\$6B	k	\$7B	{
\$2C	,	\$3C	<	\$4C	L	\$5C	\	\$6C	l	\$7C	
\$2D	-	\$3D	=	\$4D	M	\$5D	]	\$6D	m	\$7D	}
\$2E	.	\$3E	>	\$4E	N	\$5E	^	\$6E	n	\$7E	→
\$2F	/	\$3F	?	\$4F	O	\$5F	_	\$6F	o	\$7F	←

Tabla 2. Código de Caracteres Almacenados en la LCD  
Fuente: Hoja Técnica LCD Hitachi

#### 4.4.5 Comandos LCD

Los comandos del LCD se utilizan para la configuración e inicialización de la pantalla para que sea apta la visualización sobre esta. Los comandos son una serie de instrucciones que son enviados al LCD por medio del bus de datos.

Clear Display ( $t=1.64$  ms)

Borra el módulo LCD y coloca el cursor en la primera posición (dirección 0).  
Pone el bit I/D a "1" por defecto para auto incremento de la posición del cursor.

RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Home ( $t=1.64$  ms)

Coloca el cursor en la posición de inicio (dirección 0) y hace que el display comience a desplazarse desde la posición original.

RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	X

Entry Mode Set ( $t=40 \mu\text{s}$ )

Establece la dirección de movimiento del cursor y especifica si la visualización se va desplazando a la siguiente posición de la pantalla o no. Para visualizar normalmente poner el bit **S** a "0".

RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S

**I/D** = 1 Incrementa la dirección del cursor.

**I/D** = 0 se decrementa la dirección del cursor.

**S**=1 Desplaza la visualización cada vez que se escribe un dato

Display ON/OFF Control ( $t=40 \mu\text{s}$ )

Activa o desactiva poniendo en ON/OFF tanto al display (D) como al cursor (C) y se establece si este último debe o no parpadear (B).

RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

**B** = 1 Parpadea el cursor

**C** = 1 Cursor activado

**D** = 1 Pantalla activada

Cursor Display Shift ( $t=40 \mu\text{s}$ )

Mueve el cursor y desplaza el display sin cambiar el contenido de la memoria de datos de visualización DD RAM.

RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	X	X

**S/C =1** Desplaza la visualización

**S/C =0** Desplaza el cursor

**R/L =1** Desplazamiento a la derecha

**R/L =0** Desplazamiento a la izquierda

Function Set ( $t=40 \mu s$ )

Establece el tamaño de interface con el bus de datos (DL), número de líneas del display (N) y tipo de carácter (F).

RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	1	DL	N	F	X	X

**DL=1** Trabaja en bus de 8 bits

**DL=0** Trabaja en bus de 4 bits

**N =1** Presentación en 2 líneas

**N =0** Presentación en una línea

**F =1** caracteres de 5x10 pixel

**F =0** caracteres de 5x7 pixel

DDRAM Address Set ( $t=40 \mu s$ )

Establece la dirección de la memoria de datos DDRAM a partir de la cual se almacenan los datos a visualizar.

RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	1	Dirección DDRAM						

Los valores de dirección de la DDRAM corresponden a los valores mostrados en la figura 7:

Display position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DDRAM address	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

Figura 7. Direcciones DDRAM de la LCD  
Fuente: Hoja Técnica LCD Hitachi

#### 4.5 SISTEMA DETELECOMUNICACIONES

La comunicación es el proceso mediante el cual se puede transmitir información de un punto a otro u otros, sin que el mensaje enviado sufra variaciones en los diferentes puntos; en un concepto más técnico, la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) define la telecomunicación como *"Toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos e imágenes, sonidos e informaciones de cualquier naturaleza, por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos."*

##### 4.5.1 Elementos de Un Sistema de Telecomunicaciones

Los elementos básicos de un sistema de telecomunicaciones son:

- Fuente generadora
- Transmisor
- Canal de transmisión
- Receptor
- Punto de destino del mensaje

La fuente generadora del mensaje puede ser cualquier elemento que posea información para transmitir como una cámara de video, un teléfono celular, o un sensor de niveles de voltaje, etc.

Para que el mensaje pueda ser transmitido es necesario transformarlo para que se adapte a las propiedades de transferencia mediante el transmisor. El canal de transmisión es el medio por el cual viaja la información, ya que según sus

características puede transportar uno o varios canales de distinto tipo de información, los cuales pueden ser alámbricos o inalámbricos.

Una vez la información ha viajado debe pasar a través de un receptor el cual transforma la información devolviéndola a su estado original haciendo que el mensaje sea bien recibido e interpretado en el punto de destino del mensaje

#### 4.5.2 Medios de Transmisión

El medio de transmisión constituye el canal que permite la transmisión de información entre dos terminales en un sistema de transmisión. Las transmisiones se realizan habitualmente empleando ondas electromagnéticas que se propagan a través del canal.

La clasificación de los medios de transmisión dependen de la forma de conducir la señal a través del medio, estos se pueden clasificar en: medios de transmisión guiados y medios de transmisión no guiados.

##### 4.5.2.1 Medios de Transmisión Guiados

Los medios de transmisión guiados están constituidos por un cable que se encarga de la conducción de las señales desde un extremo al otro. Las principales características de los medios guiados son el tipo de conductor utilizado, la velocidad máxima de transmisión, las distancias máximas que puede ofrecer entre repetidores, la inmunidad frente a interferencias electromagnéticas, la facilidad de instalación y la capacidad de soportar diferentes tecnologías de nivel de enlace.

La velocidad de transmisión depende directamente de la distancia entre los terminales, y de si el medio se utiliza para realizar un enlace punto a punto o un enlace multipunto. Debido a esto los diferentes medios de transmisión tendrán diferentes velocidades de conexión que se adaptarán a utilizaciones muy dispares.

Ejemplos:

- Línea bifilar de cobre.

- Cable coaxial.
- Fibra óptica.

#### 4.5.2.2 Medios de Transmisión No Guiados

Los medios de transmisión no guiados son los que no limitan las señales mediante ningún tipo de cable, sino que las señales se propagan libremente a través del medio. Entre los medios más importantes se encuentran el aire y el vacío. Tanto la transmisión como la recepción de información se llevan a cabo mediante antenas. A la hora de transmitir, la antena irradia energía electromagnética en el medio. Por el contrario en la recepción la antena capta las ondas electromagnéticas del medio que la rodea.

Ejemplos:

- Aire o Espacio Libre
- Transmisión submarina
- Transmisión espacial

#### 4.5.3 Modos de Comunicación

Los modos de comunicación son las pautas que caracterizan todo sistema de telecomunicaciones; estos pueden ser Simplex, HalfDuplex, o Full Duplex

##### 4.5.3.1 Simplex

Es una comunicación unidireccional donde la fuente generadora puede transmitir información y ser recibida por el punto destino, pero el destino no puede comunicarse con la fuente generadora; es decir en este modo un sistema actúa siempre como fuente y el otro como destino. Por ejemplo: la radio y la televisión.

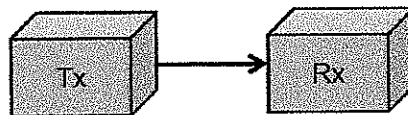


Figura 8. Comunicación Simplex  
Fuente: Los autores

#### 4.5.3.2 HalfDuplex

Es una comunicación en la que existe un solo canal que puede transmitir bidireccionalmente pero no simultáneamente. Los sistemas de comunicación tienen que turnarse para transmitir información. Por ejemplo: las emisoras de radioaficionados.

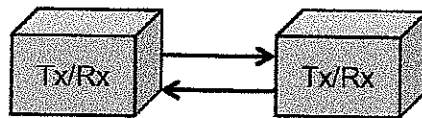


Figura 9. Comunicación HalfDuplex  
Fuente: Los autores

#### 4.5.3.3 Full Duplex

Es una comunicación bidireccional que puede hacerse simultáneamente; es decir se puede enviar y recibir información en el mismo instante de tiempo. Por ejemplo: El teléfono.

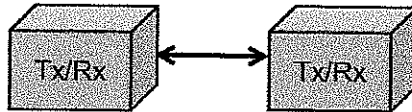


Figura 10. Comunicación Full Dúplex  
Fuente: Los autores

#### 4.5.4 Modulación

La modulación hace referencia al conjunto de técnicas utilizadas en los transmisores para enviar información por un medio, haciendo uso de una onda portadora la cual es una señal que actúa como base para la señal de información. El dispositivo receptor se encuentra ajustado con las características de la señal portadora. La modulación posee ventajas como<sup>1</sup>:

- Facilita la PROPAGACIÓN de la señal de información por el medio.
- Ordena el RADIOESPECTRO, distribuyendo canales a cada información distinta.
- Disminuye DIMENSIONES de antenas.

---

<sup>1</sup><http://www.qsl.net/ea2ak/modulacion.htm>

- Optimiza el ancho de banda de cada canal
- Evita INTERFERENCIA entre canales.
- Protege a la Información de las degradaciones por RUIDO.
- Define la CALIDAD de la información transmitida.

Dependiendo del origen de las señales de información y portadora, la modulación puede ser clasificada en análoga y digital.

#### 4.5.4.1 Modulación Análoga

La modulación análoga es aquella que se realiza cuando las señales a transmitir son de tipo análogo como por ejemplo la voz el audio o video, haciendo variar características fundamentales de la señal como **amplitud, frecuencia o fase**<sup>2</sup>.

##### 4.5.4.1.1 Modulación en Amplitud (AM)

En AM (*Amplitude Modulation*), la señal portadora es modulada haciendo que su amplitud varíe con los cambios de amplitud de la señal de información. La frecuencia y la fase de la portadora se mantienen constantes. En la figura 11 se puede observar cómo funciona este concepto.

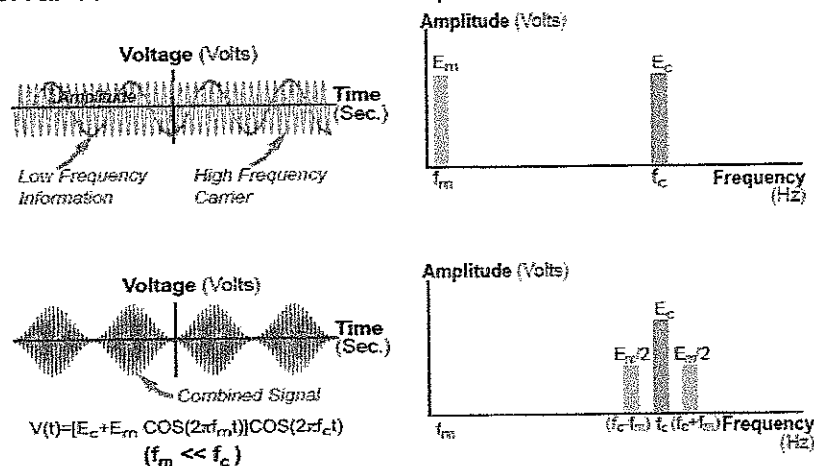


Figura 11. Modulación en Amplitud (AM)

Fuente: Breger, Lance. *Operational, Diagrams of Radio Transmitters & Recibers*, 2004

<sup>2</sup>Behrouz A. Forouzan, *Transmisión de Datos Y redes de Comunicaciones*, 4 Ed, Mc Graw Hill.

#### 4.5.4.1.2 Modulación en Frecuencia (FM)

En los sistemas de transmisión FM (*Frequency Modulation*), se modula la frecuencia de la señal portadora para que a medida que cambie la amplitud (voltaje) de la señal de información la frecuencia de la portadora cambia correspondientemente, dejando la amplitud pico y la fase de la portadora constantes. En la figura 12 se puede observar el proceso de modulación FM.

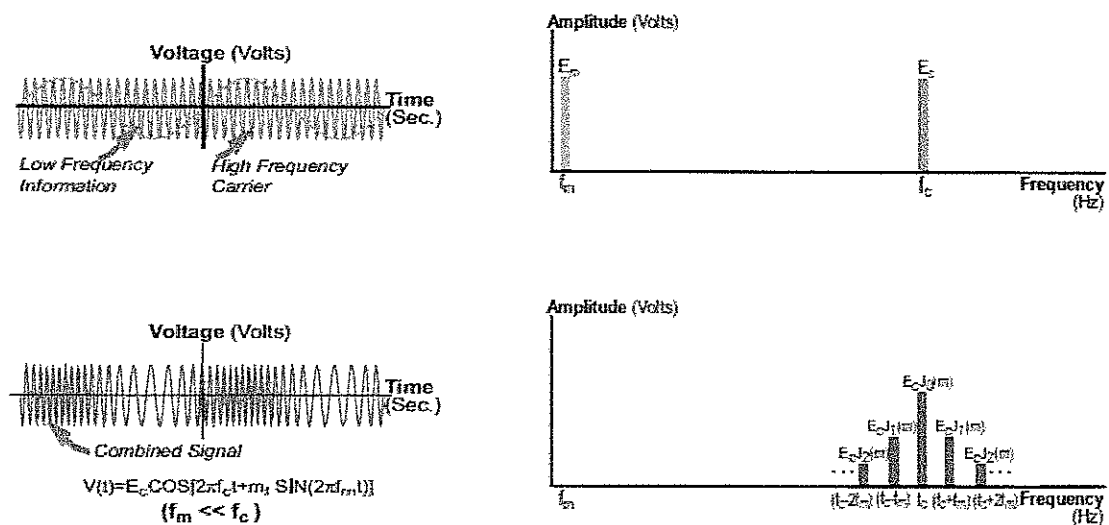


Figura 12. Modulación en Frecuencia (FM)

Fuente: Breger, Lance. *Operational, Diagrams of Radio Transmitters & Recivers*, 2004

#### 4.5.4.1.3 Modulación en Fase (PM)

En los sistemas PM (*Phase Modulation*), la amplitud pico y la frecuencia de la señal portadora permanecen constantes, pero a medida que la señal de información sufre cambios de voltaje (amplitud), la fase de la portadora cambia de forma correspondiente. En la figura 13 se puede observar el proceso de modulación PM.

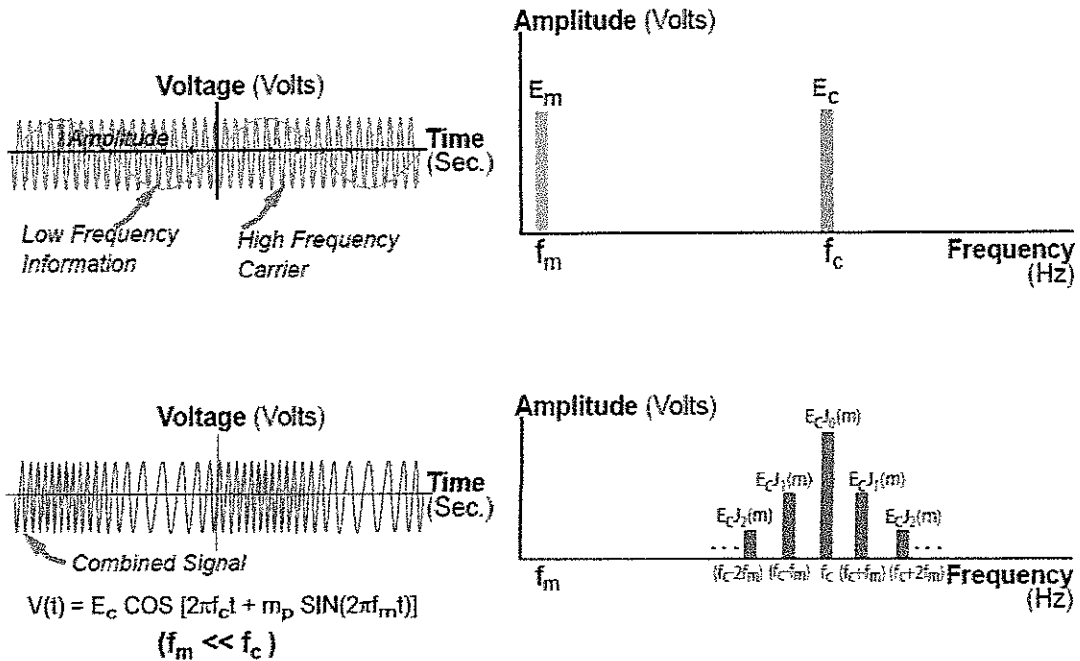


Figura 13. Modulación en Fase (PM)

Fuente: Breger, Lance. *Operationals, Diagrams of Radio Transmitters & Recibers*, 2004

#### 4.5.4.2 Modulación Digital

La modulación digital es aquella que se realiza cuando las señales a transmitir son pulsos digitales de un extremo a otro como por ejemplo en la radio digital, haciendo variar al igual que en la modulación analógica características fundamentales de la señal portadora como **amplitud, frecuencia o fase** y un caso especial donde se combinan cambios de **fase y amplitud**.

##### 4.5.4.2.1 Modulación por Desplazamiento de Amplitud (ASK)

En este tipo de modulación digital, la amplitud de la señal portadora es modificada para crear elementos de señal manteniendo la frecuencia y la fase constantes. ASK se implementa generalmente con solo dos niveles de amplitud conocido también como modulación on-off (*OOK, on-off keying*), donde la amplitud de un nivel de señal es 0 y el otro es igual a la amplitud de la señal portadora. En la figura 14 se puede observar el proceso de modulación ASK.

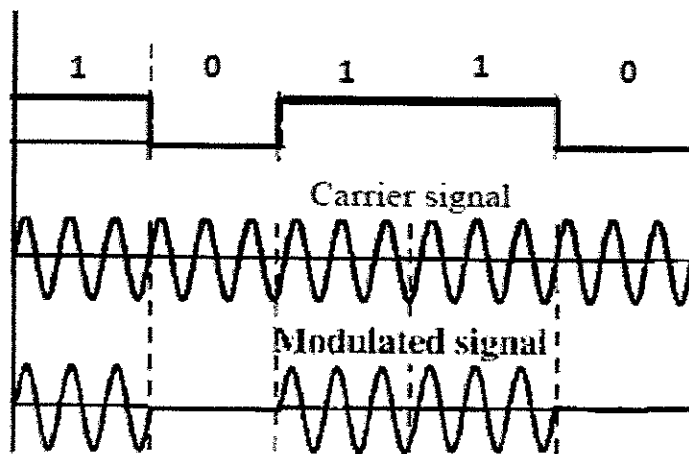


Figura 14. Modulación por Desplazamiento de Amplitud (ASK)  
 Fuente: BEHROUZ A. FOROUZAN, Transmisión de Datos Y redes de Comunicaciones, 4 ed, Mc Graw Hill.

#### 4.5.4.2.2 Modulación por Desplazamiento de Frecuencia (FSK)

Para la modulación por desplazamiento de frecuencia, la amplitud y la fase de la señal portadora permanecen intactos haciendo variar la frecuencia de la portadora con respecto al estado de la señal de información, generalmente se utilizan dos frecuencias,  $f_1$  para indicar un nivel lógico bajo y  $f_2$  para indicar un nivel lógico alto. En la figura 15 se puede observar el proceso de modulación FSK.

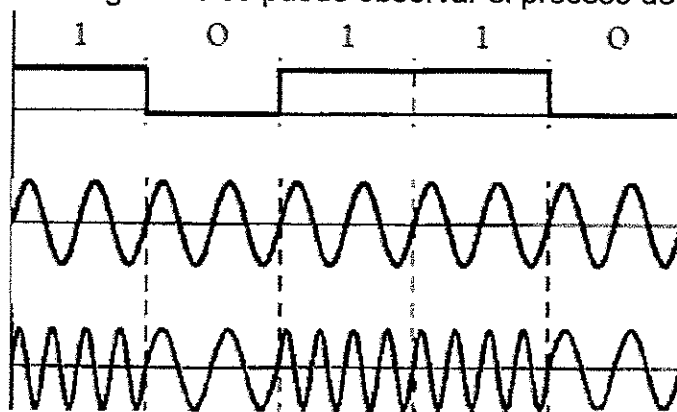


Figura 15. Modulación por Desplazamiento de Frecuencia (FSK)  
 Fuente: BEHROUZ A. FOROUZAN, Transmisión de Datos Y redes de Comunicaciones, 4 ed, Mc Graw Hill.

#### 4.5.4.2.3 Modulación por Desplazamiento de Fase (PSK)

En la modulación PSK, la fase de la señal portadora varía con respecto a los estados de la señal de información, manteniendo constante la amplitud y la frecuencia. La PSK más simple maneja dos estados, uno con una fase de  $0^\circ$  y otro con una fase de  $180^\circ$  la cual es también conocida como BPSK. En la actualidad BPSK es más frecuente que ASK y FSK, debido a que la amplitud y la frecuencia son más susceptibles al ruido que la fase. En la figura 16 se puede observar el proceso de modulación PSK.

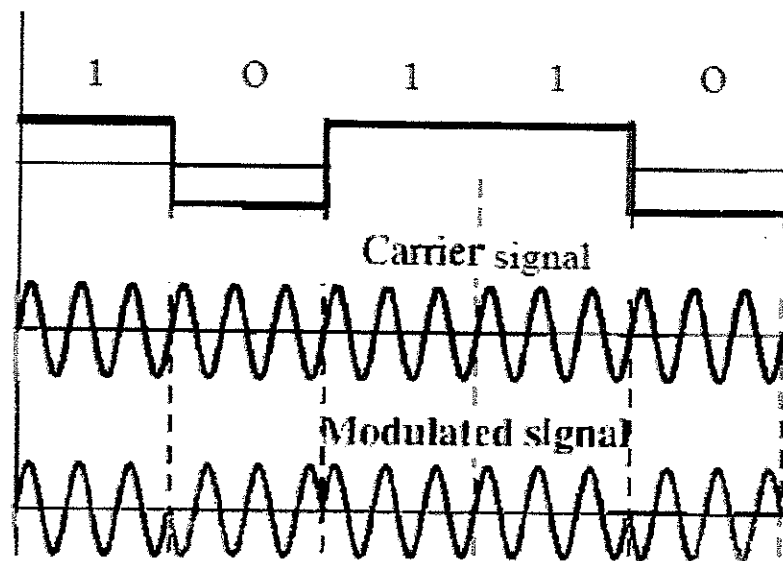


Figura 16. Modulación por Desplazamiento de Fase (PSK)

Fuente: BEHROUZ A. FOROUZAN, Transmisión de Datos Y redes de Comunicaciones, 4 ed, Mc Graw Hill.

#### 4.5.4.2.4 PSK en Cuadratura (QPSK)

En la modulación QPSK se utilizan 2 bits simultáneamente como dos modulaciones BPSK separadas; una en fase y la otra en cuadratura (desfasada), las dos señales compuestas poseen la misma frecuencia, pero con distintas fases, al convertir las dos señales en una sola sumándolas se obtiene como resultado una nueva señal con cuatro posibles fases:  $45^\circ$ ,  $-45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $-135^\circ$ , de forma que se pueden enviar 2 bits por estado de la señal.

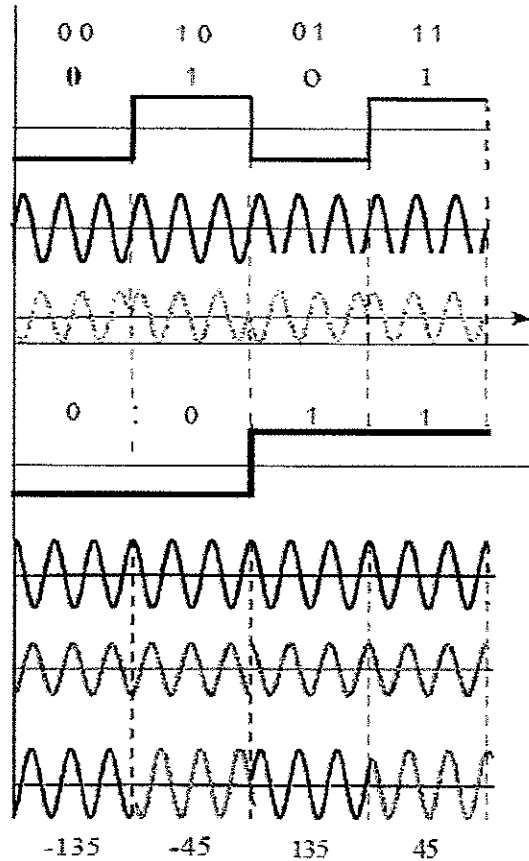


Figura 17. PSK en Cuadratura (QPSK)

Fuente: BEHROUZ A. FOROUZAN, Transmisión de Datos Y redes de Comunicaciones, 4 ed, Mc Graw Hill.

#### 4.5.4.2.5 Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM)

En las modulaciones mostradas anteriormente se han ido alternado únicamente las tres características de una onda, una a la vez, la modulación QAM es el resultado de combinar las variaciones de amplitud y fase (ASK y PSK), obteniendo así numerosas posibles variaciones de QAM que generalmente se representan mediante diagramas de constelación como los mostrados en la figura 18.

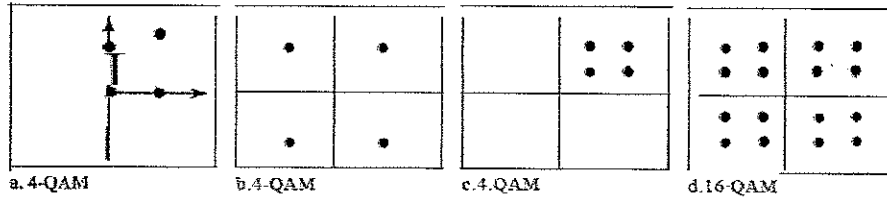


Figura 18. Diagramas de Constelación de QAM

Fuente: BEHROUZ A. FOROUZAN, Transmisión de Datos Y redes de Comunicaciones, 4 ed, Mc Graw Hill.

#### 4.5.5 Redes de Comunicaciones

Una red es un conjunto formado por dos o más dispositivos (nodos) los cuales están interconectados a través de enlaces físicos. Estos nodos como por ejemplo computadores, impresoras, entre otros, son cualquier dispositivo capaz de transmitir y/o recibir información generada por otros elementos de la red.

##### 4.5.5.1 Tipos de Enlaces de Redes

Un enlace es el medio de comunicación físico que permite a los dispositivos transferir los datos entre sí. Para que exista comunicación entre dos o más dispositivos deben estar conectados de alguna forma al mismo enlace simultáneamente. Existen dos enlaces posibles para establecer una comunicación.

##### 4.5.5.1.1 Enlace Punto a Punto

Un enlace punto a punto es aquel en el que existe un canal dedicado exclusivamente con transferir datos entre dos únicos nodos, generalmente se utilizan cables para conectar los extremos pero también es posible realizar enlaces punto a punto con ondas microondas, satelitales o infrarrojas entre otras. En la figura 19, se puede observar un enlace punto a punto.

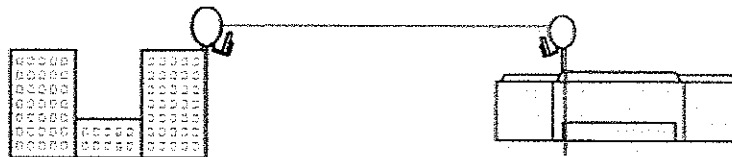


Figura 19. Enlace Punto A Punto

Fuente: Los autores

#### 4.5.5.1.2 Enlace Punto a Multipunto

Un enlace punto a multipunto es aquel en la que varios nodos remotos se comunican por medio de un nodo central, existiendo generalmente únicamente la comunicación entre un nodo y el nodo central sin existir comunicación entre los nodos remotos. En la figura 20, se puede observar un enlace punto a multipunto.

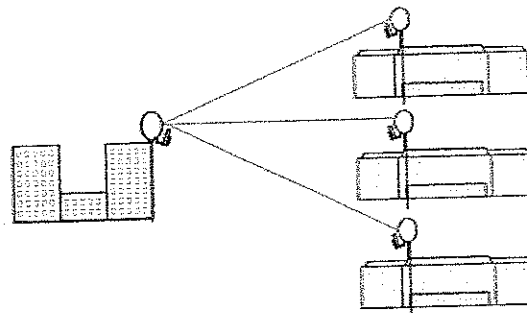


Figura 20. Enlace Punto A Multipunto  
Fuente: Los autores

#### 4.5.5.2 Topologías de Redes

Las topologías hacen referencia a la forma física en que está diseñada una red. Una topología es la representación geométrica de más de dos enlaces entre los dispositivos que actúan como nodos. Existen cuatro topologías básicas para una red: Estrella, Bus, Anillo, Malla.

##### 4.5.5.2.1 Topología en Estrella

La topología en estrella se caracteriza por tener un nodo central, el cual está conectado con todos los nodos de la red cumpliendo una función de puente para realizar la comunicación entre los dispositivos. Este tipo de topología tiene la vulnerabilidad de que si llega a fallar el nodo central, toda la comunicación de la red falla; pero a su vez tiene la ventaja de aislar nodos defectuosos de los demás, permitiendo la escalabilidad y movilidad de la red. En la figura 21 se puede ver la distribución de una red en estrella.

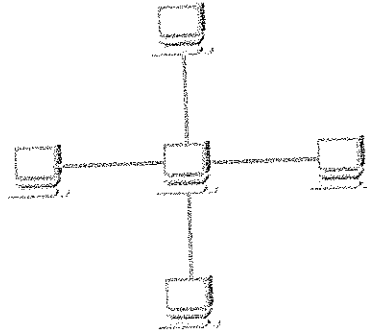


Figura 21. Topología en Estrella  
Fuente: Los autores

#### 4.5.5.2.2 Topología de Bus

En esta topología todos los nodos que comparten la red están conectados entre sí linealmente uno seguido del otro sin tener un nudo central. La principal desventaja que posee este tipo de topología es que un daño en el bus de información podría afectar parcial o totalmente en la comunicación de la red; presentando como ventaja la sencillez de instalación y una reducción en el cableado utilizado además de la estructuración de este. En la figura 22 es posible ver la distribución de una red de bus.

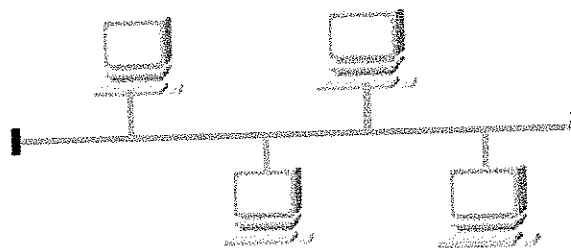


Figura 22. Topología de Bus  
Fuente: Los autores

#### 4.5.5.2.3 Topología en Anillo

La topología en anillo consiste en conectar consecutivamente nodos entre sí, transmitiendo la información en una dirección de dispositivo a dispositivo hasta alcanzar el destino. Cada nodo cuenta con un repetidor el cual al recibir una

señal para otro dispositivo cumple con la función de regenerar los bits y retransmitir la información al siguiente dispositivo del anillo. Este tipo de topología es de fácil implementación y cuya única restricción está relacionada con el medio físico donde se implementa en la figura 23, se puede observar la distribución de la topología en anillo.

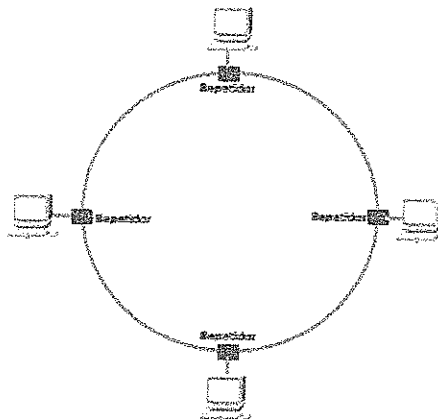


Figura 23. Topología en Anillo  
Fuente: Los autores

#### 4.5.5.2.4 Topología en Malla

En la topología en malla cada nodo está conectado mediante enlaces punto a punto con cualquier otro nodo, lo cual indica que cada enlace conduce el tráfico únicamente entre los dispositivos que están conectados. La principal desventaja de esta topología está relacionada con la cantidad de cable y número de puertos entrada/salida necesaria para conectar gran cantidad de dispositivos, así como el medio físico donde es implementado. En la figura 24, se puede ver la distribución de la topología en malla.

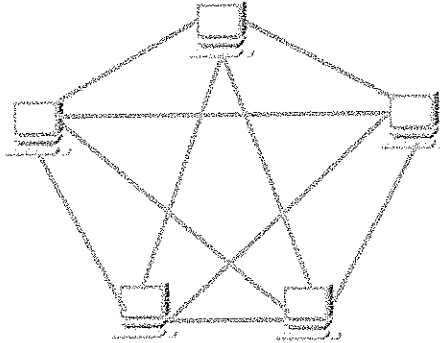


Figura 24. Topología en Malla  
Fuente: Los autores

#### 4.5.5.3 Tipos de Redes

En la actualidad es común hablar de tipos de redes las cuales se clasifican de acuerdo a su extensión geográfica, cada una de estas redes puede tener subredes con diferentes tipos de enlaces y topologías de conexión.

##### 4.5.5.3.1 Redes de Área Local (LAN)

Una red LAN (**Local Area Network**), generalmente es una red de uso privado, pertenecientes a enlaces caseros, de edificios u oficinas, que no exceden de unos cuantos kilómetros de extensión. Este tipo de redes están diseñadas con la principal función de compartir recursos bien sean hardware como una impresora o software como un programa de aplicación o datos.

Este tipo de red es bastante sencillo ya que por lo general utilizan un único medio de transmisión, y pueden alcanzar los 100 o 1000 Mbps. Las topologías más frecuentes de las LAN son el bus, el anillo y la estrella.

##### 4.5.5.3.2 Redes de Área Metropolitana (MAN)

Las redes MAN (**Metropolitan Area Network**), tienen un tamaño superior a una red LAN, cubriendo por lo general áreas como las de una ciudad. Está diseñada con el fin de tener una conectividad de alta velocidad por lo general de internet,

por lo cual necesita de puntos de conexión extendidos por toda el área de cubrimiento. La parte de red de una compañía telefónica que distribuye una línea DSL<sup>3</sup> en una ciudad es un ejemplo de red MAN así como la red de TV por cable.

#### 4.5.5.3.3 Redes de Área Extensa (WAN)

Una red WAN (Wide Área Network), proporciona un medio de trasmisión de datos, voz, imágenes, imágenes o video sobre grandes áreas geográficas que pueden extenderse desde un país, un continente o incluso al mundo entero. Las redes de área extensa suelen ser complejas como por ejemplo internet.

## 4.6 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

### 4.6.1 Comunicaciones Seriales

La comunicación serial es un protocolo para comunicación entre dispositivos. El puerto serial envía y recibe bytes de información un bit a la vez. Aunque la comunicación en serie es más lenta que la comunicación en paralelo, que permite la transmisión de un byte completo por vez, este método de comunicación es más sencillo y puede alcanzar mayores distancias.

Típicamente, la comunicación serial se utiliza para transmitir datos en formato ASCII. Para realizar la comunicación se utilizan 3 líneas de transmisión: (1) Tierra (o referencia), (2) Transmisión, (3) Recepción. Debido a que la transmisión es asíncrona, es posible enviar datos por una línea mientras se reciben datos por otra. Las características más importantes de la comunicación serial son la velocidad de transmisión, los bits de datos, los bits de parada, y la paridad. Para que dos puertos se puedan comunicar, es necesario que las características sean iguales.

Velocidad de transmisión (*baudrate*): Indica el número de bits por segundo que se transfieren, y se mide en baudios (*bauds*). Las velocidades de transmisión

---

<sup>3</sup>DSL (Digital Subscriber Line), es un término utilizado para referirse de forma global a todas las tecnologías que proveen una conexión digital sobre línea de abonado de la red telefónica básica o conmutada (ADSL, ADSL2, entre otras). Tienen en común que utilizan el par trenzado de hilos de cobre convencionales de las líneas telefónicas para la transmisión de datos a gran velocidad.

más comunes para las líneas telefónicas son de 14400, 28800, y 33600. Es posible tener velocidades más altas, pero se reduce la distancia máxima posible entre los dispositivos. Las altas velocidades se utilizan cuando los dispositivos se encuentran uno junto al otro, como es el caso de dispositivos GPIB.

**Bits de datos:** Se refiere a la cantidad de bits en la transmisión. Cuando la computadora envía un paquete de información, el tamaño de ese paquete no necesariamente será de 8 bits. Las cantidades más comunes de bits por paquete son 5, 7 y 8 bits. El número de bits que se envía depende en el tipo de información que se transfiere. Por ejemplo, el ASCII estándar tiene un rango de 0 a 127, es decir, utiliza 7 bits; para ASCII extendido es de 0 a 255, lo que utiliza 8 bits.

**Bits de parada:** Usado para indicar el fin de la comunicación de un solo paquete. Los valores típicos son 1, 1.5 o 2 bits. Debido a la manera como se transfiere la información a través de las líneas de comunicación y que cada dispositivo tiene su propio reloj, es posible que los dos dispositivos no estén sincronizados. Por lo tanto, los bits de parada no sólo indican el fin de la transmisión sino además dan un margen de tolerancia para esa diferencia de los relojes.

**Paridad:** Es una forma sencilla de verificar si hay errores en la transmisión serial.

Existen cuatro tipos de paridad: par, impar, marcada y espaciada. Para paridad par e impar, el puerto serial fijará el bit de paridad (el último bit después de los bits de datos) a un valor para asegurarse que la transmisión tenga un número par o impar de bits en estado alto lógico.

#### 4.6.1.1 Estándar RS-232

(Estándar ANSI/EIA-232) es el conector serial hallado en las PCs IBM y compatibles. Es utilizado para una gran variedad de propósitos, como conectar un ratón, impresora o modem, así como instrumentación industrial. Gracias a las mejoras que se han ido desarrollando en las líneas de transmisión y en los cables, existen aplicaciones en las que se aumenta el desempeño de RS-232 en lo que respecta a la distancia y velocidad del estándar. RS-232 está limitado a comunicaciones de punto a punto entre los dispositivos y el puerto serial de la

computadora. El hardware de RS-232 se puede utilizar para comunicaciones seriales en distancias de hasta 50 pies.

#### 4.6.1.2 *Estándar RS-422*

RS-422 (Estándar EIA RS-422-A) es el conector serial utilizado en las computadoras Apple de Macintosh. RS-422 usa señales eléctricas diferenciales, en comparación con señales referenciadas a tierra como en RS-232. La transmisión diferencial, que utiliza dos líneas para transmitir y recibir, tiene la ventaja que es más inmune al ruido y puede lograr mayores distancias que RS-232. La inmunidad al ruido y la distancia son dos puntos clave para ambientes y aplicaciones industriales.

#### 4.6.1.3 *Estándar RS-485*

RS-485 (Estándar EIA-485) es una mejora sobre RS-422 ya que incrementa el número de dispositivos que se pueden conectar (de 10 a 32) y define las características necesarias para asegurar los valores adecuados de voltaje cuando se tiene la carga máxima. Gracias a esta capacidad, es posible crear redes de dispositivos conectados a un solo puerto RS-485. Esta capacidad, y la gran inmunidad al ruido, hacen que este tipo de transmisión serial sea la elección de muchas aplicaciones industriales que necesitan dispositivos distribuidos en red conectados a una PC u otro controlador para la colección de datos, HMI, u otras operaciones. RS-485 es un conjunto que cubre RS-422, por lo que todos los dispositivos que se comunican usando RS-422 pueden ser controlados por RS-485. El hardware de RS-485 se puede utilizar en comunicaciones seriales de distancias de hasta 4000 pies de cable.<sup>4</sup>

### 4.6.2 Protocolos de Red

#### 4.6.2.1 Ethernet

Ethernet es un conjunto de tecnologías de red y métodos de acceso a medios especificados para las redes LAN. Ha sido desarrollado para permitir a las

---

<sup>4</sup> <http://digital.ni.com>

computadoras comunicarse a través de cortas distancias a través de un medio físico. Ethernet ha evolucionado como la tecnología más extendida para las LAN cableadas. La mayoría de las redes Ethernet utilizan cables de par trenzado en sus subredes y las fibras ópticas y cables coaxiales en la red troncal. Las especificaciones de Ethernet y las normas son también conocidas como IEEE 802.3.

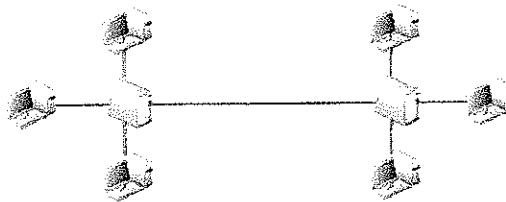


Figura 25. Red LAN Ethernet

Fuente: [www.acm.org](http://www.acm.org)

El protocolo Ethernet, se caracteriza por tener una topología bus, lo que permite tener una mayor velocidad, sin embargo, el consumo de ancho de banda es alto debido a que todos los datos dentro de la LAN deben pasar por el mismo bus y se pueden presentar colisiones que retrasen los datos. Es por esto que esta topología es muy útil por su velocidad pero, siempre y cuando, la LAN no sea muy extensa, es decir, posea pocos host y que estos no mantengan intercambio de datos permanentemente o exista difusión o broadcast de forma continua, lo que mejorara el ancho de banda y reducirá las colisiones.

Para mejorar este desempeño existen protocolos internos del 802.3 como el CSMA y CSMA/CD que se encargan de reducir y detectar colisiones, este método es muy comúnmente usado y efectivamente disminuye el consumo de ancho de banda reduciendo la cantidad de colisiones.

Otra forma de evitar este alto consumo de ancho de banda es usar este tipo de arquitecturas en LAN con pocos host, y que los host que hagan parte de ella no requieran de un intercambio de datos continuo, de esta forma serán mínimas las colisiones y el consumo de ancho de banda. Es por esta razón que es el más popular a nivel mundial, pues en todas las casas y pequeñas empresas es la arquitectura más económica y funcional debido a la poca cantidad de host usados y al poco flujo de datos a través de la línea de transmisión.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup><http://www.acm.org/elementk>

#### 4.6.2.2 Protocolo UDP

UDP (*User Datagram Protocol*) es un protocolo de transporte que permite una comunicación muy sencilla entre las aplicaciones de dos host u ordenadores conectados a una red. Es un protocolo no orientado a conexión, es decir, no establece una conexión previa con el otro extremo para transmitir un mensaje UDP. Su desventaja principal es que los mensajes UDP se pueden perder o dañarse.

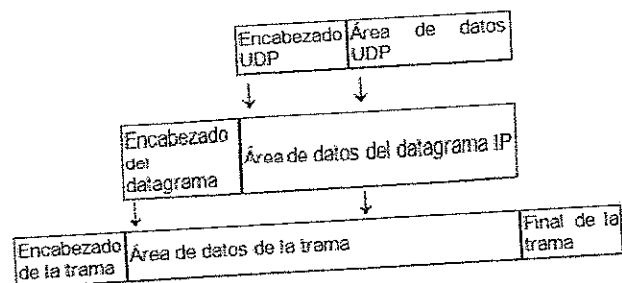


Figura 26. Formato de mensaje UDP.  
Fuente: Los autores

#### 4.6.2.3 Protocolo TCP

TCP (*Transmission Control Protocol*) es un protocolo de transporte caracterizado por ser orientado a conexión, es decir, es necesario establecer una conexión previa entre los host u ordenadores antes de transmitir algún dato, lo que permite que la información llegue a la aplicación destino correctamente, de forma ordenada y sin duplicados. El protocolo TCP permite una comunicación fiable entre dos aplicaciones.

Formato del segmento TCP:

El flujo de bytes que produce una determinada aplicación se divide en uno o más segmentos TCP para su transmisión. Cada uno de estos segmentos viaja en el campo de datos de un datagrama IP.

										10										20										30											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
Puerto TCP origen										Puerto TCP destino																															
Número de secuencia																																									
Número de acuse de recibo																																									
HLEN										Reservado										Bits código										Ventana											
Suma de verificación																				Puntero de urgencia																					
Opciones (si las hay)																														Refeno											
Datos																																									
---																																									

Figura 27. Formato Segmento TCP  
Fuente: Los autores

#### 4.7 LabVIEW™

LabVIEW™ es un entorno de programación gráfica desarrollado por National Instruments usado por miles de ingenieros e investigadores para desarrollar sistemas sofisticados de medida, pruebas y control. LabVIEW™ ofrece una integración incomparable con miles de dispositivos de hardware y brinda cientos de bibliotecas integradas para análisis avanzado y visualización de datos. La plataforma LabVIEW™ es escalable a través de múltiples objetivos y sistemas operativos, desde su introducción en 1986 se ha vuelto un líder en la industria<sup>6</sup>.



Figura 28. National Instruments LabVIEW™.  
Fuente: <http://www.ni.com/LabVIEW™/esa/>

LabVIEW™ maneja un entorno agradable donde se emplean iconos, ideas y terminología familiares para cualquier persona que no tenga amplia experiencia en programación, y que a diferencia de otros lenguajes de programación como

<sup>6</sup> <http://www.ni.com/labview/esa/>

que usan líneas de texto para crear el código fuente del programa como C, Basic, Java, entre otros, LabVIEW™ está basado principalmente en símbolos gráficos para construir las aplicaciones basados en diagramas de bloques. Al mismo tiempo LabVIEW™ posee gran cantidad de librerías de funciones y subrutinas. Además de las funciones básicas de todo lenguaje de programación, LabVIEW™ incluye librerías específicas para la adquisición de datos, control de instrumentación y comunicación serie, análisis presentación y guardado de datos.

En el trabajo con LabVIEW™ las aplicaciones diseñadas se conocen como instrumentos virtuales (VI), debido a que estas aplicaciones tienen aspecto de instrumentos de media o control análogos, y el termino virtual hace referencia a que este tipo de aplicaciones son un tipo de software flexible que se ejecuta en la pantalla de un computador. Se pueden crear VI a partir de especificaciones funcionales definidas por el programador. Los VI's se caracterizan por ser un cuadrado con su respectivo símbolo relacionado con su funcionalidad, tener una interfaz con el usuario, tener entradas con su color de identificación de dato, tener una o varias salidas y por ser reutilizables.

En el ambiente de trabajo de LabVIEW™ existen dos paneles, el panel frontal y el panel de programación o diagrama de bloques.

#### 4.7.1 Panel Frontal

El panel frontal es la interfaz gráfica entre el instrumento virtual y el usuario final, ya que esta es la aplicación a la cual el usuario tiene acceso e interacción con él, sin conocer la programación ni el procesamiento interno que el programa conlleva, este panel está formado por una serie de botones gráficos que representan las entradas del usuario y las salidas proporcionadas por el programa. Cada botón puede estar definido como un control, el cual sirve para introducir parámetros a la aplicación, o un indicador, los cuales se emplean para mostrar los resultados producidos bien sean de datos adquiridos por el sistema o resultados de algún procesamiento digital de alguna operación. En la figura 29 se puede observar el panel frontal de un VI con sus respectivos controles e indicadores.

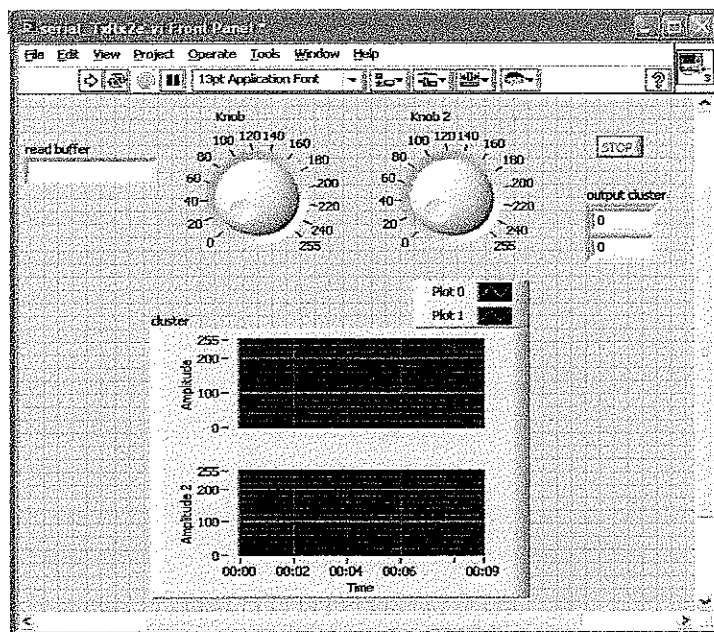


Figura 29. Panel Frontal en LabVIEW™

Fuente: Los autores

#### 4.7.2 Diagrama de Bloques

En el diagrama de bloques se lleva a cabo la construcción del código fuente del VI, es en este panel donde se realiza la implementación programada gráficamente para controlar o realizar cualquier proceso de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal ya que los controles e indicadores que se colocaron previamente en el panel frontal, se materializan en el diagrama de bloques.

Este diagrama de bloques posee gran variedad de librerías las cuales incluyen funciones y estructuras integradas, que se asemejan gráficamente a los lenguajes de programación convencionales, lo cual permite que sea menos compleja la programación en esta parte de la aplicación. En la figura 30 se ve el diagrama de bloques de una aplicación en LabVIEW™.

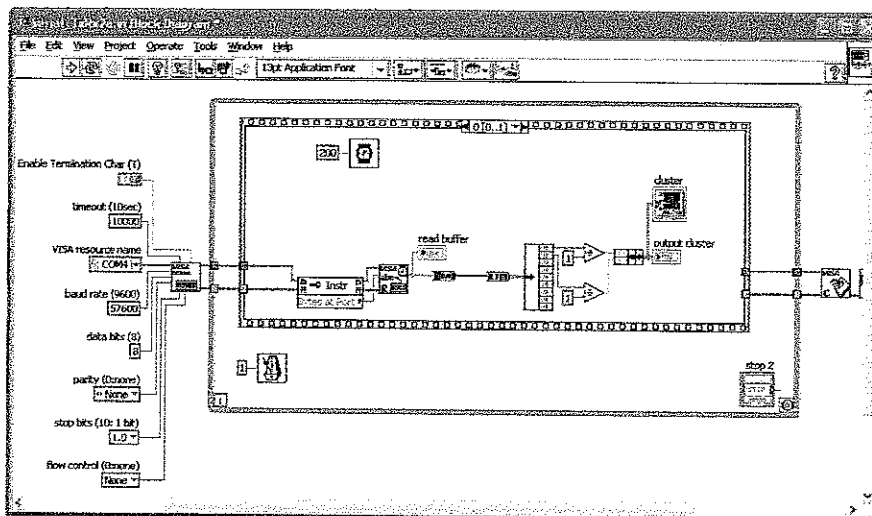


Figura 30. Diagrama de Bloques en LabVIEW™  
Fuente: Los autores

## 5. DISEÑO, DESARROLLO Y RESULTADOS

El diseño y desarrollo del proyecto se desarrolla con base en el siguiente esquema general, en el cual se identifican sus partes constitutivas y la forma en la que se integran.

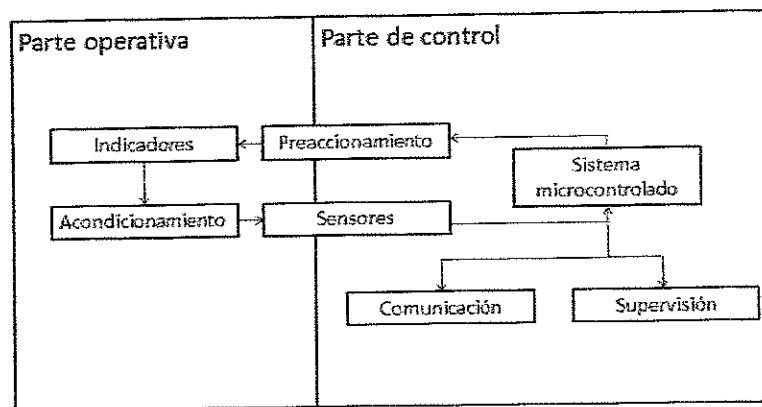


Figura 31. Diagrama de Bloques General.

Fuente: Los autores

A su vez, el proyecto está estructurado en diferentes etapas de acuerdo con el diagrama de bloques de la figura 32. Partiendo desde el sensado y adquisición de variables, pasando por los protocolos de comunicación hasta llegar a la interfaz gráfica que permite la visualización final y remota de los datos.

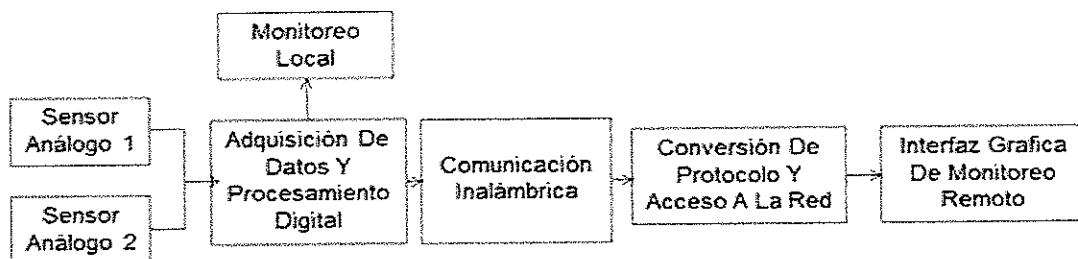


Figura 32. Diagrama de Bloques General.

Fuente: Los autores

## 5.1 SENSADO DE VARIABLES

La etapa de sensado de variables puede ser visto como un sistema con entradas procesos y salidas, donde las entradas corresponden a las señales análogas generadas por cada uno de los sensores, el proceso corresponde al acondicionamiento de señales, y las salidas corresponden a las señales ya acondicionadas, las cuales, posteriormente constituyen las entradas del sistema de adquisición.

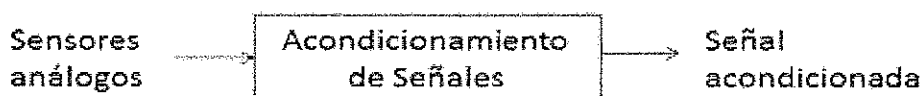


Figura 33. Diagrama de Bloques Sensado de Variables

Fuente: Los autores

### 5.1.1 Sensor de Temperatura (LM35)

El integrado LM35 es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de  $1^{\circ}\text{C}$  y un rango que abarca desde  $-55^{\circ}$  a  $+150^{\circ}\text{C}$ . El sensor se presenta en diferentes encapsulados pero el más común es el to-92 de igual forma que un típico transistor con 3 patas, dos de ellas para la alimentación de voltaje y la tercera entrega un valor de tensión proporcional a la temperatura medida por el dispositivo, la cual es lineal y equivale a  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  por lo tanto:

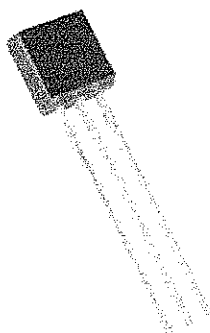


Figura 34. LM35

Fuente: Hoja técnica LM35

### 5.1.1.1 Acondicionamiento de señal

Para la señal generada por el LM35 se emplean los circuitos básicos de acondicionamiento utilizando amplificadores operacionales en configuración de amplificador *seguidor* y amplificador *no inversor*. La implementación de estos circuitos se realizara de acuerdo a las figuras 35 y 36.

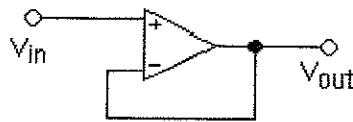


Figura 35. Amplificador Seguidor  
Fuente: Los autores

El amplificador seguidor se usa como un buffer, para eliminar efectos de carga o para adaptar impedancias (conectar un dispositivo con gran impedancia a otro con baja impedancia y viceversa), teniendo en cuenta que la tensión en las dos patillas de entradas es igual:  $V_{out} = V_{in}, Z_{in} = \infty$

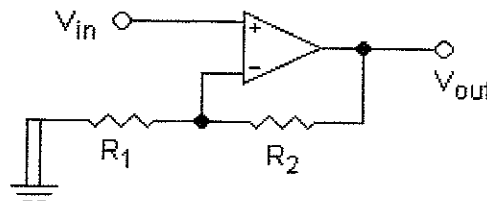


Figura 36. Amplificador No Inversor  
Fuente: Los autores

En el Amplificador No Inversor el voltaje de entrada, ingresa por el pin positivo, dado que la ganancia del amplificador operacional es muy grande, el voltaje en el pin positivo es igual al voltaje en el pin negativo, conociendo el voltaje en el pin negativo es posible calcular, la relación que existe entre el voltaje de salida con el voltaje de entrada haciendo uso de la formula presentada.

$$V_{out} = V_{in} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Para el amplificador no inversor se utilizaran valores de resistencia  $R1=10\Omega$  y  $R2=10K\Omega$  con el fin de obtener una ganancia de 1000 veces el voltaje tal como lo indica su fórmula.

Para la implementación de estos circuitos se utiliza un amplificador *LM324* como el mostrado en la siguiente figura el cual contiene en su interior 4 amplificadores operacionales y maneja una tención DC de 0 a 32 Voltios.

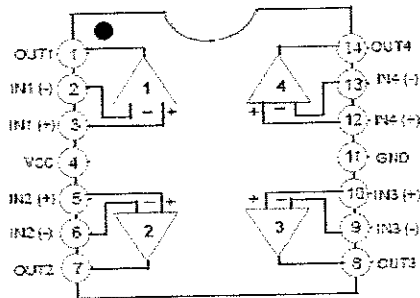


Figura 37. Amplificador Operacional LM324  
Fuente: Hoja técnica LM324

## 5.2 ADQUISICION DE DATOS Y PROCESAMIENTO DIGITAL

La etapa de adquisición y procesamiento digital, cuyas entradas son las señales acondicionadas provenientes de los sensores, se desarrolla con el microcontrolador MC68HC908GP32 de Motorola, empleando los módulos de conversión análoga digital y de comunicaciones seriales. El diagrama de bloques correspondiente al sistema microcontrolado se observa en la figura 38.

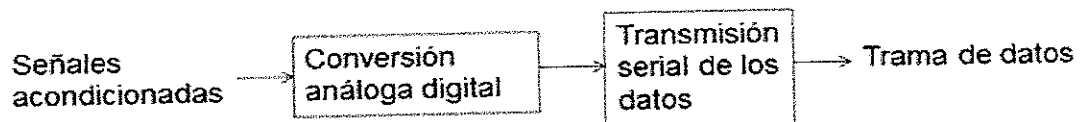


Figura 38. Diagrama de bloques adquisición.  
Fuente: Los Autores

### 5.2.1 Conversión Análoga Digital

Programación Módulo de conversión análoga digital microcontrolador MC68hc908GP32.

El microcontrolador contiene un conversor análogo digital de 8 bits, el cual posee 8 canales multiplexados. Dentro de sus características de encuentran:

- Permite conversión única o continuada.
- Posee una bandera de conversión completa o de interrupción de conversión.
- Permite seleccionar la señal de reloj para la conversión.
- Comparte los 8 pines con el puerto B.

La distribución de los pines en el chip el microcontrolador es la siguiente:

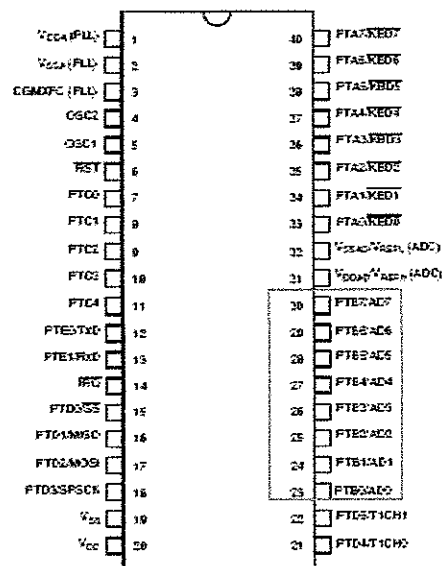
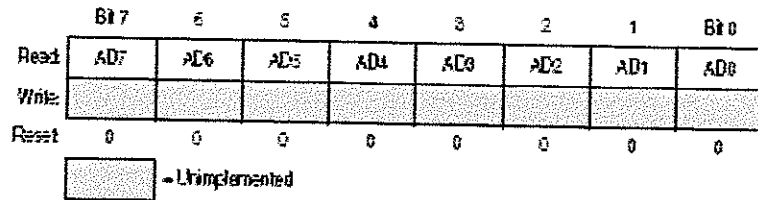


Figura 39. Pines módulo ADC  
Fuente: Hoja técnica MC68HC908GP32.

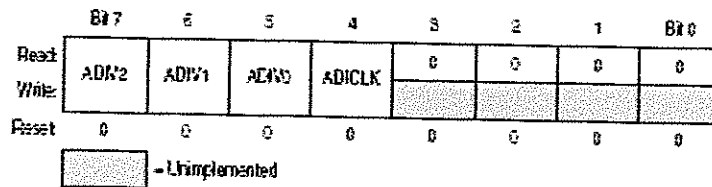
Los registros empleados en la operación del módulo ADC son: ADSCR, ADR Y ADRCLK:

- **REGISTRO ADR:** Registro de Datos.

Registro de 8 bits que almacena el resultado de cada conversión, una vez ésta es terminado. La disposición del registro ADR es la siguiente:



- **REGISTRO ADRCLK:** Registro de Reloj. Es el registro de 8 bits encargado de la frecuencia de reloj para el módulo ADC. La disposición del registro ADRCLK es la siguiente:



- ✓ **BIT ADIV2ADIV0:** Estos 3 bits son empleados para configurar la tasa de división e frecuencia para el reloj interno del módulo. Esta configuración se presenta en la tabla 4:

ADIV2	ADIV1	ADIV0	ADC Clock Rate
0	0	0	ADC input clock ÷ 1
0	0	1	ADC input clock ÷ 2
0	1	0	ADC input clock ÷ 4
0	1	1	ADC input clock ÷ 8
1	X	X	ADC input clock ÷ 16

Tabla 4. División de frecuencia ADC  
Fuente: Hoja técnica MC68HC908GP32.

- ✓ BIT ADICLK: Permite seleccionar entre el reloj del bus interno (1), o entre el reloj externo (0).<sup>7</sup>

El diagrama de flujo correspondiente a la programación del módulo ADC se observa en la figura 40.

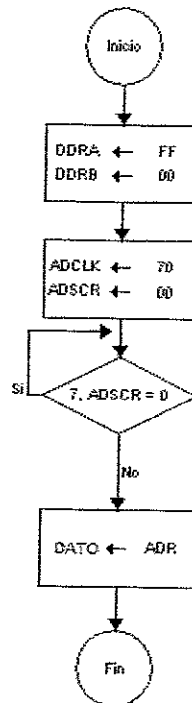


Figura 40. Diagrama de flujo ADC  
Fuente: Los autores

La programación del módulo, de acuerdo con las necesidades de conversión del sistema se presenta en el siguiente fragmento de código:

```

CONVERSION:      MOV          #$70, ADCLK
                  MOV          #$00, ADSCR
                  BRCLR        7, ADSCR, *
                  MOV          ADR, DATO1
                  MOV          #$01, ADSCR
                  BRCLR        7, ADSCR, *
                  MOV          ADR, DATO2
  
```

<sup>7</sup>Hoja técnica Microcontrolador MC68HC908GP32.

En el código se define la tasa de división de frecuencia de conversión en 8, modo de conversión continuo, se definen los canales 0 y 1 y se almacenan los datos convertidos en las variables Dato1 y Dato2, respectivamente.

### 5.2.2 Configuración Módulo SCI (Interfaz de comunicaciones seriales)

El microcontrolador GP32 cuenta con una interfaz de comunicaciones seriales SCI, la cual permite comunicaciones asíncronas de alta velocidad con dispositivos periféricos. Dentro de las características principales del módulo SCI se encuentran:

- ✓ Operación full dúplex.
- ✓ 32 tasas de transmisión programables.
- ✓ Longitud de caracteres programable de 8 o 9 bits.
- ✓ Transmisor y receptor habilitados de forma separada.
- ✓ Los pines de transmisión (TxD) y recepción (RxD), se encuentran asociados a los pines 0 y 1 del puerto E, respectivamente. de acuerdo con la distribución de pines de la siguiente figura:

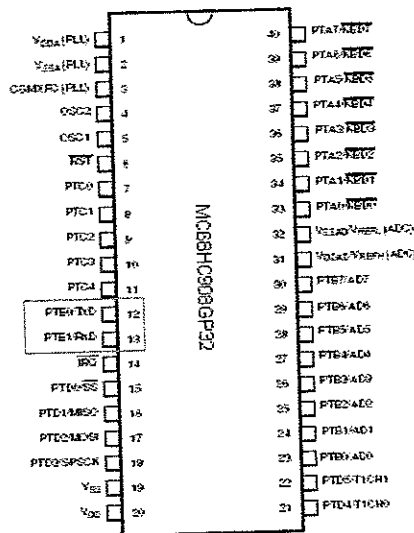


Figura 41. Pines módulo SCI  
Fuente: Hoja técnica MC68HC908GP32.

- ✓ Usa formatos de datos estándar, tal como se muestra en la siguiente figura:

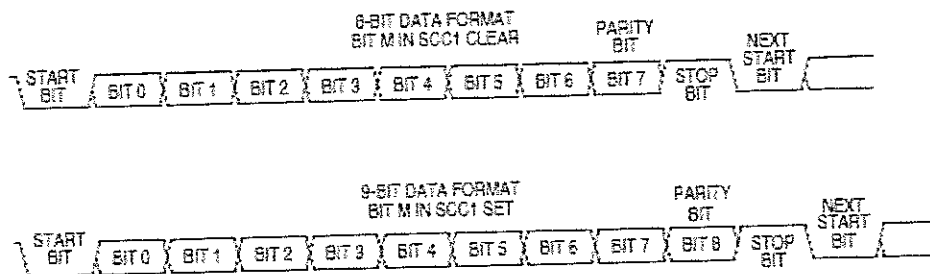


Figura 42. Formatos de datos SCI

Para la configuración del módulo se emplean los siguientes registros:

- SCBR (Baud data register): permite definir la tasa de transmisión y recepción de datos.

	Bit 7	6	5	4	3	2	1	Bit 0
Read:			SCP1	SCP0	R	SCR2	SCR1	SCR0
Write:								

- ✓ BITS SCP1 Y SCP0: Permite seleccionar el divisor prescaler de la frecuencia del módulo SCI (PD).
- ✓ BITS SCR2-SCR0: Permite seleccionar el divisor de la frecuencia en baudios del SCI (BD). La fórmula empleada para calcular la tasa de transmisión es:

$$tasa(baudios) = \frac{\text{fuente de reloj SCI}}{64 * PD * BD}$$

En la tabla 5 se muestran las tasas de transmisión generadas con una frecuencia de reloj de bus de 4.9152 MHz, seleccionada como frecuencia de reloj de SCI.

SCP1 and SCP0	Prescaler Divisor (PD)	SCR2, SCR1, and SCR0	Baud Rate Divisor (BD)	Baud Rate (f <sub>BUS</sub> = 4.9152 MHz)
00	1	000	1	76.800
00	1	001	2	38.400
00	1	010	4	19.200
00	1	011	8	9600
00	1	100	16	4800
00	1	101	32	2400
00	1	110	64	1200
00	1	111	128	600
01	3	000	1	25.600
01	3	001	2	12.800
01	3	010	4	6400
01	3	011	8	3200
01	3	100	16	1600
01	3	101	32	800
01	3	110	64	400
01	3	111	128	200
10	4	000	1	19.200
10	4	001	2	9600
10	4	010	4	4800
10	4	011	8	2400
10	4	100	16	1200
10	4	101	32	600
10	4	110	64	300
10	4	111	128	150
11	13	000	1	5908
11	13	001	2	2954
11	13	010	4	1477
11	13	011	8	739
11	13	100	16	369
11	13	101	32	185
11	13	110	64	92
11	13	111	128	46

Tabla 5. Frecuencias de transmisión SCI  
Fuente: Hoja técnica MC68HC908GP32.

- SCCC1: permite la habilitación del módulo SCI

	Bit 7	6	5	4	3	2	1	Bit 0
Read:	LOOPS	ENSCI	TXINV	M	WAKE	ILTY	PEN	PTY
Write:								

- ✓ BIT LOOPS: Habilita el modo de operación de bucle, el cual consiste en desconectar el pin de transmisión del SCI y conectarlo al pin de recepción. Se habilita con 1.
- ✓ BIT ENSCI: Habilita el SCI y el generador de la frecuencia de transmisión.
- ✓ BIT TXINV: Invierte la polaridad del dato transmitido.
- ✓ BIT M (MODE): Define la longitud de los caracteres. 1 para 9 bits y 0 para 8 bits de longitud.
- ✓ BIT WAKE: Determina el bit de condición que activa en SCI.
- ✓ BIT ILTY: Determina cuando el SCI, inicia el conteo lógico, después de un startbit o un stopbit.
- ✓ BIT PEN: Habilita la función de paridad.
- ✓ BIT PTY: Define si el chequeo de paridad es par o impar.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Hoja técnica Microcontrolador MC68HC908GP32.

El diagrama de flujo correspondiente a la programación y configuración del módulo SCI, se observa en la figura 43.

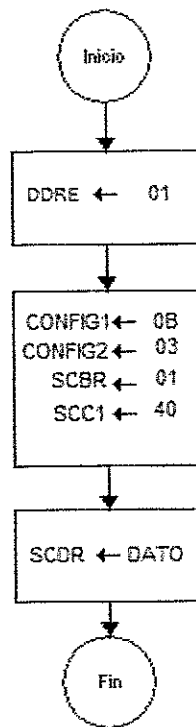


Figura 43. Diagrama de flujo SCI  
Fuente: Los autores

La programación del módulo SCI de acuerdo con los requerimientos se presenta en el siguiente fragmento de código, en el cual se observa que se habilita el SCI y se define la velocidad de transmisión.

```

CONFSCI:      MOV          #$0B, CONFIG1      ;CONFIGURACION SCI
              MOV          #$03, CONFIG2
              MOV          #$01, SCBR
              MOV          #$40, SCC1
  
```

Teniendo en cuenta que la tasa de transmisión seleccionada es de 57600 baudios, que es la velocidad máxima a la que trabajan los módulos inalámbricos, y, dado que en la tabla proporcionada en la hoja técnica no se encuentra dicho valor de velocidad, fue necesario modificar la frecuencia de bus a 7.3728 MHz,

para modificar, de igual manera, la frecuencia de funcionamiento del módulo SCI. Los nuevos valores asignados, en concordancia con la tabla de la hoja técnica es la siguiente:

SPI1 y SPI0	Prescaler divisor (PD)	SCR2, SCR1, y SCR0	Baud rate divisor (BD)	Baud Rate
00	1	001	2	57600

$$tasa(baudios) = \frac{7.3728MHz}{64 * 1 * 2} = 57600 \text{ baudios}$$

Como parte de la programación del módulo se encuentra la etiqueta de TRANSMISION, en la cual se envía el contenido de las variables al registro serial asociado al pin de TxD, como se observa en el siguiente fragmento de código.

```

TRANSMISION: MOV          #$08, SCC2
LDA             SCS1
MOV            DAT01, SCDR
BRCLR          7, SCS1, *

CLI
MOV            #$24, SCC2
LDA             SCS1

RTS

```

De acuerdo con la configuración y programación del módulo anteriormente explicada, se obtiene una distribución de los pines del microcontrolador, en la cual se pueden distinguir los canales empelados para las entradas análogas, los canales de transmisión y recepción del microcontrolador y los pines de salida asignados para la visualización con la pantalla LCD mostrada en la siguiente sección. En la figura 44 se presenta la asignación de pines del microcontrolador.

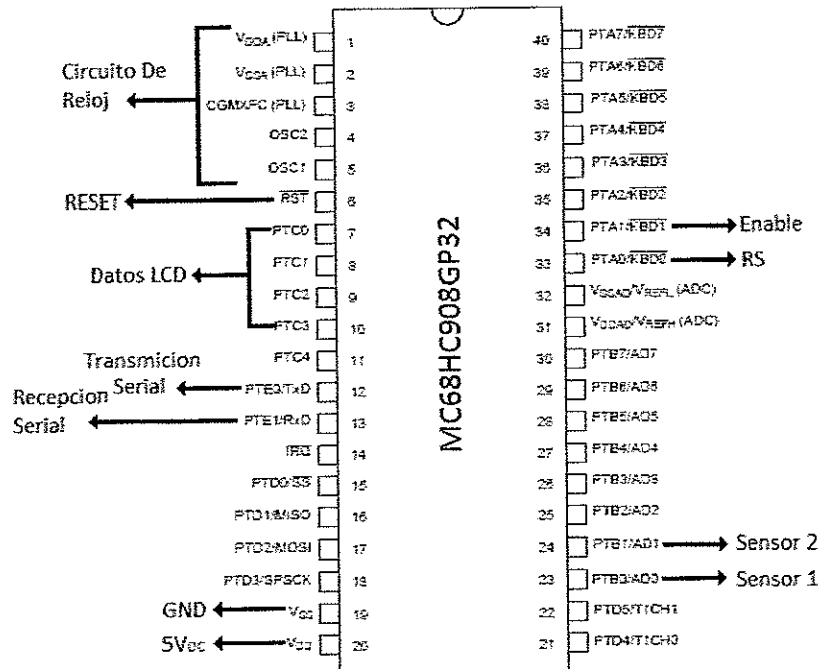


Figura 44. Distribución de Pines Microcontrolador  
Fuente: Los autores

### 5.3 MONITOREO LOCAL

Debido a que en ocasiones el monitoreo de los sensores se realiza de forma local, es necesario implementar un sistema de visualización, el cual permita tener un conocimiento del estado de las variables sensadas en el lugar donde se está ejecutando el proceso.

Para esta etapa del proyecto se utiliza un módulo LCD (Liquid Crystal Display) de 4x20, que permite visualizar cualquier carácter alfanumérico, permitiendo representar la información de una forma fácil y económica.

Antes de comenzar con la programación de la pantalla es necesario definir el tipo de conexión a utilizar, en este caso manejaremos la configuración a 4 bits cuyo circuito de conexión es mostrado en la figura 45.

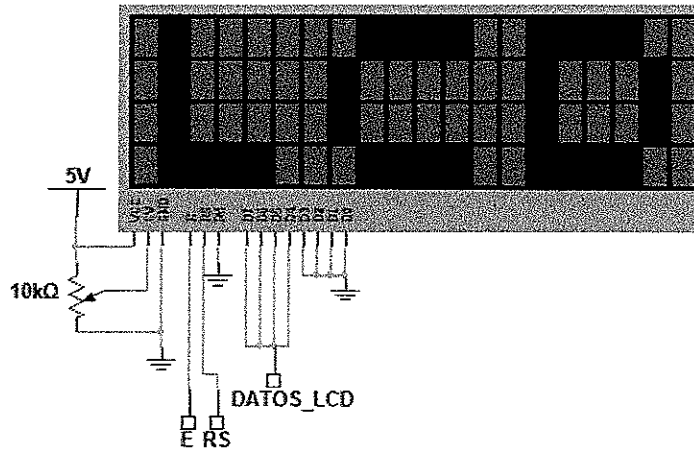


Figura 45. Circuito de Conexión LCD Utilizado  
Fuente: Los autores

Esta pantalla LCD es programada por medio del microcontrolador MC68HC908GP32 de Motorola el cual fue mostrado en la sección anterior donde se presentó la asignación de pines a utilizar.

### 5.3.1 Mensajes Visualizados

Una vez que la LCD se encuentra inicializada, programada, y luego de realizar pruebas de visualización con mensajes simples, se definen 3 mensajes en donde los 2 primeros hacen una breve presentación de los autores del proyecto y el nombre de este. En la figura 46 se pueden observar los mensajes de presentación visualizados en la pantalla.

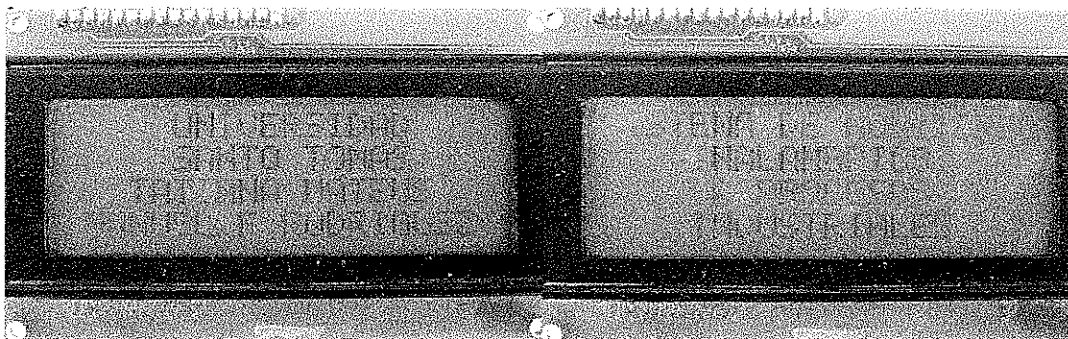


Figura 46. Mensajes de Presentación LCD  
Fuente: Los autores

El tercer mensaje es el panel de visualización de las variables sensadas en el proceso industrial, este mensaje le sirve al usuario final en el caso de que sea necesario monitorear el estado de las variables localmente, sirviendo de respaldo en caso de que ocurran problemas con la red de datos de la empresa. En la figura 47 se observa el panel de monitoreo local del proceso industrial.



Figura 47. Panel de Monitoreo Local  
Fuente: Los autores

#### 5.4 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

En la etapa de comunicación inalámbrica está constituida por la transmisión, para la cual se emplea el módulo de comunicación inalámbrica OEM 9Xcite de MaxStream para enviar los datos seriales provenientes del módulo SCI del microcontrolador, y por la recepción, en la cual se emplea la tarjeta de desarrollo RS232 de MaxStream.



Figura 48. Diagrama de bloques Comunicación inalámbrica.  
Fuente: Los autores

##### 5.4.1 Módulo de comunicación inalámbrica OEM 9Xcite de MaxStream

En la etapa correspondiente a la comunicación inalámbrica se utilizan los módulos de radio frecuencia 9XCite OEM de MaxStreamInc., los cuales resultan

ser una herramienta en aplicaciones que requieren comunicación inalámbrica de baja potencia en la banda de frecuencia de 900MHz.

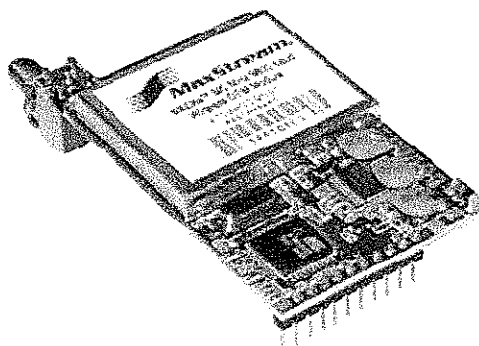


Figura49.XCite OEM RF Module.  
Fuente: Hoja técnica 9XCite OEM RF Module.

Estos módulos inalámbricos poseen las características técnicas relacionadas en la tabla 6:

Característica		Dimensión
Alcance de la señal	Con obstáculos (dentro de edificios)	90 m
	Sin obstáculos (con línea de vista)	300 m
Requerimientos para funcionamiento	Corriente de transmisión	55 mA
	Corriente de recepción	35 mA
	Estado de Reposo	> 20 uA
Potencia	Potencia de Transmisión	4 mW (6 dBm)
Transmisión de Datos	Data Rate	1200 – 57600 bps
	Paridad	Programable
	Cantidad de Datos	Programable
	Bits de Parada	Programable
Conexión y comunicación	Frecuencia de Operación	902 – 928 MHz
	Canales de comunicación (Programables)	7 canales de frecuencia (Mode Hopping)
		25 canales de frecuencia independientes (Single Channel Mode)
	Interfaz de comunicación	RS – 232, RS – 485

Tabla 6.Características, 9Xcite OEM, RF Module  
Fuente: Hoja técnica 9XCite OEM RF Module

El módulo RF consta de 11 pines de conexión los cuales funcionan con niveles de voltaje CMOS (2.85–5.50 VDC), la descripción de cada uno de estos se encuentra en la tabla 7:

Module Pin	Signal Name	I/O	When Active	Description
1	DO2	O*	low	Clear-to-Send (CTS) Flow Control
2	DI3	I*	high	Can be used to enter Sleep Modes that consume less power
3	DO (Data Out)	O*	n/a	Serial Data leaving the XCite Module (to the host)
4	DI (Data In)	I	n/a	Serial data entering the XCite Module (from the host)
5	DI2	I**	low	Request-to-Send (RTS)
6	RESET	I*	low	Reset Module Parameters
7	DO3	O	high	Receive (RX) LED
8	TX / PWR	O	low	TX - Asserted during transmission
			high	PWR - Indicates power is on
9	CONFIG	I***	low	Backup method for entering AT Command Mode. Primary method is with "+++" [See CC Parameter]
10	VCC	I	-	2.85 - 5.50 VDC Regulated
11	GND	-	-	Ground

- \* Pin utilizes 10K  $\Omega$  Pull-Up resistor (already installed in the module)
- \*\* Pin utilizes 10K  $\Omega$  Pull-Down resistor (already installed in the module)
- \*\*\* Pin utilizes 100K  $\Omega$  Pull-Up resistor (already installed in the module)

Tabla 7. Descripción Pines de Conexión  
Fuente: Hoja técnica 9XCite OEM RF Module

En la figura 50 se puede observar el diagrama de conexión comúnmente usado para la transmisión de datos por medio de radiofrecuencia:

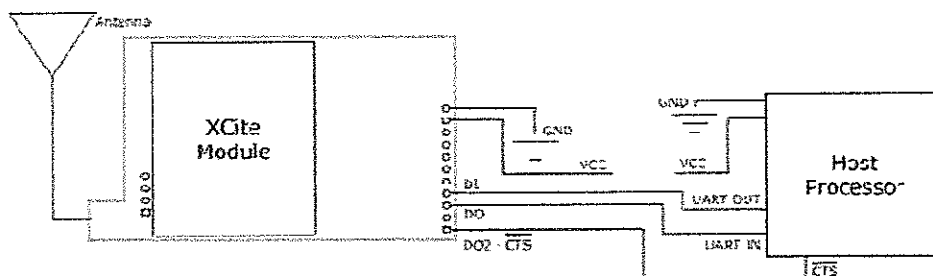


Figura 50. Conexión comúnmente usada.  
Fuente: Hoja técnica 9XCite OEM RF Module

Dónde:

- DI (pin 4 – Data In)
- DO (pin 3 – Data Out)
- VCC (pin 10 – Power)
- GND (pin 11 – Ground)
- DO2- (pin 1 – Clear-to-Send)

La conexión usual para conectar dos dispositivos o host se observa en la figura 51:

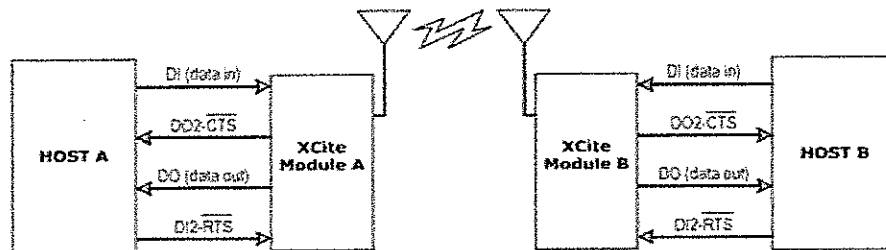


Figura 51. Conexión entre 2 host.

Fuente: Hoja técnica 9XCite OEM RF Module

Las tarjetas de comunicación 9Xcite OEM RF, cuentan con tres capas de direccionamiento de datos (Dirección, Mascara de Red y Canal), las cuales pueden ser configuradas para la seguridad y confiabilidad de la transferencia de datos.

La capa de dirección y mascara de red están directamente relacionadas y son comúnmente implementadas en enlaces donde se emplean redes de comunicaciones altamente complejas con muchos elementos presentes. En cambio, la capa de canal es utilizada en redes pequeñas donde existen hasta 25 host conectados entre sí.

Las tarjetas de comunicación 9Xcite OEM RF, pueden realizar la comunicación cuando se encuentran sincronizadas en el mismo canal de frecuencia, de esta forma con el uso de diversos canales separados permite que los diferentes módulos del sistema no interfieran entre sí, los canales pueden ser seleccionados para manejarse por modo Hopping Chanel (7 canales disponibles)

o por el modo Single FrequencyChannel (25 canales disponibles). En el modo Single FrequencyChannel los canales tienen una banda de guarda de 300KHz entre cada uno, cuyos valores de frecuencia de canal oscilan entre 910.5 MHz y 917.7 MHz. en la tabla 8 se presentan los valores en formato hexadecimal y su respectivo valor de frecuencia para la configuración.

CANAL	Frecuencia (MHz)
0x00	910.5
0x01	910.8
0x02	911.1
0x03	911.4
0x04	911.7
0x05	912.0
0x06	912.3
0x07	912.5
0x08	912.8
0x09	913.2
0x0A	913.5
0x0B	913.8
0x0C	914.1
0x0D	914.4
0x0E	914.7
0x0F	915.0
0x10	915.3
0x11	915.5
0x12	915.8
0x13	916.2
0x14	916.5
0x15	916.8
0x16	917.1
0x17	917.4
0x18	917.7

Tabla 8. Distribución de canales, modo Single FrequencyChannel  
Fuente: Hoja técnica 9XCite OEM RF Module

#### 5.4.2 Transmisión

En la etapa de transmisión se encuentra la salida del módulo de comunicaciones seriales del microcontrolador (SCI) conectada a la entrada del módulo RF, es fundamental que el módulo se encuentre configurado a la misma velocidad de

transmisión definida en la programación de la interfaz serial del microcontrolador, en este caso 57600 baudios.

#### 5.4.2.1 Trama de comunicación

Para garantizar que la transmisión y recepción de datos en la comunicación inalámbrica sea correcta, es necesario hacer una organización de los datos desde el microcontrolador para así obtener una trama, en este caso se diseña una trama compuesta por cinco campos, cada uno con longitud de 1 byte, como lo muestra la figura 52, donde: dato 1 y dato 2 hacen referencia a los datos obtenidos de señales detectadas en la etapa de sensado.



Figura 52. Trama de Comunicación.

Fuente: Los autores

#### 5.4.2.2 Método de detección de errores

Para la obtención del dato correspondiente al campo de detección de errores de la trama, se emplea el método de sumas de comprobación, el cual consiste en sumar todos los datos de la trama y obtener su complemento a 1<sup>9</sup>. Este dato debe ser calculado en la etapa de recepción y comparado con el dato original de la trama, de tal manera que se detecte algún cambio en dato si hubiese ocurrido durante la transmisión.

#### 5.4.2.3 Diagrama de Conexión

El diagrama de conexión se presenta en figura 53, donde se observa la correspondencia de los pines de cada uno de los dispositivos, datos de entrada, salida, y las respectivas polarizaciones.

---

<sup>9</sup>TOMASI, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Cuarta Edición. 2003. p. 535.

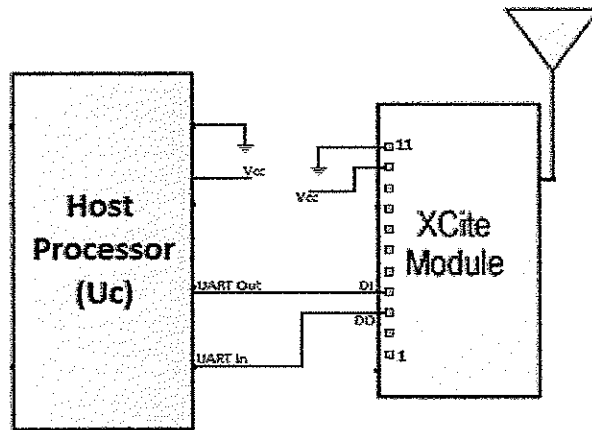


Figura 53. Diagrama de Transmisión

#### 5.4.3 Recepción

En la etapa de recepción se encuentra el módulo inalámbrico conectado a la tarjeta de interfaz serial de MaxStream, la cual se observa en la figura 54. Ésta tarjeta convierte los niveles TTL a los niveles del protocolo serial RS232 con un conector DB9, permitiendo su conexión con otro dispositivo que maneje el mismo estándar como un computador.

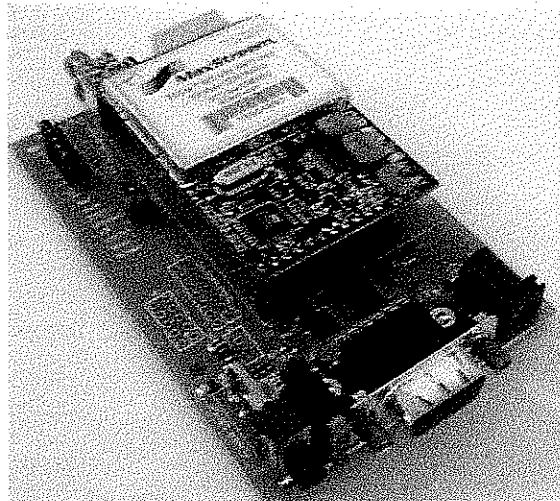


Figura 54. Tarjeta de Desarrollo Rs232 de MaxStream  
Fuente: Los autores

En la figura 55 se muestra el diagrama de recepción conectado a un PC con protocolo serial RS232.

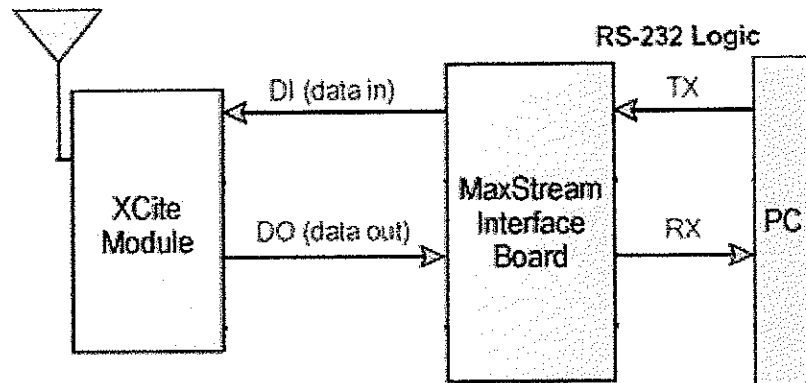


Figura 55. Diagrama de Recepción  
Fuente: Los autores

Con la ayuda de la tarjeta de interfaz serial, se realizaron diversas pruebas con el fin de analizar el comportamiento de los módulos, sometidos a varias condiciones, donde se determinó un alcance de aproximada mente 100 metros con línea de vista, también se realizaron pruebas a diversas velocidades de transmisión, y como se veía afectada la potencia de los módulos con varios tipos de antenas.

#### 5.4.3.1 Diagrama de Conexión

El sistema de comunicación inalámbrica completo se observa en la figura 56 que se observa a continuación.

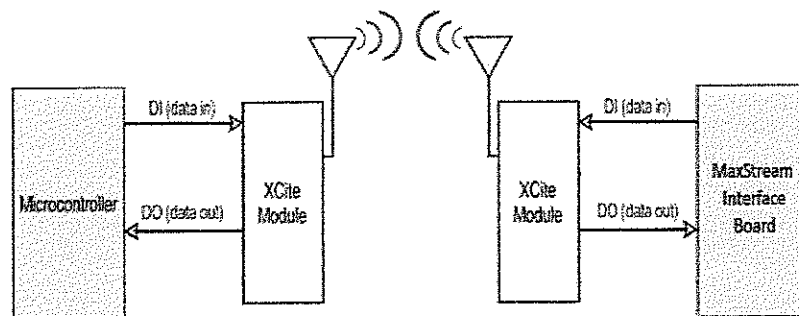


Figura 56. Diagrama de Conexión Comunicación Inalámbrica  
Fuente: Hoja técnica 9XCite OEM RF Module

## 5.5 CONVERSIÓN DE PROTOCOLO Y ACCESO A LA RED

La conversión de protocolo consiste en realizar la transformación de un formato de datos a otro de características diferentes, con el fin de acoplar sistemas o dispositivos con una finalidad específica por medio de circuitos electrónicos asociados con un firmware<sup>10</sup> especializado.

Como se observó en la sección anterior, el circuito de recepción inalámbrica entrega la información por medio de la tarjeta de desarrollo en un formato serial, por lo tanto para que el sistema pueda ser montado en una red de datos convencional es necesario hacer la conversión de protocolo serial RS232 a Ethernet la cual se hace mediante el módulo conversor DS100 de Tibbo.

### 5.5.1 Conversor DS100 de Tibbo

El conversor DS100 de Tibbo, es un dispositivo servidor serial de conexión externa para integrar equipos seriales a una red Ethernet (TCP/IP); este dispositivo presenta un diseño compacto y estilizado, funciona bajo una fuente de alimentación externa de 12V<sub>DC</sub>, y posee 4 LED's indicadores de estado.

Este conversor es presentado en dos versiones: DS100R de puerto serial RS232 y el DS100B con puerto serial universal RS232/422/485 el cual es utilizado para la implementación de este proyecto ya que estos dispositivos tienen incluido un firmware especializado; es decir un bloque de programación exclusivo para realizar la conversión de protocolo serial a Ethernet. En la figura 57 se puede observar el dispositivo utilizado.

---

<sup>10</sup>*Firmware* o programación en firme, es un bloque de programación especializado para una aplicación específica, que es almacenado en una memoria interna de tipo no volátil, controlando circuitos eléctricos de cualquier tipo.

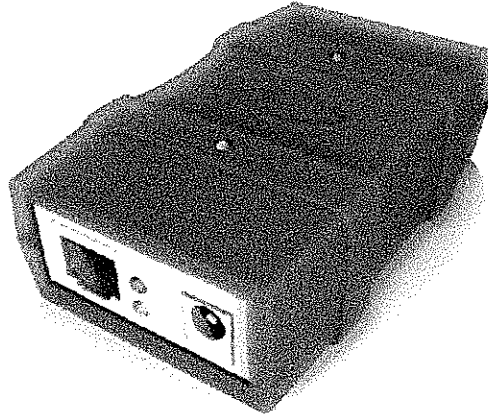


Figura 57. Conversor DS100B de Tibbo  
Fuente: Hoja técnica DS100

Dentro de las aplicaciones del dispositivo se encuentran:

- Captura de Datos & Equipos de Seguridad
- Medidores y Sensores Remotos
- Escáneres de Auto-ID
- Paneles Electrónicos de Mensajes
- Sistemas de Captura sin Pc
- Máquinas Expendedoras
- Instrumentos de Laboratorio
- Centrales Telefónicas (PBX)

El dispositivo además, permite modos half dúplex y full dúplex, así mismo modos de red servidor, cliente, servidor/cliente, y, por supuesto la configuración de diferentes tasas de transmisión por medio del software especializado de Tibbo DS Manager.

#### 5.5.2 Conexión del Dispositivo Servidor Serial DS100B de Tibbo

El dispositivo cuenta con un conector DB9 hembra para las conexiones seriales y un puerto 10BaseT Ethernet con conector RJ45 hembra para las conexiones de red. Para el desarrollo del proyecto se utiliza el dispositivo para enviar datos

seriales hacia una red local utilizando la conexión que es mostrada en la figura 58.

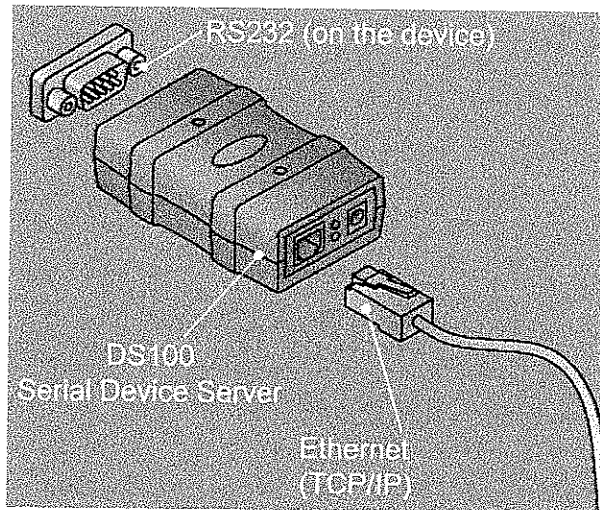


Figura 58. Diagrama de Conexión DS100B de Tibbo  
Fuente: Presentación Flash DS100

Debido a que la información es recibida inalámbricamente por medio de la tarjeta de desarrollo de MaxStream como fue explicado anteriormente, únicamente es necesario utilizar un conector de extensión del puerto que sirve como acople físico entre la tarjeta y el dispositivo servidor serial. En la figura 59 se puede observar la conexión física entre la tarjeta de desarrollo de MaxStream y el dispositivo servidor serial DS100B de Tibbo.

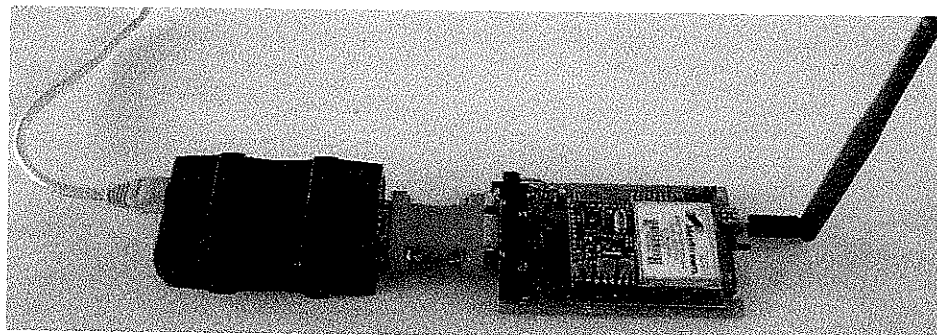


Figura 59. Conexión del Dispositivo Servidor Serial DS100B de Tibbo  
Fuente: Los autores

### 5.5.3 Configuración DS100 empleando DS Manager

El software de configuración DS Manager es utilizado para localizar, configurar, administrar, monitorear y actualizar los dispositivos Tibbo compatibles. Este software puede ser utilizado conectando tanto el puerto serial como por el puerto Ethernet, permitiendo ver todos los dispositivos conectados en el mismo segmento de red que el pc, inclusive aquellos que se encuentren sin configurar o con configuración errónea para así, monitorear el estado de los dispositivos o si es necesario emitir una señal de "Buzz" a los dispositivos para localizarlos físicamente. En la figura 60 es posible observar la interfaz de usuario del DS Manager.

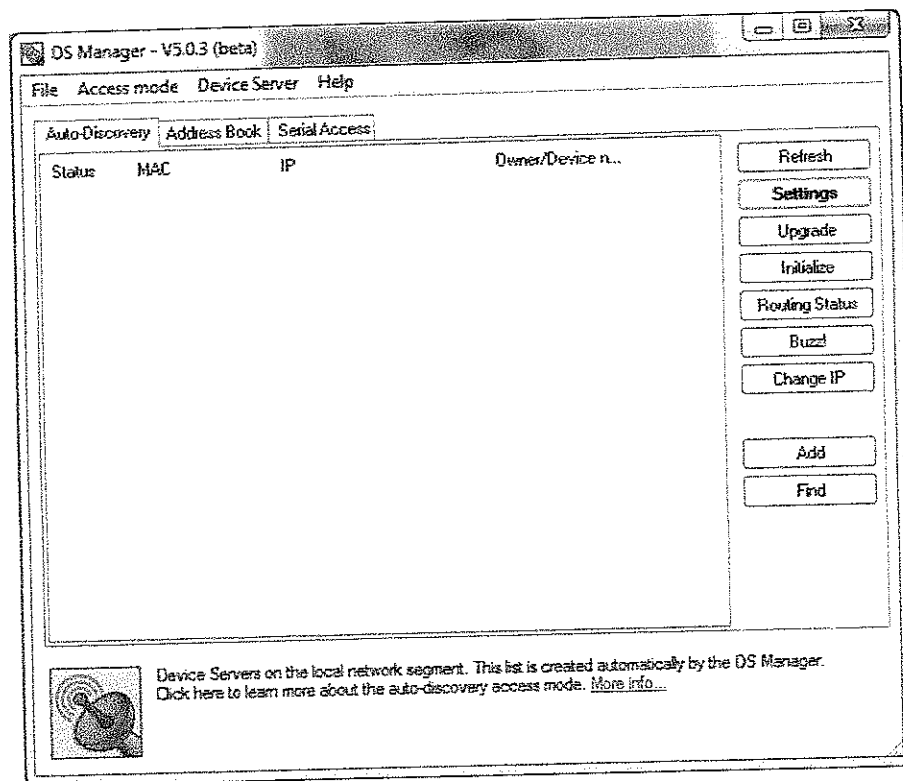


Figura 60. Interfaz de Usuario DS Manager

Fuente: Los autores

Para iniciar la configuración es recomendable realizar primero la conexión con el ordenador, y luego conectar la fuente de alimentación, para así evitar daños y asegurar que el software reconozca el dispositivo.

Una vez que el software reconoce el dispositivo es posible proceder a realizar los ajustes de configuración. En la figura 61 se puede observar el software DS Manager con el dispositivo reconocido.

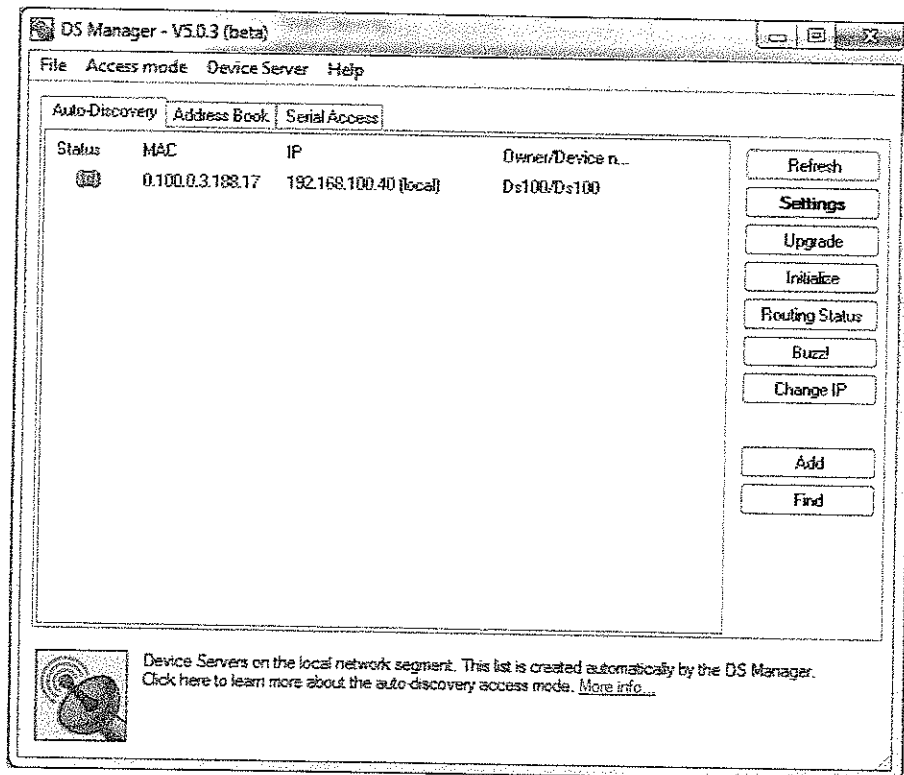


Figura 61. Dispositivo Reconocido en DS Manager

Fuente: Los autores

La pantalla principal del DS Manager muestra el dispositivo conectado donde se muestran especificaciones del dispositivo como el estado (status), la dirección MAC, la dirección IP, y el nombre asociado, además en su costado derecho muestra una serie de botones para realizar los ajustes específicos.

Los ajustes de configuración se realizan mediante el botón "settings", en donde se pueden modificar los parámetros del dispositivo, el campo de red (Network), el campo de conexión (Connection) y el campo de puerto serial (serialport).

En el campo de red se asignan los nombres del dispositivo lo cual permite diferenciarlos cuando se utilizan gran cantidad de estos, para esta aplicación se asigna el nombre **DS100**.

También se selecciona la dirección IP **192.168.100.40** la cual es una dirección IP que se encuentra en un dominio clase C, de tipo privado, y que nos permite tener un rango de conexión de hasta 254 dispositivos en la misma red.

Así mismo se puede ver el puerto **1001** en cual es un puerto de uso libre sin asignación reconocido por la IANA<sup>11</sup> para la conexión entre dispositivos con protocolo TCP y UDP. En la figura 62 se puede ver la configuración del campo de red.

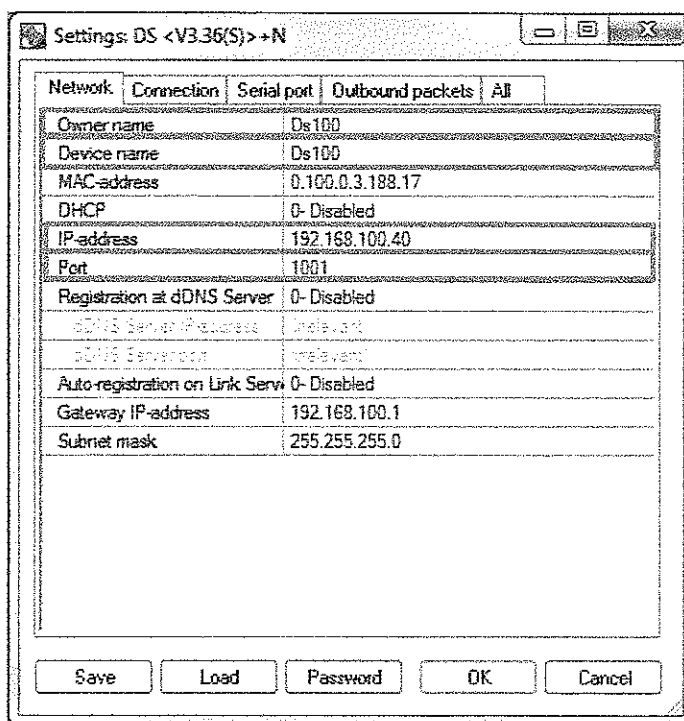


Figura 62. Configuración de Red DS100B de Tibbo  
Fuente: Los autores

<sup>11</sup>La Internet Assigned Numbers Authority, es la Agencia de Asignación de Números de Internet. Era el antiguo registro central de los protocolos Internet, como puertos, números de protocolo y empresa, opciones y códigos.

En el campo de conexión es seleccionado es el protocolo de transporte **TCP** el cual es escogido debido a que este protocolo garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron. También se selecciona el modo de enrutamiento como servidor (**Server**), lo cual indica que únicamente el dispositivo entra en funcionamiento cuando recibe la petición de otro dispositivo cliente. Además se selecciona la aceptación, de conexión desde cualquier dirección IP (**Any IP-address**). En la figura 63 se puede ver la configuración del campo de conexión.

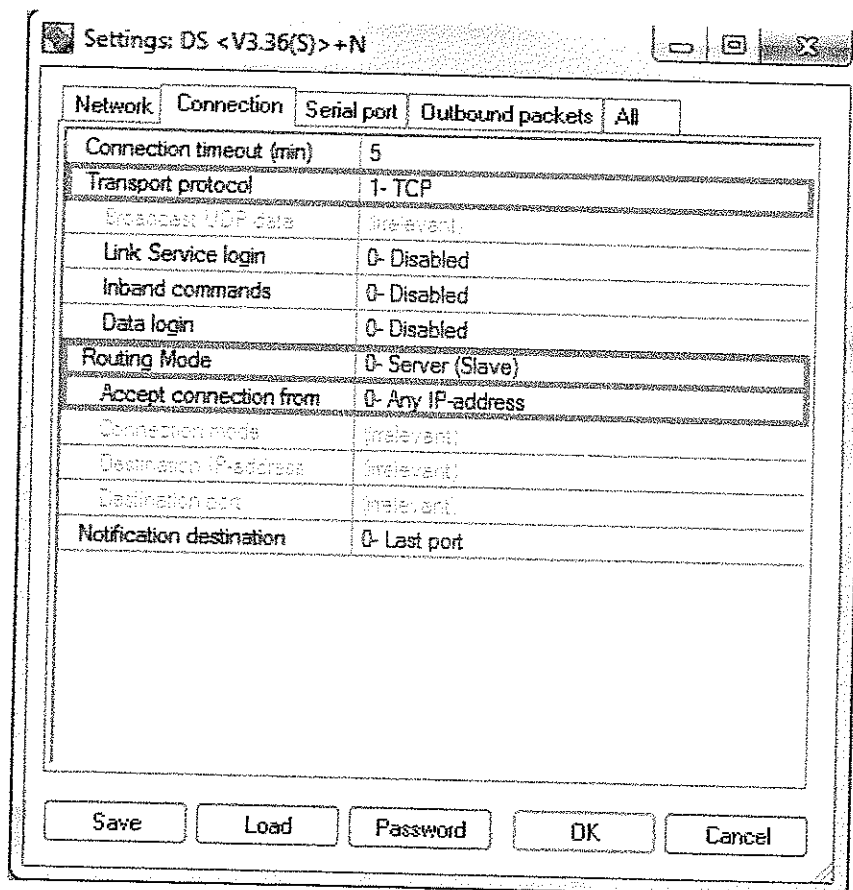


Figura 63. Configuración de Conexión DS100B de Tibbo  
Fuente: Los autores

En el campo de configuración de puerto serial se deben configurar los mismos parámetros asociados a toda la comunicación serial que se maneja en todo el proyecto, como por ejemplo la tasa de transmisión de datos en **57600 bps**, la paridad que en esta caso esta deshabilitada (**None**), y el tamaño de los datos (**8 bits**). En la figura 64 se puede ver la configuración del campo de puerto serial.

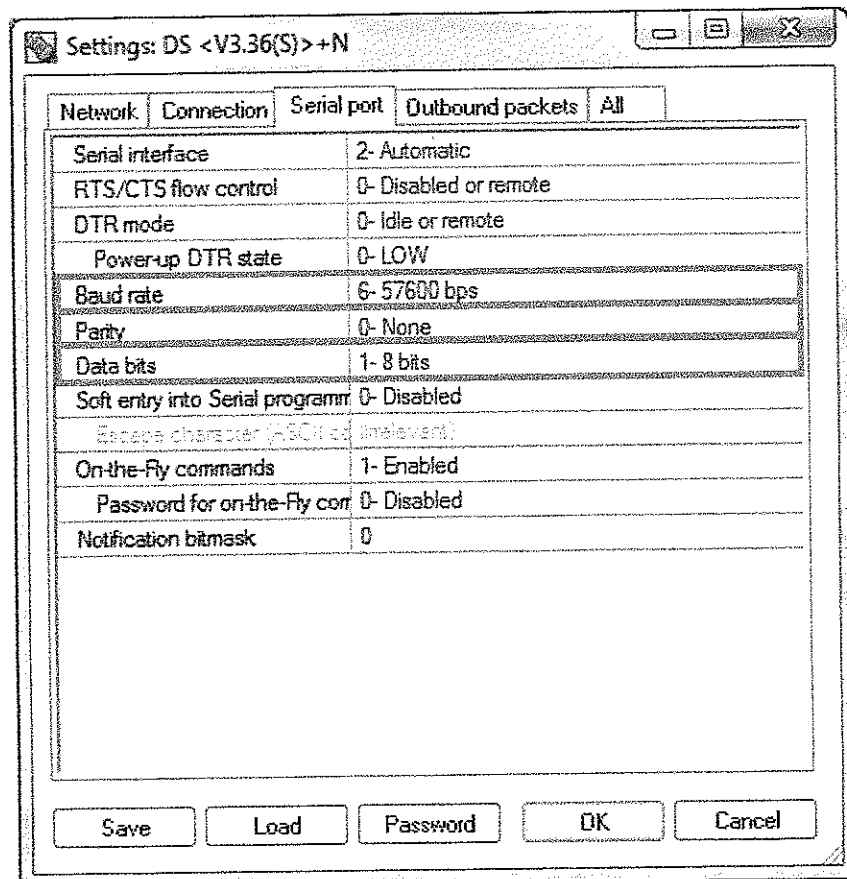


Figura 64. Configuración de Puerto Serial DS100B de Tibbo  
Fuente: Los autores

#### 5.5.4 Pruebas Preliminares

Para realizar las primeras pruebas de adquisición de los datos por el puerto Ethernet se utilizó el software HyperTerminal el cual es un programa que permite la comunicación de un PC con dispositivos externos por medio del puerto serial o el puerto Ethernet. HyperTerminal se encuentra instalado por defecto en casi

todos los sistemas operativos de Windows. En la figura 65 se puede ver la interfaz del HyperTerminal.

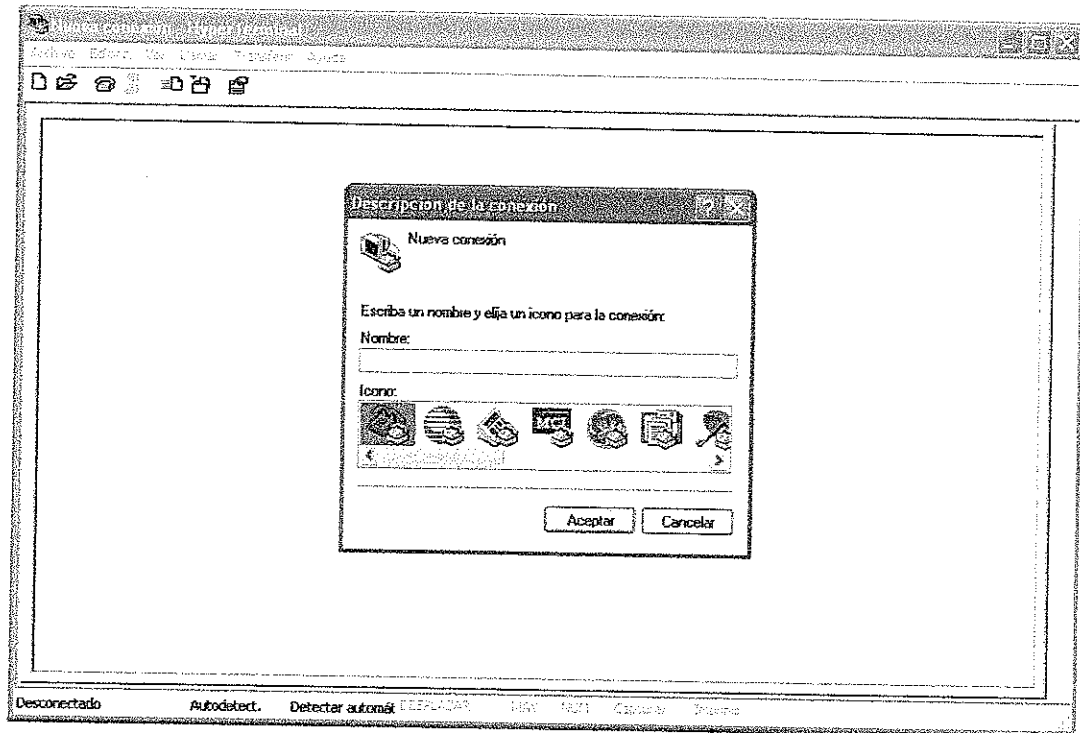


Figura 65. HyperTerminal

Fuente: Los autores

En HyperTerminal, es necesario realizar la configuración, de acuerdo con el equipo al que nos vamos a conectar, para esta prueba se selecciona el puerto TCP/IP (WinSock), ingresando la información del dispositivo a recibir información en este caso ingresando la dirección IP y el puerto del dispositivo servidor serial DS100B. En la figura 66 se muestra la configuración de la conexión en HyperTerminal.

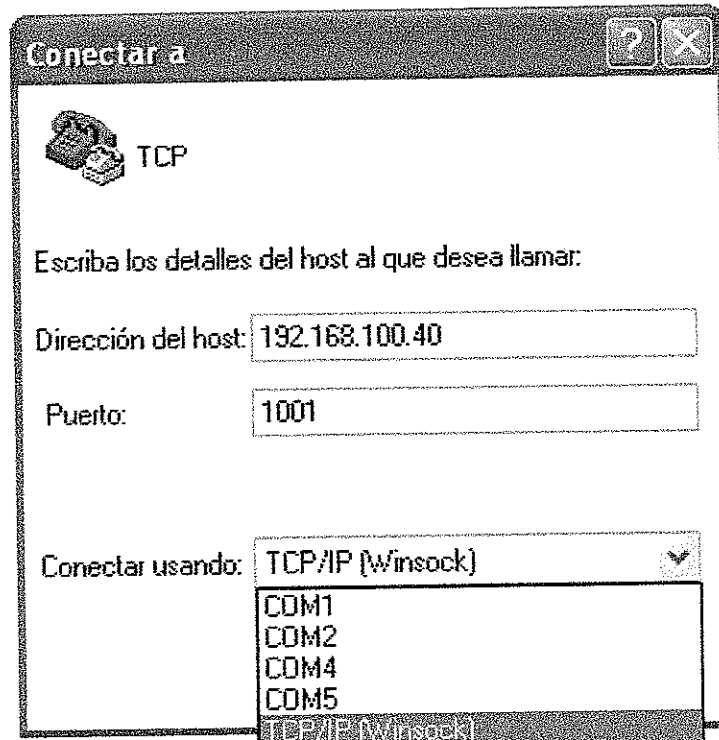


Figura 66. Configuración de HyperTerminal  
Fuente: Los autores

Una vez configurado el HyperTerminal, se realizaron pruebas del dispositivo servidor serial conectado con la tarjeta de recepción de MaxStream, la cual se encontraba recibiendo información enviada inalámbricamente por el puerto serial del microcontrolador.

Como prueba inicial se propuso enviar un dato fijo de conocimiento y debido a que HyperTerminal reconoce caracteres ASCII<sup>12</sup>, se decidió enviar en toda la trama de comunicación el valor 61, correspondiente a la letra a. en la figura 67 se puede observar el valor recibido en la interfaz del HyperTerminal.

---

<sup>12</sup>American Standard Code for Information Interchange (Código Estadounidense Estándar para el Intercambio de Información), es un código de caracteres basado en el alfabeto latino tal como se usa en inglés moderno y en otras lenguas occidentales.

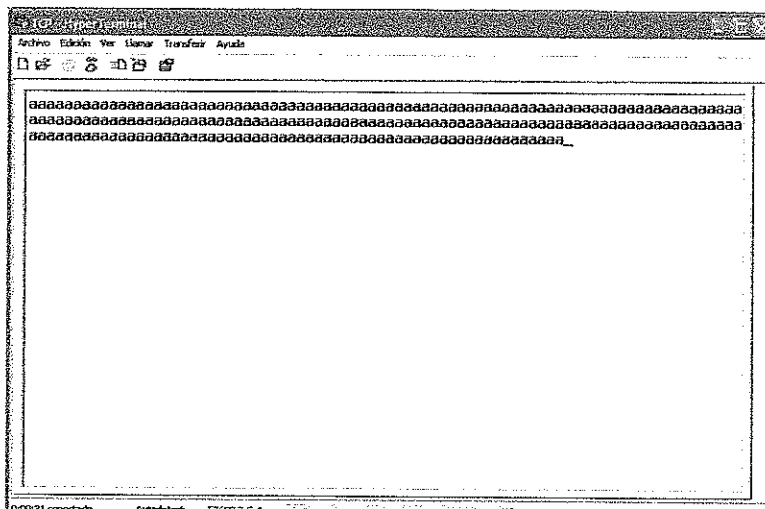


Figura 67. Recepción Dato de Prueba en HyperTerminal  
Fuente: Los autores

Una vez comprobada la recepción de los datos enviados desde el microcontrolador, se realizó el envío de la trama de comunicaciones con los datos adquiridos por los sensores, donde se pudo comprobar que los datos recibidos en el HyperTerminal cambian con respecto a las variaciones de las variables sensadas. En la figura 68 se puede observar la recepción de la trama de comunicaciones en HyperTerminal.

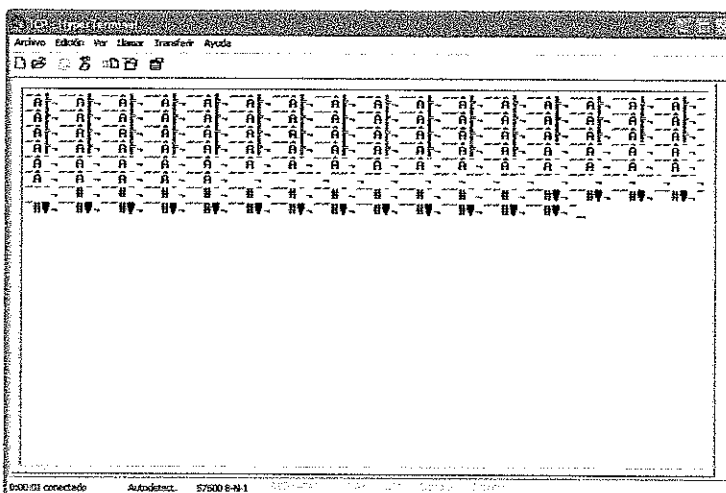


Figura 68. Recepción de La Trama de Datos en HyperTerminal  
Fuente: Los autores

## 5.6 INTERFAZ GRAFICA DE MONITOREO

Para implementar la interfaz gráfica se utiliza el software LabVIEW™ de National Instruments, el cual maneja un entorno de programación gráfica para desarrollar sistemas sofisticados de medida, pruebas y control usando íconos descriptivos e intuitivos y cables que parecen un diagrama de flujo. LabVIEW™ ofrece una integración incomparable con miles de dispositivos de hardware y brinda gran variedad de bibliotecas integradas para análisis avanzado y visualización de datos.

Para construir la interfaz gráfica de monitoreo es necesario hacer la adquisición de datos por medio de LabVIEW™, para poder tener la información enviada, dentro del diagrama de bloques y así hacer un proceso de parametrización para la correcta visualización de los datos. En la figura 69 se puede observar el diagrama de bloques

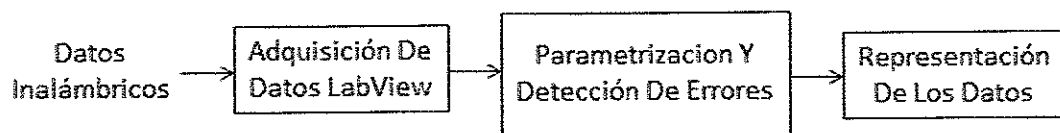


Figura 69. Diagrama de Bloques Interfaz Gráfica de Monitoreo

Fuente: Los autores

Debido al gran número de herramientas que LabVIEW™ posee, la adquisición de los datos es posible realizarla tanto por el puerto Ethernet como por el puerto serial. A continuación se describirán las dos formas de realizar la programación para estos tipos de adquisición y las ventajas de utilizar el puerto Ethernet con respecto al serial.

### 5.6.1 Adquisición Por Puerto Serial (Módulo VISA)

Para realizar este tipo de adquisición es necesario aclarar que no es necesario la utilización del dispositivo servidor serial DS100 de Tibbo anteriormente descrito, puesto que los datos se reciben por medio del protocolo RS232.

La adquisición de datos por puerto serial se hace mediante la utilización del módulo serial VISA encontrado en LabVIEW™, el cual tiene una serie de

subprogramas que se representan gráficamente como pequeños módulos predefinidos para su utilización.

El primero de estos módulos es el “**VISA Configure Serial Port**” el cual sirve para configurar los parámetros característicos de las comunicaciones seriales. En la figura 70 se puede observar el icono de este módulo con sus respectivos campos de configuración.

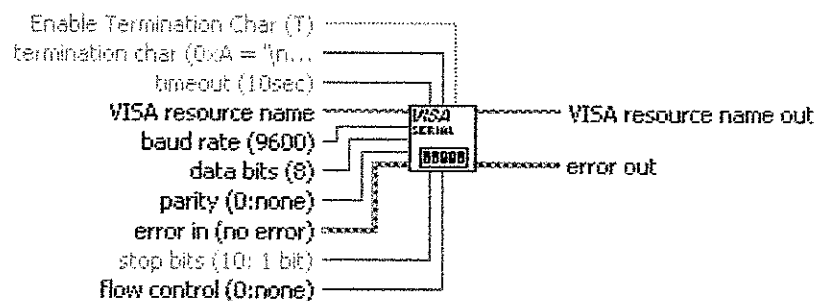


Figura 70. VISA Configure Serial Port

Fuente: Los autores

A continuación Se describe la función de cada uno de los campos de configuración del módulo VISA Configure Serial Port:

- **Terminationchar:** finaliza la lectura a través del puerto cuando se detecta un carácter especial. Para la aplicación se encuentra deshabilitada.
- **Timeout:** fija el valor del tiempo en milisegundos de espera para leer o escribir en el puerto, por defecto tiene un valor de 10000.
- **VISA resourcename:** de acuerdo a los tipos de puerto con que cuente el PC, se selecciona el puerto de conexión a utilizar. Para esta aplicación se utilizó el puerto serial COM3.
- **Baudrate:** define la velocidad de transmisión dada en baudios, Para el diseño se utilizara la velocidad serial aplicada durante todo el sistema de 57600.
- **Data bits:** Es el número de bits de los que se compone cada dato. Puede ser entre 5 y 8, por defecto se toman datos de 8 bits.
- **Parity:** identifica el tipo de paridad utilizada en la comunicación, en la aplicación se debe dejar en 0 ya que no se utiliza paridad.

- **Stop bits:** Especifica el número de stop bits usados para indicar el final de un dato, en la aplicación se utiliza 1 bit de parada.
- **Flow control:** Es un control usado para definir el mecanismo o control de flujo para la transferencia de los datos, en la aplicación se deja en 0, ya que no se implementa ningún tipo de control.
- **Error Out:** describe las condiciones de error en el proceso de comunicación.
- **VISA resource name out:** es la salida que lleva las características del puerto seleccionado.

El segundo módulo para la adquisición de datos por medio del puerto serial define la acción que realizara el puerto, es decir si se va a realizar lectura o escritura de los datos. Para esta aplicación se utiliza el módulo "VISARead" con el cual se leen datos por medio del puerto. Este módulo debe tener un acondicionamiento de los datos con la ayuda del bloque "PropertyNode". En la figura 71 se puede observar el icono del módulo de lectura serial con su acondicionamiento y salidas de datos.

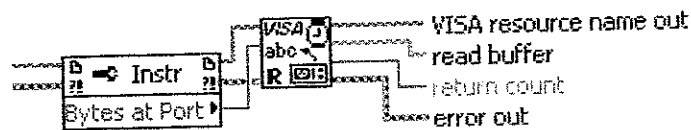


Figura 71. VISA Read  
Fuente: Los autores

A continuación se describen las salidas de datos del módulo de lectura serial:

- **Read buffer:** Contiene los datos leído desde el dispositivo conectado al puerto.
- **ReturnCount:** Devuelve el número de datos leídos por el puerto.
- **Error Out:** describe las condiciones de error en el proceso de comunicación.
- **VISA resource name out:** es la salida que lleva las características del puerto seleccionado.

Aunque con el módulo de lectura serial de datos tenemos los datos en un formato adecuado y manejable es necesario utilizar un módulo que cierra el bucle de

programación llamado “VISA close”, el cual indica que no se realiza ningún otro tipo de operación con la configuración del puerto. Así mismo es necesario cerrar el bloque de Error. En la figura 72 se observa el icono de los módulos de cierre serial VISA.



Figura 72. VISA Close  
Fuente: Los autores

En la figura 73 se muestra el diagrama de bloques completo implementado en LabVIEW™ de la adquisición de datos por puerto serial utilizando el módulo VISA.

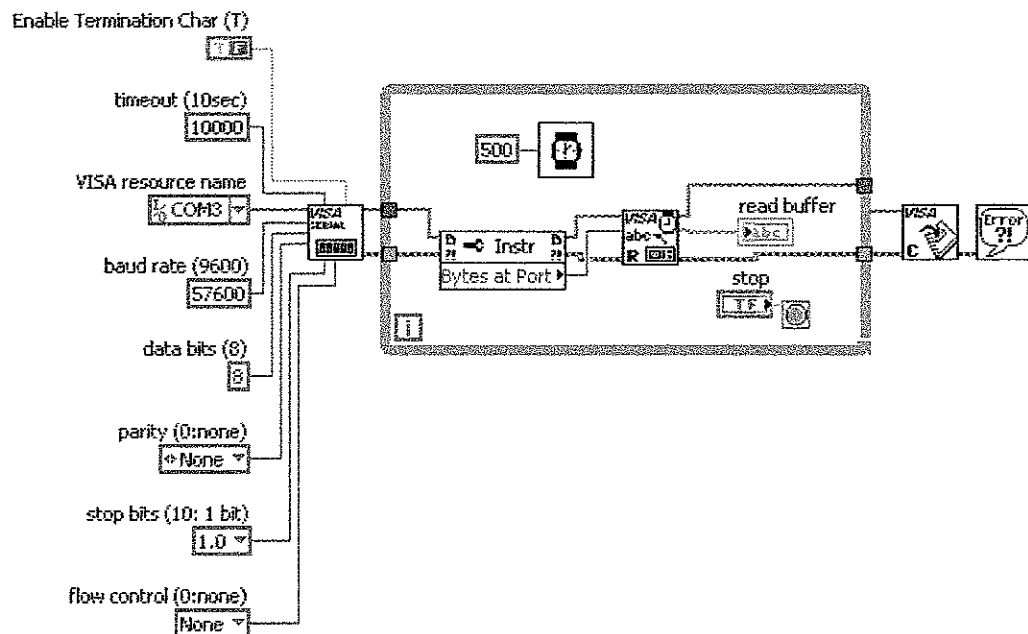


Figura 73. Adquisición Por Puerto Serial (Modulo VISA)  
Fuente: Los autores

## 5.6.2 Adquisición por Puerto Ethernet (Modulo TCP)

Para realizar la adquisición de datos por puerto Ethernet es necesario hacer uso del dispositivo servidor serial DS100b de Tibbo, ya que es necesario adaptar el formato de los datos a la trama Ethernet que se reconoce en el puerto.

Para hacer el reconocimiento de dichos datos en el computador, se hace uso de la herramienta de protocolos TCP, encontrada en el bloque de comunicación de datos de LabVIEW™. En la figura 74 se observa la ubicación de este módulo, en la paleta de herramientas de LabVIEW™.

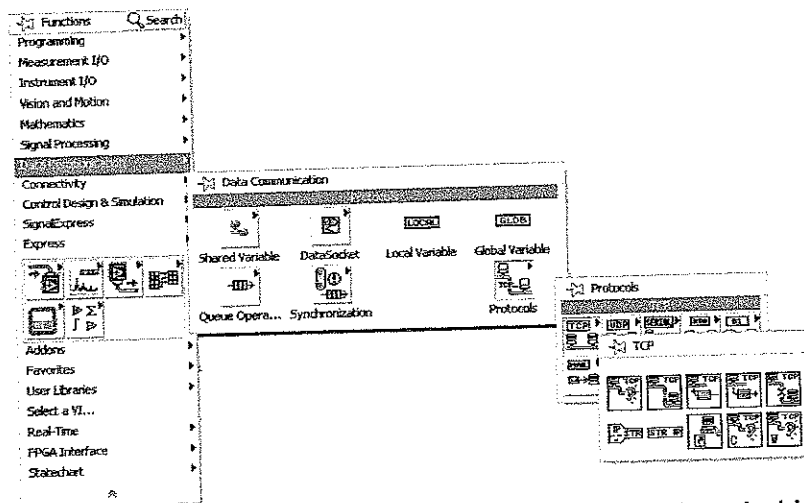


Figura 74. Ubicación del Módulo de Herramientas TCP en LabVIEW™  
Fuente: Los autores

El primer paso para la utilización de esta herramienta es mediante el uso del módulo “TCP Open Connection”, el cual establece la inicialización de conexión mediante el protocolo de control de transmisión (TCP). En la figura 75 se observa el módulo de inicialización de conexión con sus respectivos campos de configuración.

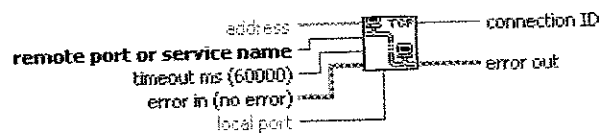


Figura 75. TCP Open Connection  
Fuente: Los autores

A continuación Se describe la función de cada uno de los campos de configuración del módulo TCP open Connection:

- **Address:**Es la dirección IP con la cual se quiere establecer conexión, para el desarrollo del proyecto se utiliza dirección del dispositivo servidor serial **192.168.100.40**.
- **Remote port or service name:**Es el nombre del puerto o número de asignación con el cual se establece la conexión. en la aplicación se utiliza el puerto **1001**.
- **Tiemout:** Es el periodo de tiempo en milisegundos que el sistema espera para que se complete la función antes de retornar error. en esta aplicación se deja en el valor por defecto **60000**.
- **Local Port:** Es el puerto de conexión local, es usado en los casos en que los servidores únicamente permiten la conexión de clientes que usan un rango específico de puertos. en esta aplicación se encuentra por defecto deshabilitado.
- **Connection ID:** Es el número de referencia único que identifica la conexión de red.
- **Error Out:** describe las condiciones de error en el proceso de comunicación.

Una vez abierta la conexión con el puerto Ethernet es necesario hacer uso de otro modulo que permite definir la acción que va a realizar el puerto es decir si se va a realizar escritura o lectura de datos. Para esta aplicación se utiliza el modulo “**TCP Read**”, para hacer la lectura de los datos.”.Enla figura 76 se puede observar el icono del módulo de lectura TCP y salidas de datos.

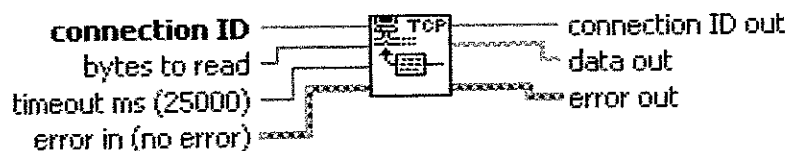


Figura 76. TCP Read  
Fuente: Los autores

A continuación se describen los parámetros de configuración y salidas del módulo de lectura TCP:

- **Bytes toRead:** Es la capacidad o número de Bytes leídos. en esta aplicación se utiliza un máximo de **512**.
- **Timeout:** Es el periodo de tiempo en milisegundos que el sistema espera para que se complete la función antes de retornar error. en esta aplicación se asigna un valor de **500**.
- **Data out:** es la salida de datos en forma de cadena de caracteres leídos por el puerto.

Aunque con el módulo de lectura de datos tenemos los datos en un formato adecuado y manejable es necesario utilizar un módulo que cierra el bucle de programación llamado "TCP close", el cual indica que no se realiza ningún otro tipo de operación con la configuración del puerto. Así mismo es necesario cerrar el bloque de Error. En la figura 77 se observa el icono de los módulos de cierre TCP.



Figura 77. TCP Close  
Fuente: Los autores

En la figura 78 se muestra el diagrama de bloques completo implementado en LabVIEW™ de la adquisición de datos por puerto Ethernet utilizando el módulo TCP.

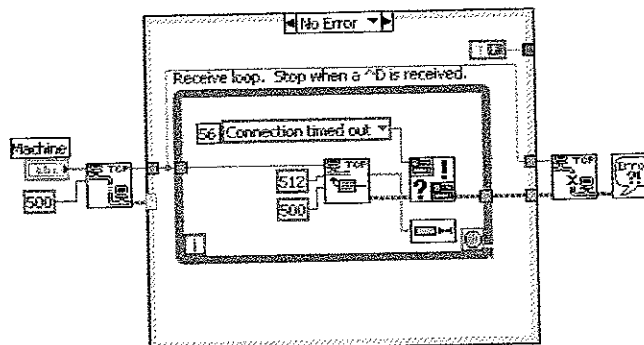


Figura 78. Adquisición Por Puerto Ethernet (Modulo TCP)  
Fuente: Los autores

### 5.6.2.1 Ventajas de la Adquisición por Puerto Ethernet

Hace unos años la mayoría de equipos y dispositivos contaban con interfaces seriales (*RS232*, *RS485* o *RS422*), que aunque funcionaba de forma adecuada no era eficiente debido a que se empleaban cables dedicados para conectarlos dispositivos a los PC de control, y a pesar que la configuración empleando cable serial es sencilla generaba una serie de desventajas como:

- Altos costos de instalación y mantenimiento.
- Limitaciones de distancia entre el dispositivo y el PC.
- Únicamente el PC asignado puede ser usado para controlar el dispositivo.

El auge de las redes y el Internet hizo viable dejar los cableados seriales y conectar todo tipo de dispositivos directamente a la red LAN por medio del puerto Ethernet lo cual trajo consigo una serie de ventajas como:

- Reducción drástica de los costos de instalación usando el cableado de red existente.
- Controlar los dispositivos desde cualquier PC conectado a la red.
- Eliminar las limitaciones de distancia.
- Capacidad de compartir información y archivos en cualquier pc de la red.
- Facilidad de Adaptación de nuevos dispositivos.
- Capacidad de acceder a la información de forma remota vía internet.
- Entre otras.

Por estas razones se decide realizar el desarrollo del proyecto por medio de la adquisición de datos por puerto Ethernet, para ser adaptado una red de área local.

### 5.6.3 Adaptación de los Datos

La trama de comunicación de datos recibida por el puerto Ethernet en LabVIEW™, se presenta como una cadena de caracteres (string), por lo que antes de hacer una parametrización es necesario hacer la adaptación de los datos a un formato numérico descomponiendo la trama en sus campos byte a byte. Para realizar esta tarea LabVIEW™ proporciona gran variedad de herramientas.

La primera función a usar es **“Stringtoarray”** la cual realiza la conversión del dato de cadena de caracteres a un arreglo de bytes. En la figura 79 se observa el icono en LabVIEW™ de esta función.



Figura 79. StringTo Byte Array  
Fuente: Los autores

Luego es necesario hacer una nueva conversión de los datos a través de la función **“Arraytocluster”**, la cual convierte un arreglo de elementos a una agrupación (Cluster), la cual puede ser de arreglos. Esta función, también opera con diferentes tipos de funciones. El número máximo de elementos que puede contener es de 256. Sin embargo los arreglos de entrada pueden ser de diferentes dimensiones. En la figura 80 se observa el icono en LabVIEW™ de esta función.



Figura 80. ArrayToCluster  
Fuente: Los autores

Una vez que tenemos el formato de los datos como una agrupación (cluster) hacemos uso de la función **“Unbundle”**, la cual desensambla una agrupación (Cluster) en sus componentes individuales. La función produce tantas salidas como elementos contenga, en el orden que se encuentran los componentes, en este caso se descompone la trama de datos byte a byte. En la figura 81 se observa el icono en LabVIEW™ de esta función.

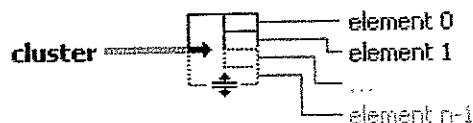


Figura 81. Unbundle  
Fuente: Los autores

A cada uno de los componentes que se desea visualizar, se le adiciona un indicador o visualizador que se ubica en el diagrama de bloques y que tendrá su representación en el panel frontal, donde el usuario final podrá ver el comportamiento de las variables industriales y los datos de interés. En la figura 82 se puede ver la descomposición de los datos con sus respectivos indicadores.

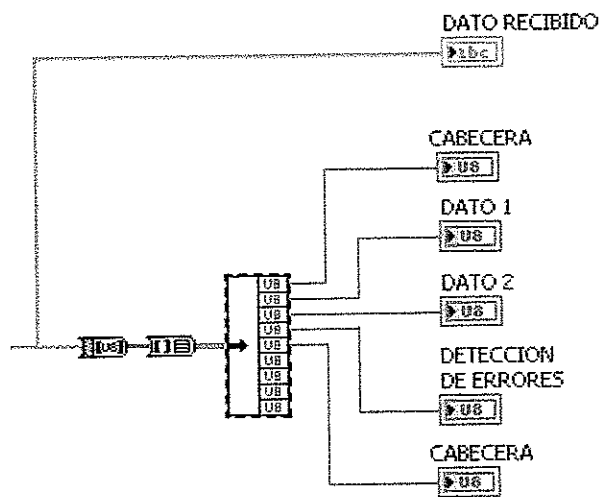


Figura 82. Descomposición de los Datos  
Fuente: Los autores

En la figura 83 se presenta la representación que tienen los datos recibidos en el panel frontal.

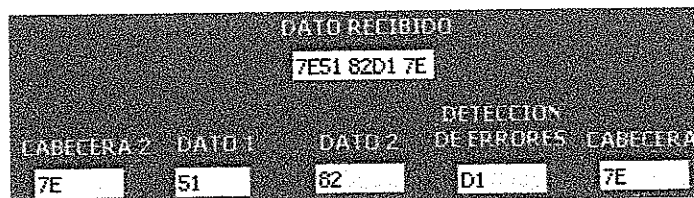


Figura 83. Representación de los Datos en el Panel Frontal

#### 5.6.4 Detección de Errores

Como se vio anteriormente es necesario comprobar el método de detección de errores en la recepción de datos, realizando el procedimiento de sumar todos

los datos de la trama y obtener su complemento a 1, comprándolo con el byte de detección de errores.

Al finalizar la comparación se adiciona un indicador de recepción del dato el cual identifica si el dato ha sido recibido de forma correcta o no al encender y apagar una lámpara. En la figura 84 se puede observar el diagrama de programación de la rutina de detección de errores en LabVIEW™.

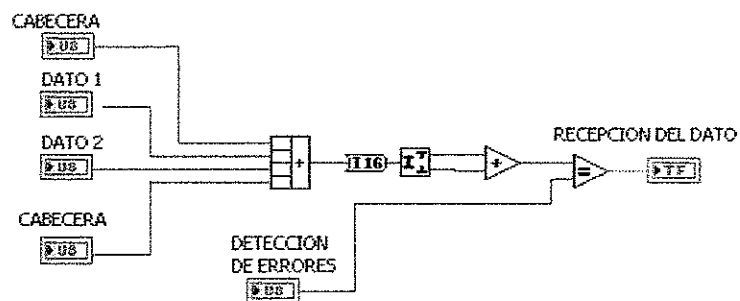


Figura 84. Detección de Errores en LabVIEW™  
Fuente: Los autores

### 5.6.5 Parametrización Y Representación de Los Datos

Debido a que los valores de los datos recibidos en el computador se encuentran en formato hexadecimal enviados desde el microcontrolador, se debe realizar la parametrización de los datos haciéndolos entendibles a valores conocidos para cualquier usuario del sistema. En la siguiente figura se muestran los datos parametrizados tomados por los sensores.

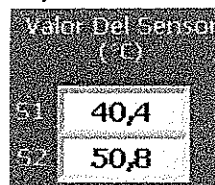


Figura 85. Datos Parametrizados  
Fuente: Los autores

Ya que en ocasiones es importante tener un registro de las variables medidas se decidió trabajar una representación en forma de graficas de comportamiento las cuales muestran la conducta y la variación que han tenido las variables sensadas a través del tiempo, mostrado en horas, minutos y segundos. La

implementación de las gráficas de comportamiento permite que los operadores tengan una información visual de los cambios del proceso, para así, poder ver los estados anteriores de la variable gráficamente. En la figura 86 se pueden observar las gráficas del comportamiento de las variaciones medidas por el sistema.

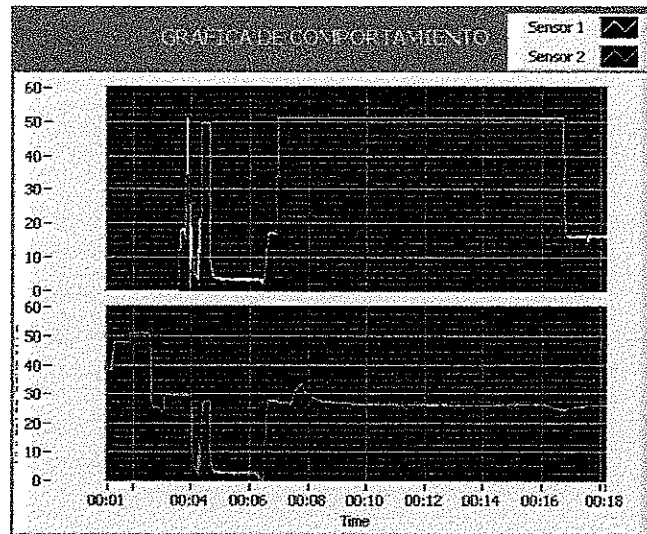


Figura 86. Grafica de Comportamiento

Fuente: Los autores

Debido a que también es trascendental presentar un registro escrito de las variables se utiliza la función **“BuildTable”** con la cual se crea una tabla de datos la cual es una disposición conjunta y ordenada de los datos almacenados por el sistema presentando información de forma detallada mostrando la fecha y la hora de la medida con un tiempo de almacenamiento predeterminado. En la figura 87 se observa el icono de la función para crear la tabla.

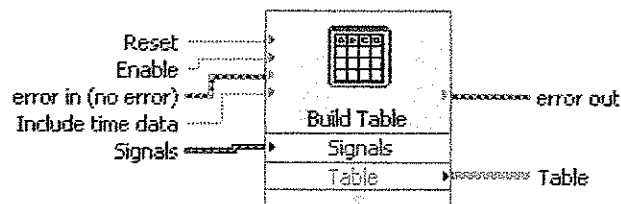


Figura 87. BuildTable

Fuente: Los autores

Esta tabla permitirá definir, medir, analizar y controlar por parte del operador el comportamiento de las variables medidas. En la tabla 9, se pueden observar los datos almacenados por el sistema.

TABLA DE DATOS		
FECHA Y HORA	SENSOR 1	SENSOR 2
24/05/2010 15:41:55	51,0	26,2
24/05/2010 15:43:18	51,0	26,4
24/05/2010 15:43:23	51,0	26,4
24/05/2010 15:43:29	51,0	26,4
24/05/2010 15:43:34	51,0	26,0
24/05/2010 15:43:40	51,0	25,6
24/05/2010 15:43:45	51,0	25,4
24/05/2010 15:43:51	51,0	25,0
24/05/2010 15:43:56	51,0	25,0
24/05/2010 15:44:02	51,0	24,6
24/05/2010 15:44:07	22,6	24,6
24/05/2010 15:44:13	16,4	25,0
24/05/2010 15:44:18	16,4	25,2
24/05/2010 15:44:24	16,2	25,4
24/05/2010 15:44:29	16,4	25,4
24/05/2010 15:44:35	16,4	25,6
24/05/2010 15:44:40	16,2	25,6
24/05/2010 15:44:46	16,4	25,8
24/05/2010 15:45:02	16,2	26,0
24/05/2010 15:45:08	16,6	26,0
24/05/2010 15:45:13	16,6	26,0
24/05/2010 15:45:18	16,4	26,0

Tabla 9. Tabla de Datos Almacenados por el Sistema  
Fuente: Los autores

### 5.6.6 Interfaz Final de Usuario

En la Interfaz final de usuario son presentados tanto los valores de la trama y los datos, como el valor de las variables sensadas parametrizadas y el registro de su comportamiento en el tiempo tanto en forma de datos como gráficamente además de permitir al usuario seleccionar la dirección IP del dispositivo servidor y mostrar información adicional como la fecha y la hora en la que se está ejecutando el proceso.



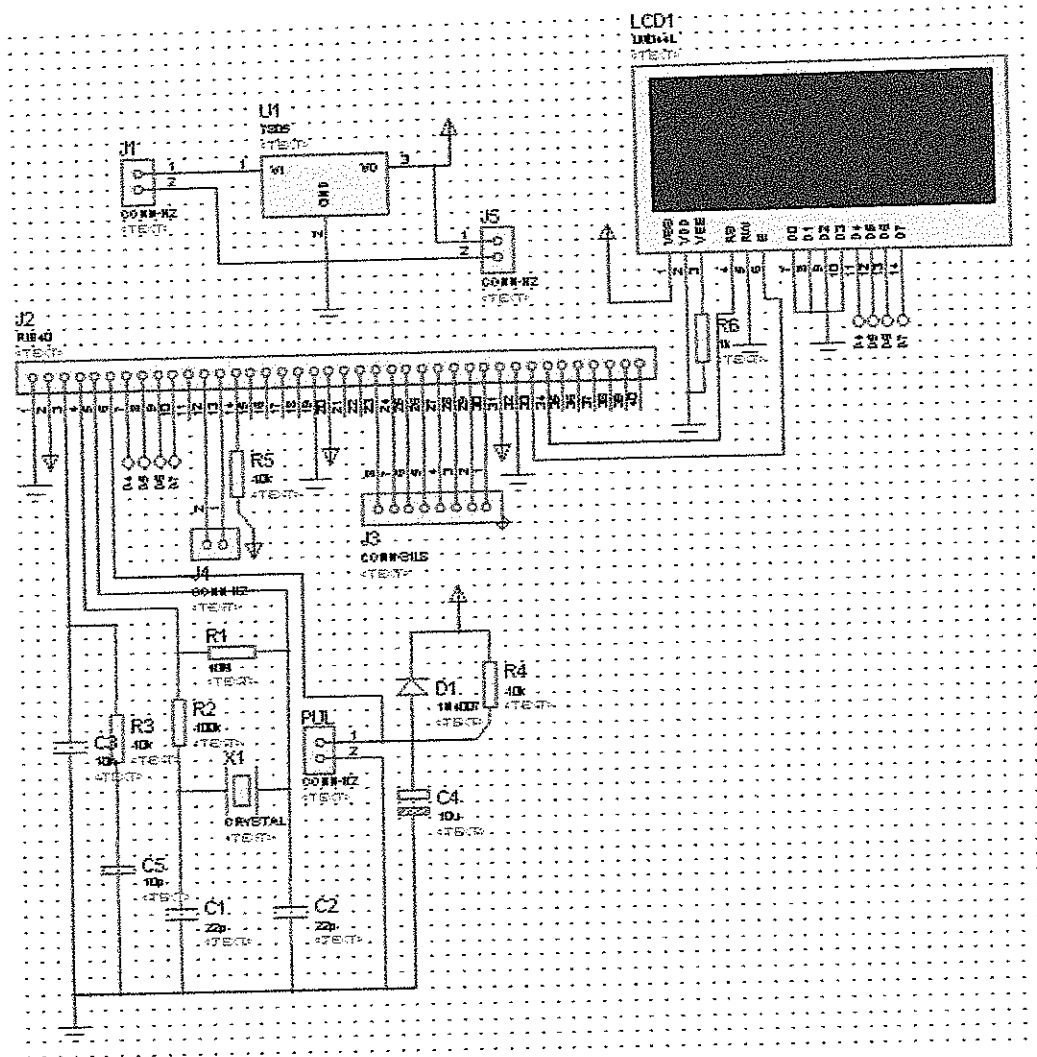


Figura 89. Diseño de Conexión Circuito Impreso  
Fuente: Los autores

De esta manera se obtiene un diseño con las dimensiones óptimas y con los encapsulados reales a cada uno de los componentes. De esta manera se obtiene el diseño del circuito impreso que se observa en la figura 90.

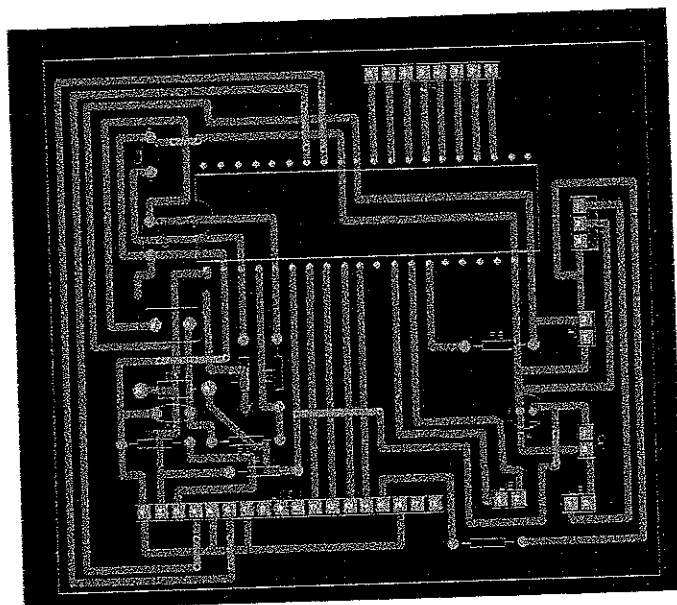


Figura 90. Diseño circuito impreso

Fuente: Los autores

El programa PROTEUS permite la visualización en tercera dimensión de la tarjeta, como se observa a continuación.

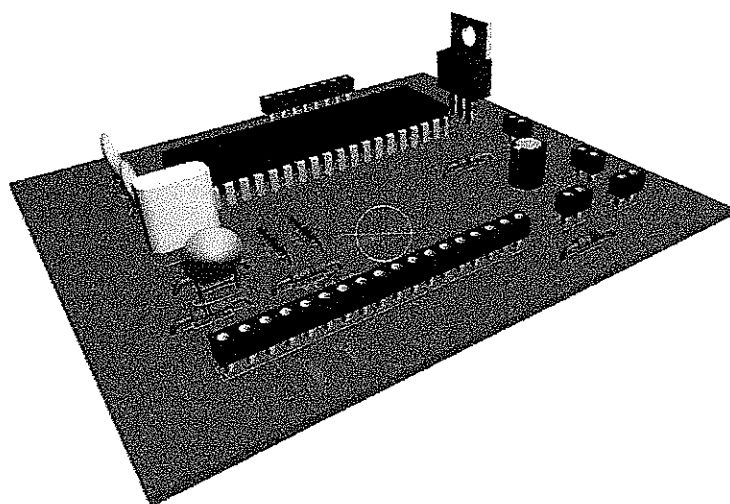


Figura 91. Vista 3D Circuito Impreso

Fuente: Los autores

## 6. APORTES DELTRABAJO

Como aportes derivados del trabajo se encuentran los artículos redactados en español y en inglés para ser presentados en eventos internacionales como ANDESCON, donde fue aceptado como ponencia, e INTERCON, en el cual fue aceptado como ponencia y como proyecto. Así mismo se han generado artículos para ser presentados en revistas institucionales.

## 7. CONCLUSIONES

- Se diseñó e Implementó un sistema con un prototipo de comunicación inalámbrico, el cual podrá ser aplicado a procesos de monitoreo y supervisión, permitiendo la adquisición de señales análogas y digitales, su procesamiento digital y visualización en una estación remota con acceso a una Red de Área Local.
- El sistema permite la adquisición de señales provenientes de diferentes tipos de sensores, sin embargo, es fundamental tener en cuenta la escala correspondiente a la magnitud física o química que se está sensando, en cada caso.
- La velocidad de transmisión configurada para el módulo de comunicaciones serial del microcontrolador (SCI) hace imperceptible el tiempo transcurrido entre cada conversión análoga digital, teniendo en cuenta que éstas no se hacen de forma simultánea sino secuencial, de acuerdo con la estructura del código.
- El monitoreo local es de gran ayuda en la industria para hacer una revisión continua de la información, en el lugar donde se está ejecutando el proceso, permitiendo tener un sistema de respaldo en caso de no contar con conexión a internet para utilizar el monitoreo remoto, además el uso de pantallas LCD permite que el sistema local sea de gran escalabilidad, ya que son una solución económica, que mediante programación permite mostrar gran variedad de información de una forma eficaz y adecuada para los usuarios.
- La creación de una trama de datos y un sistema de detección de errores hace que el envío de información sea confiable y de baja vulnerabilidad a interferencias, garantizando, que por medio de los módulos 9XCite OEM de MaxStream, Inc. Configurados adecuadamente, se produzca una correcta transmisión de datos para la recepción y visualización de estos en forma remota.
- Dispositivos conversores de protocolo serial a TCP/IP como el ds100 permiten que exista compatibilidad entre equipos tradicionales, con interfaces seriales, y las nuevas tecnologías de redes, reduciendo drásticamente las limitaciones y costos del cableado convencional,

además, facilita el acceso remoto a la información ya que permite conexión directa a una red LAN e incluso a internet.

- LabVIEW™ es un revolucionario ambiente de desarrollo gráfico con funciones integradas para realizar adquisición de datos, y para la presentación adecuada de estos, permitiendo una presentación a usuarios en interfaces agradables y de fácil entendimiento.
- La creación de registro y almacenamiento de datos en diferentes formas como lo son las gráficas de comportamiento y tablas de datos permiten al usuario realizar un análisis estadístico y poder determinar posibles errores en la ejecución del proceso.

## 8. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta que el sistema tiene aplicación en entornos industriales, es importante mencionar el impacto que puede tener en la comunicación inalámbrica el ruido y la interferencia electromagnética propia de las plantas industriales. Esta interferencia puede ser causada por la operación de maquinaria, motores, conmutación de convertidores y soldadura industrial. Sin embargo, estas interferencias pueden minimizarse mediante el uso de frecuencias de comunicación mucho mayores a las frecuencias de las señales de ruido.

## BIBLIOGRAFIA

- BEASLEY, Jeffrey S. Modern Electronic Communication. Novena Edición, Pearson Prentice Hall, 2008.
- BEHROUZ A. FOROUZAN, Transmisión de Datos Y redes de Comunicaciones, 4 ed, Mc Graw Hill.
- BERNARD SKLAR, Digital Communications - Fundamentals and Applications, Prentice Hall, 1995.
- BRUCE CARLSON, Communication Systems- An Introduction to Signals and Noise in Electrical Communication, Mc. Graw Hill, 1993 5ª EDICIÓN.
- COMER, Douglas. Redes de computadoras, Internet e Interredes. Bogotá, México: Prentice Hall, 1997. 500p.
- HAYKIN, Simon. Communications Systems. Cuarta Edición. John Wiley & Sons: 2000.
- LÁZARO, Antonio Manuel. LabVIEW™ programación gráfica para el control de instrumentación. Madrid: Paraninfo, 1996. 403p.
- MISCHA SCHWARTZ, "Redes de comunicaciones: protocolos, modelado y análisis", Addison-Wesley Iberoamericana, 1994.
- MORCILLO RUIZ, Pedro y CORREA RUEDA, Julián, "Comunicaciones Industriales". Madrid, España. Editorial Paraninfo; Thompson. 2000. ISBN: 84-283-2706-8.
- MOTOROLA, Hoja técnica microcontrolador MC68HC908GP32.
- OGATA, K. "Discrete-Time Control Systems". 2nd ed. Pearson Education, 1995. ISBN: 0130342815.
- PROAKIS, J; MANOLAKIS, D. "Digital signal processing". New Jersey. Pearson. (1996). ISBN: 0-13-394289-9.

- RAZO, MUÑOS Carlos, "Como elaborar y asesorar una investigación de tesis". PEARSON.
- SMITH, S. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing. California Technical Publishing. 1999.
- SPASOV P. Microcontroller Technology: The 68HC11. MarcomboBoixareu Editores, 2000.
- STREMLER, Ferrel G. Introduction to Communication Systems. Tercera Edición. Prentice Hall: 1990.
- TOMASI, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Cuarta Edición. 2003. 935p.
- VESGA FERREIRA, Juan Carlos. Microcontroladores Motorola-Freescale: programación, familias y sus distintas aplicaciones en las industrias. Bogotá: Alfaomega Colombiana, 2007. 384p.
- WILLIAMS, Edmund A. Engineering Handbook. Décima Edición, National Association of Broadcasters, 2007.

## INFOGRAFIA

- <http://www.cgmltda.com/Monit%20Remot.pdf>
- <http://mexico.cat.com/cda/layout?m=195506&x=9>
- <http://digital.ni.com>
- <http://www.ni.com/LabVIEW™/esa/>
- <http://www.qsl.net/ea2ak/modulacion.htm>
- <http://www.acm.org/elementk>

# Sistema De Monitoreo Remoto Con Acceso Inalámbrico A Procesos Industriales

T. Mateus Guerra, C. Ernesto Pardo Beainy, M. Felipe Rodriguez Perez

**Resumen—** En este artículo se presenta un sistema innovador que permite realizar el monitoreo de procesos industriales, empezando por la adecuación de sensores y acondicionamiento de señal para luego hacer una etapa de adquisición de datos y realizar un procesamiento digital que permite visualizar en una pantalla LCD el estado de las variables, a su vez efectuar una comunicación serial y enviar datos inalámbricamente por medio de módulos RF, que comunican el proceso con una central de monitoreo; posteriormente el sistema involucra un dispositivo servidor serial, adaptando los datos al protocolo Ethernet permitiendo que el proceso pueda ser montado sobre cualquier red, y ser monitoreado desde cualquier parte del mundo vía internet por medio de una interfaz gráfica implementada en LabView. Este sistema es de gran aplicabilidad ya que permite la escalabilidad y adaptación a cualquier tipo de necesidad en diversos entornos como el industrial, agrícola, medioambiental, entre otros.

**Índices—** Inalámbrico, Monitoreo, Proceso Industrial, Servidor, Sensor.

## I. INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías en las telecomunicaciones, y las diferentes herramientas y aplicaciones existentes brindan posibilidades más eficientes para la obtención, procesamiento y transporte de la información en todo tipo de entornos que requieran acceso a esta de forma constante.

En el caso de la industria, el acceso a la información es indispensable para el monitoreo y control de los diferentes procesos y, por ende, para la optimización de los recursos, la calidad y la eficiencia. Por éstas razones es importante contar con un sistema de comunicaciones que, integrando herramientas de hardware y software, permita el acceso instantáneo y continuo a la información de la planta y su monitoreo de forma remota desde cualquier lugar del mundo.

La integración de diferentes protocolos de comunicaciones con sistemas de instrumentación y control, puede permitir soluciones innovadoras, que respondan a requerimientos específicos, de tal manera que se optimicen los recursos de acuerdo con las tendencias tecnológicas actuales

Este trabajo fue apoyado por la Facultad de Ingeniería Electrónica y el grupo de Investigación GITELCOM de la Universidad Santo Tomás Tunja, Boyacá, Colombia.

## II. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

El Sistema de Monitoreo Remoto con Acceso Inalámbrico a Procesos Industriales se desarrolla en seis etapas, tal como se observa en el diagrama de bloques de la Fig. 1.

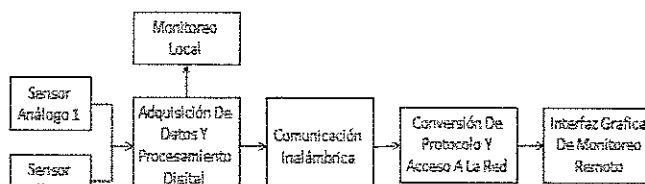


Fig. 1: Diagrama de Bloques.

Fuente: Los Autores.

### A. Sensado De Variables Análogas

Un sensor es un dispositivo capaz de medir magnitudes físicas o químicas, conocidas como variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, caudal, humedad, pH, etc.

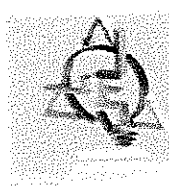
Es posible la adquisición simultánea de varias señales análogas provenientes de los sensores que se encuentren en el proceso, permitiendo la escalabilidad y adaptación a cualquier tipo de necesidad en diversos entornos como el industrial, agrícola, o medioambiental, entre otros. En este caso solamente se tendrán dos sensores cuyas señales deben ser previamente acondicionadas con el fin de que facilitar la adquisición y procesamiento.

### B. Adquisición De Datos Y Procesamiento Digital.

El número de señales análogas a sensar se encuentra limitado por el número de canales del conversor empleado, en este caso se empleara un microcontrolador de referencia MC68HC908GP32, que por medio del módulo de conversión Análogo Digital que posee internamente, y que programado en lenguaje assembler<sup>1</sup>, permite la adaptación de hasta ocho canales para realizar la adquisición de los datos y realizar una

<sup>1</sup> Assembler o ensamblador es un tipo de lenguaje a bajo nivel utilizado para escribir programas informáticos, este código es utilizado por microcontroladores para realizar su configuración.

# Anexo 1. Carta Aceptación INTERCON 2010



## "AÑO DE CONSOLIDACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL DEL PERÚ"

Sr. Manuel Felipe Rodríguez Peña  
Sr. Tatiana Del Pilar Masera Guerra  
Sr. Camilo Ernesto Pardo Benavé  
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS, TUNJA, BOYACA, COLOMBIA  
Facultad De Ingeniería Electrónica

Reciba usted un cordial saludo en nombre de la Universidad Nacional del Altiplano y la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la ciudad de Puno - Perú. El motivo de la presente es para tener el gusto honor de invitado a participar en calidad de ponente con su paper aprobado por los revisores: Internacionales, titulado "SISTEMA DE MONITOREO REMOTO CON ACCESO INALÁMBRICO A PROCESOS INDUSTRIALES" ponencia que se dará en el "XVII INTERNATIONAL CONGRESS OF ELECTRONIC, ELECTRICAL AND SYSTEMS ENGINEERING" (XVII INTERCON 2010) de nuestra SECCION PERU DEL IEEE. Evento a realizarse del 09 al 13 de Agosto en la ciudad de Puno.

Desde su primera versión, los Congresos INTERCON son organizados íntegramente por una Rama estudiantil IEEE que parcialmente concuerda con las demás ramas estudiantiles a nivel nacional para lograr la sede del evento. En su XVII versión INTERCON 2010, ha considerado desarrollar temas que vinculan el avance y retos tecnológicos en las áreas de:

- > Electrónica
- > Eléctrica
- > Computación y Sistemas
- > Biingeniería

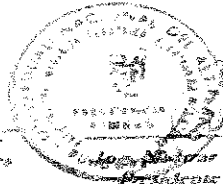
XVII INTERCON 2010, es un evento organizado por la rama estudiantil IEEE - UNAP y que promueve a los profesionales y estudiantes a profundizar las materias que han de ser tratadas por especialistas y expertos, quienes hacen un alto en sus viajes para exponer sus conocimientos a quienes quieren recogerlos, tratarlos y mejorarlos o para un intercambio positivo de experiencias.

De nuestra parte, confiamos que usted Aceptara nuestra invitación. Adhiriendo su atención al presente, hacemos propicia la ocasión para expresar los sentimientos de nuestra consideración y estima, seguros de contar con su apoyo y potencia que dará mayor realce a dicho evento, agradeciendo de ante mano su atención y aprecio a nuestra rama Estudiantil IEEE - UNAP.

Puno, Mayo del 2010



*Atalaya Niño, Tatiana Juliana*  
Rectora  
Universidad Nacional del Altiplano



*El Jefe, Alberto Flores, Valerita Vela*  
Presidente de la Comisión de  
Gobierno FIMDES



*Edg. Verónica Soto Tasso Quiroz*  
Presidente Organizadora  
del XVII INTERCON 2010

Informes: Salón de la Rama Estudiantil IEEE-UNAP Ing. Electrónica - Perú  
e-mail: [intercon2010@ieee.org](mailto:intercon2010@ieee.org)  
Tel: Puno: 051951521911 - Vico-Puno: 051951737123 - Reto: Pucallpa: 051951856180  
Página Web: [www.intercon2010.org](http://www.intercon2010.org)





## ACCEPTANCE LETTER

Dear

Tatiana del Pilar Mateus Guerra, Camilo Ernesto Pardo Beainy, Manuel Felipe Rodriguez Pérez

Your paper "*Remote Monitoring System With Wireless Access To Industrial Processes*" submitted to IEEE ANDESCON has been selected to be presented in the **IEEE Andean Conference, Exhibition and Industry Forum ANDESCON 2010**, which will be carried out from September 15 to 17 in Bogotá, Colombia.

All papers were peer reviewed by a committee of internationally recognized experts. Only those top ranked papers were selected for presentation in ANDESCON, criteria used for the selection was based on the quality of the paper, which includes aspects of original contribution, technical content and readability. If necessary, you have to make the suggested changes to your papers and send the final version using the Paper Submission System by **August 9th**.

In order to have your paper published in the conference proceedings and in IEEE Xplore you must register by **August 14th**. All papers accepted must have at least one author registered in the conference as full registration. Each registration is valid for up to two papers accepted. Paper must be presented at the conference. To register yourself, you should go to ANDESCON registration page: [http://www.ieee-andescon.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=83&Itemid=84](http://www.ieee-andescon.org/index.php?option=com_content&view=article&id=83&Itemid=84)

We take the opportunity to invite you to visit ANDESCON web page <http://www.ieee-andescon.org/> to check the technical program which includes invited speakers, tutorials, industry forum and workshop. ANDESCON keynote/invited speakers and tutorial presenters are well known and internationally recognized experts.

Thus, once again, congratulations for your great work and achievement.

Best regards,

A handwritten signature in black ink that reads "Fernando Guarín".

Fernando Guarín PhD  
General Chair,  
IEEE Andescon 2010  
IEEE Fellow  
Engineer-Scientist  
IBM Systems & Technology Services  
Hopewell Junction NY, USA

# Sistema De Monitoreo Remoto Con Acceso Inalámbrico A Procesos Industriales

T. Mateus Guerra, C. Ernesto Pardo Beainy, M. Felipe Rodriguez Perez

**Resumen**— En este artículo se presenta un sistema innovador que permite realizar el monitoreo de procesos industriales, empezando por la adecuación de sensores y acondicionamiento de señal para luego hacer una etapa de adquisición de datos y realizar un procesamiento digital que permite visualizar en una pantalla LCD el estado de las variables, a su vez efectuar una comunicación serial y enviar datos inalámbricamente por medio de módulos RF, que comunican el proceso con una central de monitoreo; posteriormente el sistema involucra un dispositivo servidor serial, adaptando los datos al protocolo Ethernet permitiendo que el proceso pueda ser montado sobre cualquier red, y ser monitoreado desde cualquier parte del mundo vía internet por medio de una interfaz gráfica implementada en LabView. Este sistema es de gran aplicabilidad ya que permite la escalabilidad y adaptación a cualquier tipo de necesidad en diversos entornos como el industrial, agrícola, medioambiental, entre otros.

**Índices**— Inalámbrico, Monitoreo, Proceso Industrial, Servidor, Sensor.

## I. INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías en las telecomunicaciones, y las diferentes herramientas y aplicaciones existentes brindan posibilidades más eficientes para la obtención, procesamiento y transporte de la información en todo tipo de entornos que requieran acceso a esta de forma constante.

En el caso de la industria, el acceso a la información es indispensable para el monitoreo y control de los diferentes procesos y, por ende, para la optimización de los recursos, la calidad y la eficiencia. Por éstas razones es importante contar con un sistema de comunicaciones que, integrando herramientas de hardware y software, permita el acceso instantáneo y continuo a la información de la planta y su monitoreo de forma remota desde cualquier lugar del mundo.

La integración de diferentes protocolos de comunicaciones con sistemas de instrumentación y control, puede permitir soluciones innovadoras, que respondan a requerimientos específicos, de tal manera que se optimicen los recursos de acuerdo con las tendencias tecnológicas actuales

Este trabajo fue apoyado por la Facultad de Ingeniería Electrónica y el grupo de Investigación GITELCOM de la Universidad Santo Tomás Tunja, Boyacá, Colombia.

## II. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

El Sistema de Monitoreo Remoto con Acceso Inalámbrico a Procesos Industriales se desarrolla en seis etapas, tal como se observa en el diagrama de bloques de la Fig. 1.

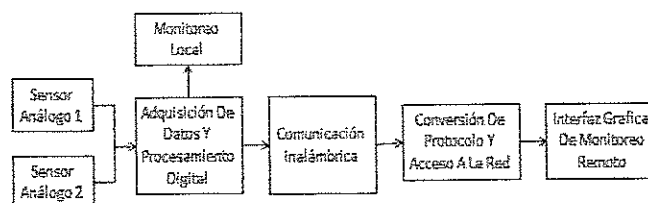


Fig. 1: Diagrama de Bloques.

Fuente: Los Autores.

### A. Sensado De Variables Análogas

Un sensor es un dispositivo capaz de medir magnitudes físicas o químicas, conocidas como variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, caudal, humedad, pH, etc.

Es posible la adquisición simultánea de varias señales análogas provenientes de los sensores que se encuentren en el proceso, permitiendo la escalabilidad y adaptación a cualquier tipo de necesidad en diversos entornos como el industrial, agrícola, o medioambiental, entre otros. En este caso solamente se tendrán dos sensores cuyas señales deben ser previamente acondicionadas con el fin de que facilitar la adquisición y procesamiento.

### B. Adquisición De Datos Y Procesamiento Digital.

El número de señales análogas a sensar se encuentra limitado por el número de canales del conversor empleado, en este caso se empleara un microcontrolador de referencia MC68HC908GP32, que por medio del módulo de conversión Análogo Digital que posee internamente, y que programado en lenguaje assembler<sup>1</sup>, permite la adaptación de hasta ocho canales para realizar la adquisición de los datos y realizar una

<sup>1</sup> Assembler o ensamblador es un tipo de lenguaje a bajo nivel utilizado para escribir programas informáticos, este código es utilizado por microcontroladores para realizar su configuración.



conversión del dato a digital para facilitar su procesamiento dentro del microcontrolador.

Una vez realizada la conversión y almacenados los datos en registros internos de propósito especial del microcontrolador, se configura el orden de los datos los cuales se emplearan para el monitoreo local y formar la trama que posteriormente será enviada.

C. Monitoreo Local

Debido a que en ocasiones el monitoreo se realiza de forma local, es necesario implementar un sistema de visualización, el cual permita tener un conocimiento del estado de las variables sensadas en el lugar donde se está ejecutando el proceso.

Para esta etapa del proyecto se implementa una pantalla de cristal líquido (LCD), como la mostrada en la Fig. 2, que permite visualizar cualquier carácter alfanumérico, permitiendo representar la información de una forma fácil y económica. Esta pantalla LCD es programada por medio del microcontrolador, mostrando el estado en tiempo real, permitiendo así que usuarios de cualquier tipo puedan verificar las condiciones de las variables sensadas y tener conocimiento de lo que está sucediendo actualmente en el proceso.



Fig. 2: Pantalla De Cristal Líquido, LCD.  
Fuente: Hoja técnica LCD Hitachi

Ya que en este caso estaremos monitoreando el estado de dos variables de instrumentación, se utilizara una pantalla de 4x40 (cuatro líneas de cuarenta caracteres), pero en caso de tener gran cantidad de sensores es posible expandir la visualización local con el uso de una pantalla de mayor extensión o con la creación de menús desplegables ayudado por controles, asociado a cada una de las variables a medir.

D. Comunicación Inalámbrica

Para realizar la etapa de comunicación inalámbrica es necesario hacer una organización de los datos dentro del microcontrolador para así obtener una trama compuesta por cinco campos, cada uno con longitud de 1 byte, como lo muestra la Fig. 3, donde: dato 1 y dato 2 hacen referencia a las señales obtenidas en la etapa de sensado.

CABECERA	DATO 1	DATO 2	DETECCION DE ERRORES	CABECERA
----------	--------	--------	----------------------	----------

Fig. 3: Trama De Comunicación.  
Fuente: Los Autores.

Para la obtención del dato correspondiente al campo de detección de errores de la trama, se emplea el método de sumas de comprobación, el cual consiste en sumar todos los datos de la trama y obtener su complemento a 1.<sup>2</sup>

Esta trama de datos será enviada de forma serial por medio del módulo SCI (Serial Communications Interface) del Microcontrolador, el cual se configura a la tasa de transmisión deseada, en este caso se define una rata de 57.600 baudios.

La comunicación serial consiste en el envío de bits de información de manera secuencial, es decir, un bit a la vez y a una velocidad establecida entre el emisor y el receptor. En un sistema de comunicación serial, el transmisor envía uno a uno los bits de cada dato, por lo que el receptor reorganiza el dato a partir del flujo de bits que está llegando.

Teniendo en cuenta que en algunos procesos puede dificultarse el acceso a las variables por sistemas cableados, se adiciona una comunicación inalámbrica al protocolo serial previamente establecido, empleando los módulos de radio frecuencia 9XCite OEM de MaxStream, Inc. Los cuales son una herramienta útil de fácil uso para trabajos inalámbricos de baja potencia que trabaja en la banda de frecuencia de 900MHz. En la Fig. 4, podemos observar la apariencia física de dichos módulos.

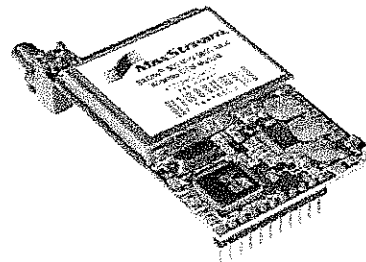


Fig. 4: 9XCite OEM RF module.  
Fuente: Hoja técnica 9XCite OEM de MaxStream.

Estos módulos cuentan con un software por medio del cual se configuran los parámetros con los cuales se desea que trabajen, como por ejemplo el tamaño de los datos a recibir, la tasa de trasmisión, bits de paridad entre otros. Además cuenta con un conector adaptable a diferentes tipos y tamaños de antenas permitiendo así conectar el terminal que más se acomode a las necesidades que el proceso requiera, dependiendo del entorno físico donde se desee implementar.

La comunicación inalámbrica está compuesta por dos etapas, transmisión y recepción, que junto con el medio de transmisión que en este caso es el espacio libre, forman los componentes básicos de cualquier sistema de comunicación necesarios para el intercambio de datos entre dos o más puntos.

a. Transmisión

<sup>2</sup> TOMASI, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Cuarta Edición. 2003. p. 535.



“XVII International Congress of Electronic, Electrical and Systems Engineering”

En la etapa de transmisión se encuentra la salida serial del microcontrolador conectada con la entrada del módulo RF, la conexión se presenta en la Fig. 5, donde se observa la correspondencia de los pines de cada uno de los dispositivos, datos de entrada, salida, y las respectivas polarizaciones.

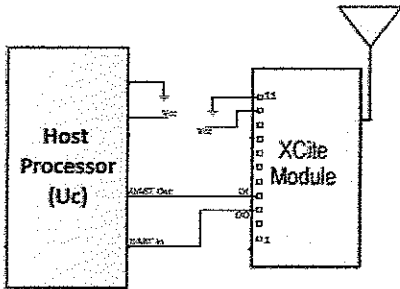


Fig. 5: Diagrama de Transmisión  
Fuente: Los Autores.

b. Recepción

En la etapa de recepción se encuentra el módulo inalámbrico conectado a la tarjeta de interfaz serial de MaxStream, la cual convierte los niveles TTL a los niveles del protocolo serial RS232 con un conector DB9, permitiendo su conexión con otro dispositivo que maneje el mismo estándar como por ejemplo un computador. En la Fig. 6, se muestra el diagrama de recepción conectado a un PC con protocolo serial RS232.

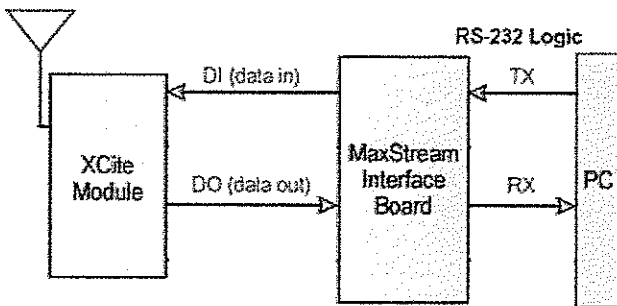


Fig. 6: Diagrama de Recepción  
Fuente: Los Autores.

Con la ayuda de la tarjeta de interfaz serial, se realizaron diversas pruebas con el fin de analizar el comportamiento de los módulos, sometidos a varias condiciones, donde se determinó un alcance de aproximadamente 100 metros con línea de vista, también se realizaron pruebas a diversas velocidades de transmisión, y como se veía afectada la potencia de los módulos con varios tipos de antenas. El sistema de comunicación inalámbrica completo se observa en la Fig. 7.

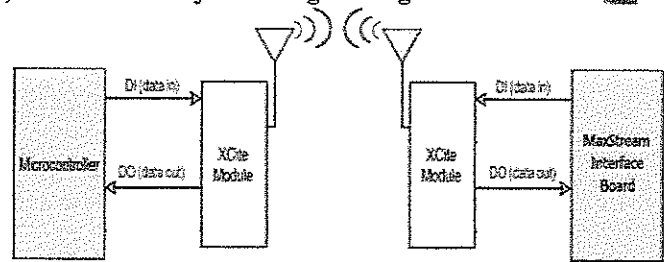


Fig. 7: Diagrama de conexión comunicación inalámbrica  
Fuente: Los Autores.

E. Conversión De Protocolo Y Acceso A La Red

Hace unos años la mayoría de equipos y dispositivos contaban con interfaces seriales (RS232, RS485 o RS422). Se empleaban cables dedicados para conectarlos a los PC de control. Aunque la configuración empleando cable serial es sencilla, implica altos costos de instalación y mantenimiento, limitaciones de distancia entre el dispositivo y el PC, y sólo el PC asignado puede ser usado para controlar el dispositivo.

El auge de las redes y el Internet hizo viable dejar los cableados seriales y conectar todo tipo de dispositivos directamente a la red LAN. Esto permite reducir drásticamente los costos de instalación usando el cableado de red existente, controlar los dispositivos desde cualquier PC de la red, eliminar las limitaciones de distancia impuestas por los cableados seriales dedicados.

La conversión de protocolo serial RS232 a Ethernet se hace mediante el módulo DS100 de Tibbo mostrado en la Fig. 8, que es un dispositivo Serial que permite conectar cualquier equipo con puerto Serial RS-232 o RS-485 hacia redes Ethernet 10BaseT.

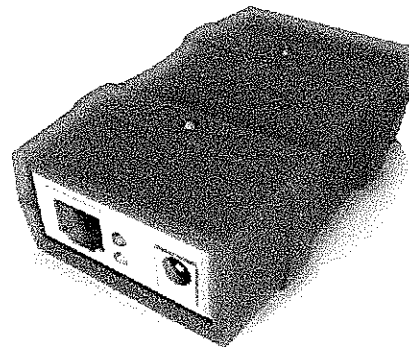


Fig. 8: Servidor Serial DS100 De Tibbo.  
Fuente: Hoja Técnica DS100 De Tibbo

Éste se configura con el software Tibbo Server Toolkit. Permite modos half dúplex y full dúplex, así mismo modos de red servidor, cliente y servidor/cliente, y, por supuesto la configuración de diferentes tasas de transmisión.

Dentro de las aplicaciones del dispositivo se encuentran:



“XVII International Congress of Electronic, Electrical and Systems Engineering”



- Captura de Datos & Equipos de Seguridad
- Medidores y Sensores Remotos
- Escáneres de Auto-ID
- Paneles Electrónicos de Mensajes
- Sistemas de Captura sin PCs
- Máquinas Expendedoras
- Instrumentos de Laboratorio
- Centrales Telefónicas (PBX)



Fig. 10: Trama Y Separación De Datos en LabView.  
Fuente: Los Autores.

F. Interfaz Gráfica De Monitoreo Remoto

Para implementar la interfaz gráfica se utiliza el software LabView de National Instruments, el cual maneja un entorno de programación gráfica para desarrollar sistemas sofisticados de medida, pruebas y control usando íconos gráficos e intuitivos y cables que parecen un diagrama de flujo. LabView ofrece una integración incomparable con miles de dispositivos de hardware y brinda gran variedad de bibliotecas integradas para análisis avanzado y visualización de datos.

Haciendo uso del módulo de lectura de datos podemos configurar los diferentes parámetros para adquirir la trama enviada al computador; una vez adquirida esta trama se realiza un procesamiento de estos datos, con el fin de separar la trama en los cinco bytes mencionados anteriormente, realizando el proceso de comparación byte a byte, seguido de una parametrización de los campos de datos. En la Fig. 9, se puede observar uno de los diagramas de bloques de la programación realizada.

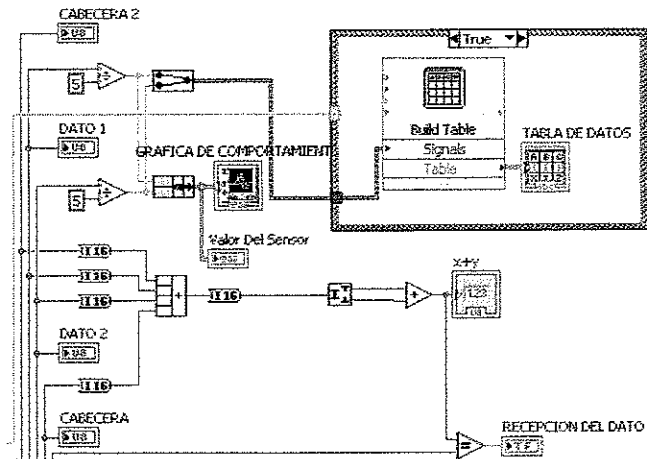


Fig. 9: Diagrama de Bloques De Programación En LabView.  
Fuente: Los Autores.

A cada uno de los parámetros que se desea visualizar, se le adiciona un indicador o visualizador que se ubica en un campo grafico donde el usuario final podrá ver el comportamiento de las variables industriales y los datos de interés; como por ejemplo en la Fig. 10, podemos observar el dato recibido por el computador (trama), en formato hexademical y la separación byte a byte con la correspondencia de los campos asignados.

Debido a que el usuario final necesita de variables que sean conocidas de acuerdo al tipo de sensor y con un rango de acción adecuado, se realiza un proceso de parametrización haciendo uso de las herramientas matemáticas que LabView proporciona, de tal forma que la lectura de los datos se realice de forma entendible para personas que no se encuentren directamente vinculadas al proceso que se esté monitoreando.

En la Fig. 11, podemos observar los datos de los sensores parametrizados y medidos en tiempo real, estos varían de acuerdo a los cambios de las variables indicando el valor en unidades adecuadas dependiendo del tipo de transductor por ejemplo para medidas de temperatura se puede utilizar unidades de Centígrados (°C), Fahrenheit (°F), o Kelvin (°K); y así las unidades correspondientes a cada variable.

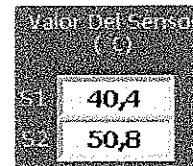


Fig. 11: Datos Parametrizados  
Fuente: Los Autores.

Debido a que es importante mantener un registro de los datos en la Fig. 12, podemos observar dos graficas de comportamiento, las cuales muestran la conducta y la variación que han tenido las variables sensadas a través del tiempo, mostrado en horas, minutos y segundos, y de esta forma permitir que los operadores tengan una información visual de los cambios del proceso para así poder ver los estados anteriores de la variable gráficamente.

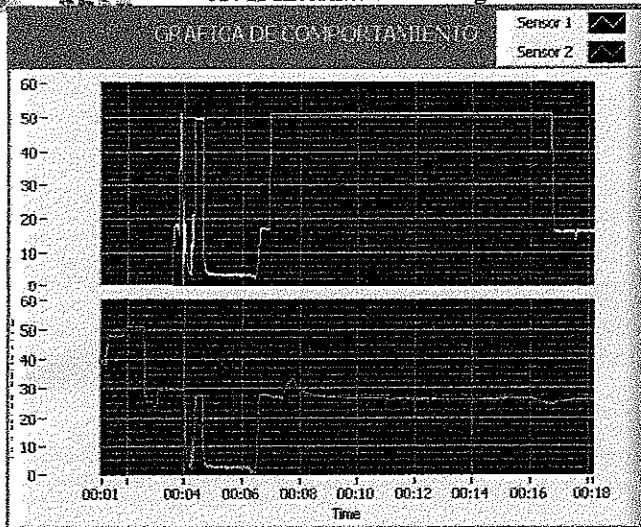


Fig. 12: Graficas De Comportamiento En El Tiempo.  
Fuente: Los Autores.

Debido a que es importante presentar un registro escrito de las variables se presenta una tabla de datos la cual es una disposición conjunta y ordenada de los datos almacenados por el sistema presentando información de forma detallada mostrando la fecha y la hora de la medida con un tiempo de almacenamiento predeterminado; esta tabla permitirá definir, medir, analizar y controlar por parte del operador el comportamiento de las variables medidas. En la Tabla 1, se pueden observar los datos almacenados por el sistema.

TABLA DE DATOS		
FECHA Y HORA	SENSOR 1	SENSOR 2
24/05/2010 15:41:55	51,0	26,2
24/05/2010 15:43:18	51,0	26,4
24/05/2010 15:43:23	51,0	26,4
24/05/2010 15:43:29	51,0	26,4
24/05/2010 15:43:34	51,0	26,0
24/05/2010 15:43:40	51,0	25,6
24/05/2010 15:43:45	51,0	25,4
24/05/2010 15:43:51	51,0	25,0
24/05/2010 15:43:56	51,0	25,0
24/05/2010 15:44:02	51,0	24,6
24/05/2010 15:44:07	22,6	24,6
24/05/2010 15:44:13	16,4	25,0
24/05/2010 15:44:18	16,4	25,2
24/05/2010 15:44:24	16,2	25,4
24/05/2010 15:44:29	16,4	25,4
24/05/2010 15:44:35	16,4	25,6
24/05/2010 15:44:40	16,2	25,6
24/05/2010 15:44:46	16,4	25,8
24/05/2010 15:45:02	16,2	26,0
24/05/2010 15:45:08	16,6	26,0
24/05/2010 15:45:13	16,6	26,0
24/05/2010 15:45:18	16,4	26,0

Tabla 1: Datos Almacenados Por El Sistema.  
Fuente: Los Autores.

En la Fig. 14, podemos observar la interfaz gráfica de monitoreo, donde se pueden apreciar tanto los valores de la trama y los datos, como el valor de las variables sensadas parametrizadas y el registro de su comportamiento en el tiempo tanto en forma de datos como gráficamente.

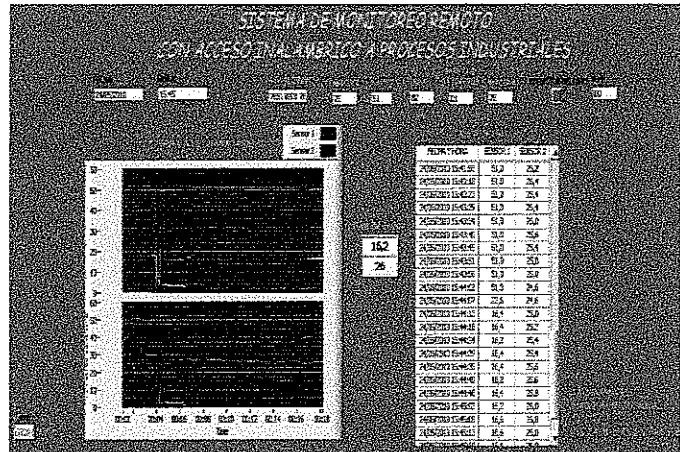


Fig. 14: Interfaz Gráfica De Monitoreo Remoto  
Fuente: Los Autores.

Con el Sistema De Monitoreo Remoto Con Acceso Inalámbrico A Procesos Industriales, se tendrá una herramienta orientada a grandes, pequeñas o medianas empresas en diversos entornos como el industrial, agrícola, medioambiental, entre otros, que busca supervisar el estado de variables de instrumentación que se encuentren en diversos procesos, permitiendo tener el control de dichas variables y reconocer estados críticos que puedan llegar a afectar el desarrollo normal del proceso.

Al poseer este sistema, las empresas podrán centralizar la información entre gran variedad de usuarios, para que estos se encarguen de hacer lectura y llevar un registro de las variaciones que afectan el proceso; de igual forma, teniendo la posibilidad de monitorear el proceso vía internet se busca que la persona encargada del proceso tenga la comodidad de realizar su trabajo desde cualquier parte del mundo, evitando así que el trabajador se exponga a factores de riesgo para su salud como cambios climáticos, condiciones atmosféricas, sustancias químicas, y demás.

### III. CONCLUSIONES

1. El sistema permite la adquisición de señales provenientes de diferentes tipos de sensores, sin embargo, es fundamental tener en cuenta la escala correspondiente a la magnitud física o química que se está sensando, en cada caso.
2. La velocidad de transmisión configurada para el módulo de comunicaciones seriales del microcontrolador (SCI) hace imperceptible el tiempo transcurrido entre cada conversión analógica digital, teniendo en cuenta que éstas



## “XVII International Congress of Electronic, Electrical and Systems Engineering”



no se hacen de forma simultánea sino secuencial, de acuerdo con la estructura del código.

3. El monitoreo local es de gran ayuda en la industria para hacer una revisión continua de la información, en el lugar donde se está ejecutando el proceso, permitiendo tener un sistema de respaldo en caso de no contar con conexión a internet para utilizar el monitoreo remoto, además el uso de pantallas LCD permite que el sistema local sea de gran escalabilidad, ya que son una solución económica, que mediante programación permite mostrar gran variedad de información de una forma eficaz y adecuada para los usuarios.
4. La creación de una trama de datos y un sistema de detección de errores hace que el envío de información sea confiable y de baja vulnerabilidad a interferencias, garantizando, que por medio de los módulos 9XCite OEM de MaxStream, Inc. Configurados adecuadamente, se produzca una correcta transmisión de datos para la recepción y visualización de estos en forma remota.
5. Dispositivos conversores de protocolo serial a TCP/IP como el ds100 permiten que exista compatibilidad entre equipos tradicionales, con interfaces seriales, y las nuevas tecnologías de redes, reduciendo drásticamente las limitaciones y costos del cableado convencional, además, facilita el acceso remoto a la información ya que permite conexión directa a una red LAN e incluso a internet.
6. LabView es un revolucionario ambiente de desarrollo gráfico con funciones integradas para realizar adquisición de datos, y para la presentación adecuada de estos, permitiendo una presentación a usuarios en interfaces agradables y de fácil entendimiento.
7. La creación de registro y almacenamiento de datos en diferentes formas como lo son las gráficas de comportamiento y tablas de datos permiten al usuario realizar un análisis estadístico y poder determinar posibles errores en la ejecución del proceso.

### IV. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen las contribuciones de los Ingenieros Luis Fredy Sosa Quintero, Fabián Rolando Jiménez por su apoyo en la revisión del documento. Así mismo a la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomás seccional Tunja, en cabeza de su decano José Ricardo Casallas, por su respaldo y formación académica.

### V. REFERENCIAS

- [1] VESGA FERREIRA, Juan Carlos. Microcontroladores Motorola-Freescale: programación, familias y sus distintas aplicaciones en las industrias. Bogotá: Alfaomega Colombiana, 2007. 384p.

- [2] COMER, Douglas. Redes de computadoras, Internet e Intranets. Bogotá, México: Prentice Hall, 1997. 500p.
- [3] LÁZARO, Antonio Manuel. LabView programación gráfica para el control de instrumentación. Madrid: Paraninfo, 1996. 403p.
- [4] MOTOROLA, Hoja técnica microcontrolador MC68HC908GP32.
- [5] HAYKIN, Simon. Communications Systems. Cuarta Edición. John Wiley & Sons: 2000.
- [6] STREMLER, Ferrel G. Introduction to Communication Systems. Tercera Edición. Prentice Hall: 1990.
- [7] TOMASI, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Cuarta Edición. 2003. 935p.
- [8] <http://www.cgmltda.com/Monit%20Remot.pdf>
- [9] <http://mexico.cat.com/cda/layout?m=195506&x=9>

### VI. BIOGRAFÍAS

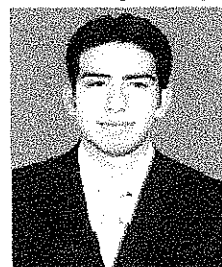
**Tatiana Del Pilar Mateus Guerra**, Nacida en Tunja, Boyacá, Colombia, el 5 de Septiembre de 1989. Estudiante de Ingeniería Electrónica y de Administración de Empresas, Aspirante a Especialista en Redes de Telecomunicaciones. Con Capacidad de trabajo en las área de control, instrumentación y telecomunicaciones. Habilidad para trabajar en equipo y aportar soluciones a diferentes problemáticas en los campos de acción ya mencionados. Visión empresarial basada en principios socio humanísticos y de apoyo al medio ambiente. (tatiana.mateus@hotmail.com)



**Camilo Ernesto Pardo Beainy**, Nacido en Bogotá, Colombia, el 22 de diciembre de 1982. Ingeniero Electrónico – Universidad Santo Tomás – Especialista en Instrumentación Electrónica – Universidad Santo Tomás. Con participación en Proyectos y Licitaciones del sector energético, de Ingeniería y Construcción Industrial – Abengoa, Madrid, España. Docente Universitario en las áreas de Comunicaciones, Técnicas Digitales, Teoría de Circuitos, y Tratamiento Digital de Señales - Facultad de Ingeniería Electrónica, USTA - Tunja. Con énfasis en sistemas SCADA, Telecomunicaciones, Tratamiento de Señales, DSPs y PDS, Redes Inalámbricas, Redes de Convergencia, Sistemas de Control, Automatización e Instrumentación de Procesos. (camilo\_e\_p@hotmail.com)



**Manuel Felipe Rodríguez Perez**, Nacido en Soata, Boyacá, Colombia, el 29 de Noviembre de 1988. Estudiante de ingeniería electrónica, candidato a especialista en redes de telecomunicaciones con énfasis en sistemas de telecomunicación y amplio manejo de la tecnología, con capacidades y habilidades para dar soluciones tecnológicas a la sociedad en campos como la instrumentación, control y telecomunicaciones; excelentes relaciones interpersonales y habilidad para trabajar en equipo o individualmente. Con amplia formación ética y humana, alto nivel de compromiso, responsabilidad y cumplimiento de las labores asignadas. (manuelfelipe.rodriguez@hotmail.com)



# Remote Monitoring System With Wireless Access To Industrial Processes

Tatiana Del Pilar Mateus Guerra  
 Universidad Santo Tomas  
 Tunja, Boyacá, Colombia  
 tatiana.mateus@hotmail.com

Camilo Ernesto Pardo Beainy  
 Universidad Santo Tomas  
 Tunja, Boyacá, Colombia  
 camilo\_e\_p@hotmail.com

Manuel Felipe rodriguez Perez  
 Universidad Santo Tomas  
 Tunja, Boyacá, Colombia  
 manuefelize.rodriguez@hotmail.com

**Abstract**— Trough history, the mankind has had the need to communicate between them along great distances, with the objective of to share variety of information. The industry has required this communication too, and, for this reason, since many years ago have been developed different protocol to be used in control and monitoring industrial processes. However, in almost all industrial companies the use of wired o of this communication, what can be a limiting.

For this reason in this document we will show an innovative system that uses a wireless communication between the industrial processes with the different sensors and the central of monitoring. Also, this system involves a serial server device, which allows monitoring the process for anywhere, via internet through a graphical interface.

**Keywords**- *Industrial; Processes; Monitoring; Sensor; Serve; Wireless.*

## I. INTRODUCTION

The new technologies in telecommunications and the different tools and applications provide more effective and efficient opportunities for processing, and transport of information in all environments that require access to it constantly.

In the case of industry, access to information is essential for monitoring and control of different processes and for the optimization of resources, quality and efficiency. For these reasons it is important to have a communications system, that, integrating hardware and software tools, enable instant and continuous access to plant information and remote monitoring from anywhere in the world.

The integration of different communication protocols with instrumentation and control systems may be an innovative solution that asks to specific requirements, so as to optimize resources in accordance with current technology trends.

## II. DESING AND IMPLEMENTATION

The Remote monitoring system with wireless access industrial processes takes place in six stages, as shown in the block diagram in Fig. 1.

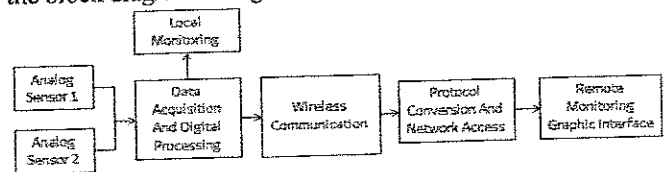


Figure 1. Block Diagram.

Source: The Authors.

### A. Analog Variables Sensing

A sensor is a device capable of measuring physical or chemical quantities, known as instrumentation variables and transforms them into electrical variables. Instrumentation variables can be for example: temperature, light intensity, distance, acceleration, inclination, displacement, pressure, force, torque, flow, humidity, pH, etc.

Is possible the simultaneous acquisition of several analog signals from sensors that are in the process, enabling scalability and adaptability to any type of need in various environments such as industrial, agricultural, or environmental, among others. In this case only have two sensors whose signals must first be conditioned in order to facilitate the acquisition and processing.

### B. Data Acquisition and Digital Processing

The number of analog signals to sensing is limited by the number of channels of the converter used, in this case is employed a microcontroller reference MC68HC908GP32, that through the digital analog conversion module that has internally, and programmed in assembly language<sup>1</sup>, allows the adaptation of eight channels for the acquisition of data and perform a conversion of digital data to facilitate processing within the microcontroller.

<sup>1</sup> Assembly is a type of low-level language used for writing software, this code is used by microcontrollers to perform its configuration

## ANEXO 4. ARTICULO ANDESCON

Once the conversion is done and the data are stored in special purpose internal registers of the microcontroller, is configured the order of the data which will be used for local monitoring and shaping the frame that subsequently will be sent.

### C. Local Monitoring

When monitoring is done locally, is necessary to implement a display system, which allows to have knowledge of the state of the sensed variables in the place where the process is running.

For this stage of the project is implemented by a liquid crystal display (LCD), as shown in Fig. 2, which visualize all alphanumeric characters, allowing to represent information in an easy and economical way. This LCD screen is programmed by the microcontroller, showing real-time status, allowing users to verify any of the conditions sensed variables and be aware of what is happening now in the process.

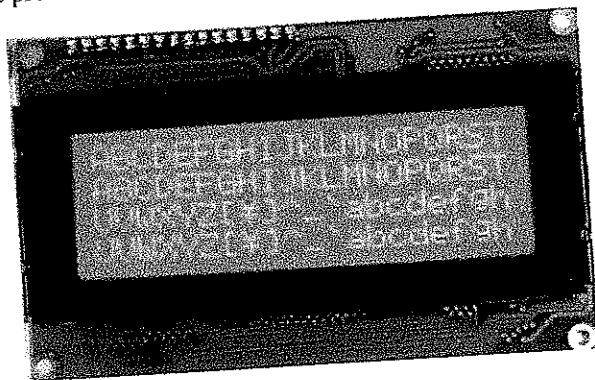


Figure 2: LCD Screen.  
Source: Hitachi LCD Datasheet

In this case we will monitor the status of two instrumentation variables, then was necessary to use a 4x40 screen (four lines of forty characters), but in case of having a large number of sensors is possible to expand the local display using a screen more extending or creating controls aided by pull-down menus associated with each of the variables measured.

### D. Wireless Communication

In wireless communication stage it is necessary to organize the data within the microcontroller in order to obtain a frame of five fields, each with a length of 1 byte, as shown in fig. 3, where: Data 1 and Data 2 refer to the signals obtained in sensing step.

HEADER	DATA 1	DATA 2	ERROR DETECTION	TRAILER
--------	--------	--------	-----------------	---------

Figure 3. Communication Frame.  
Source: The Authors.

To obtain the data for the error detection field of the frame, is used the checksum method, which consists of adding all data of the frame and get the complement to one.<sup>2</sup>

This data frame is sent serially through SCI module (serial communications interface) of the microcontroller, which is set to the desired transmission rate, in this case is defined a rate of 57.600 baud.

Serial communication involves sending bits of information in a sequential manner, one bit at a time and a set speed between the transmitter and receiver. A serial communication system, the transmitter sends one by one for each data bit, so that the receiver rearranges the data from the bit stream that is coming.

Taking into account that some processes may be difficult to access variables wired systems, wireless communication is added to the serial protocol previously established, using radio frequency modules OEM 9Xcite MaxStream, Inc. Which are a useful tool for low-power wireless communications that on the 900MHz frequency band. In Fig. 4, is shown the physical appearance of these modules.

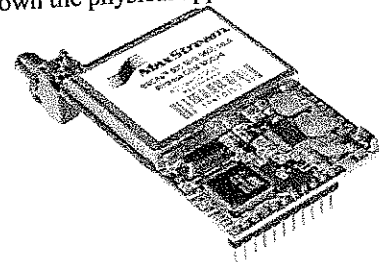


Figure 4: 9Xcite OEM RF module.  
Source: 9XCite OEM MaxStream Datasheet.

These modules provide a software which permit configure the specific parameters to work, such as the size of the data received, the transmission rate, parity bits among others. It also has a connector adaptable to different types and sizes of antennas allowing to connect the terminal that best suits the needs of the process required, depending on the tax environment where there will be implemented.

The wireless communication is made of two stages, transmission and reception, together with the means of transmission, in this case is the free space, form the building blocks of any communication system for exchange of data between two or more points.

#### a. Transmission

At the stage of transmission is the serial output of the microcontroller connected to the RF module's input, the connection is shown in fig. 5, which shows the

<sup>2</sup> TOMASI, Wayne. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Cuarta Edición. 2003. p. 535.

## ANEXO 4. ARTICULO ANDESCON

correspondence of the pins of each device, data input, output, and the respective polarizations.

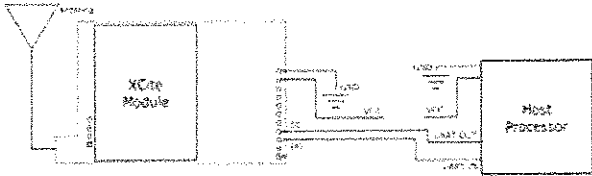


Figure 5. Transmission Diagram  
Source: The Authors.

### b. Reception.

At the stage of reception the wireless module is connected to the serial interface card MaxStream, which converts TTL levels to the levels of rs232 serial protocol with a DB9 connector, allowing connection to another device that handles the same standard as for example a computer. In Fig. 6 shows a diagram of reception connected to a PC with RS232 serial protocol.

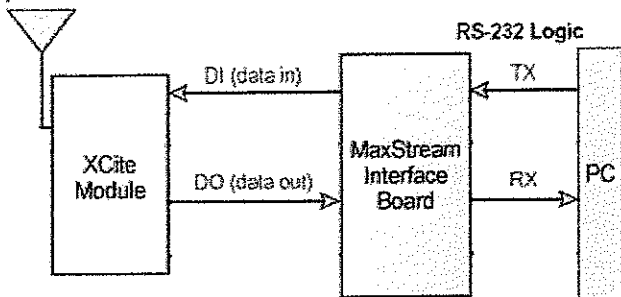


Figure 6. Reception Diagram.  
Source: The Authors.

With the help of the serial interface card, various tests were done to analyze the behavior of modules, subject to various conditions, which determined a range of mind about 100 meters line of sight, also were tested different speeds of transmission, and how it affected the power of the modules with various types of antennas. The entire wireless communication system shown in fig. 7.

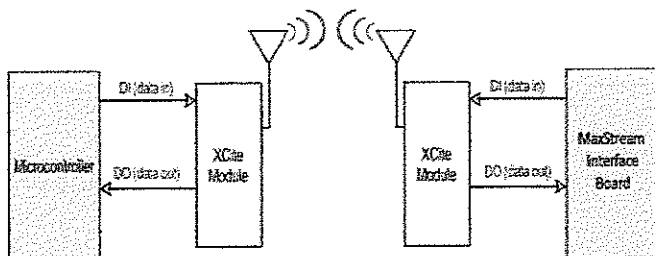


Figure 7. Connections wireless communication  
Source: The Authors.

Taking into account that the system has application in industrial environments, it is important to mention the impact they can have noise and electromagnetic interference own industrial plants in wireless communication. This

interference can be caused by the operation of machinery, engines, switching converters and industrial welding. However, these interferences can be minimized by using frequency of communication over frequency noise signals.

### E. Protocol Conversion and Network Access

A few years ago most computers and devices had serial interfaces (RS232, RS485 or RS422). Dedicated cables were used to connect to the PC of control. Although the configuration using serial cable is simple, involves high installation and maintenance costs, limitations of distance between the device and the computer, and only the assigned pc can be used to control the device.

The rise of networks and the Internet became viable to leave the serial cable and all kinds of devices connect directly to the LAN. This reduces considerably installation costs by using existing network wiring, control devices from any PC on the network, eliminating the distance limitations imposed by the dedicated serial cables.

Protocol conversion to serial rs232 ethernet module is done by the Tibbo DS100 shown in Fig. 8, which is a serial device that connects any computer with serial port RS-232 or RS-485 to Ethernet 10BaseT networks.

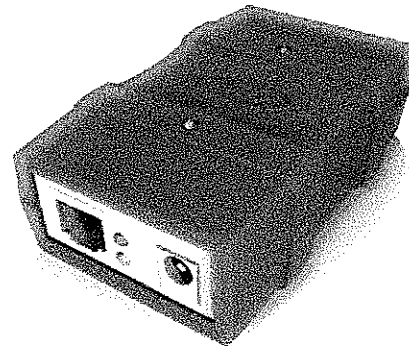


Figure 8. Tibbo DS100 Module.  
Source: Tibbo DS100 Module Datasheet

It is configured with server software toolkit Tibbo. mode allows full duplex and half duplex modes and the same network server, client and server/client, and of course the configuration of different transmission rates.

The device applications include:

- Data Capture & safety equipment
- Meters and remote sensing
- Auto-ID scanners
- Electronic message boards
- PCs trapping systems
- Vending machines
- Laboratory instruments

## ANEXO 4. ARTICULO ANDESCON

- Telephone exchanges (PBX)

### F. Remote Monitoring Graphic Interface

To implement the graphical interface using the National Instruments software LabView, which manages a graphical programming environment for developing sophisticated systems of measuring, testing and control using graphical icons and intuitive and cables that look like a flowchart. Labview offers unparalleled integration with thousands of hardware devices and offers a variety of integrated libraries for advanced analysis and data visualization.

Making use of the data reading module is possible to set different parameters for acquiring the frame sent to the computer, once acquired this plot processing is performed on these data, in order to separate the frame in the five bytes mentioned above, performing the process of comparing byte by byte, followed by a parameterization of the data fields. In Fig. 9, one can observe a block diagram of the programming made.

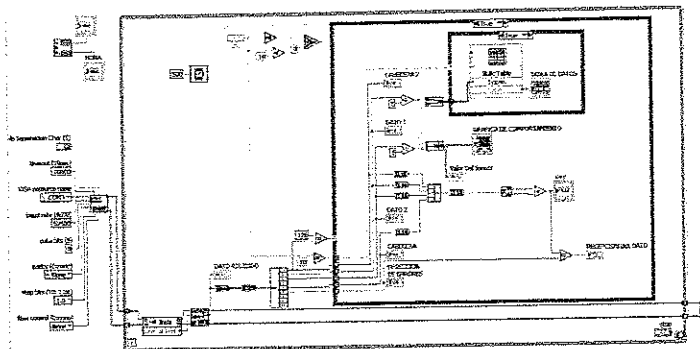


Figure 9. LabView Block Diagram.  
Source: The Authors.

Each of the parameters to be displayed, is added an indicator or display that is located in a graphic field where the end user may see the behavior of industrial and data variables of interest, such as in Fig. 10, we can observe the data received by the computer (frame), in hexadecimal and byte by byte separation with matching fields assigned.

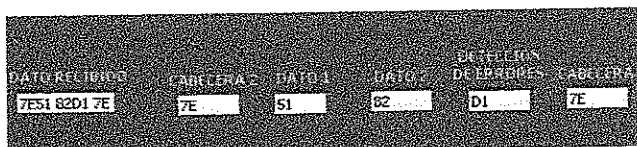


Figure 10. Frame and data separation in LabView  
Source: The Authors.

Because the end-user needs known variables according to type of sensor with an appropriate range of action, Is made a parameterization process using mathematical tools provided by LabView, so that reading the data can be understandable for people who are not directly linked to the process that is being monitored.

In Fig. 11, at the top are the data of the two sensors parameterized and measured in real time, these figures vary according to the sensed values and indicate the current time value, in the bottom we can observe two behavior graphs, which show the behavior and changes that have sensed variables over time, shown in hours, minutes and seconds, and thus see the state of the variable.

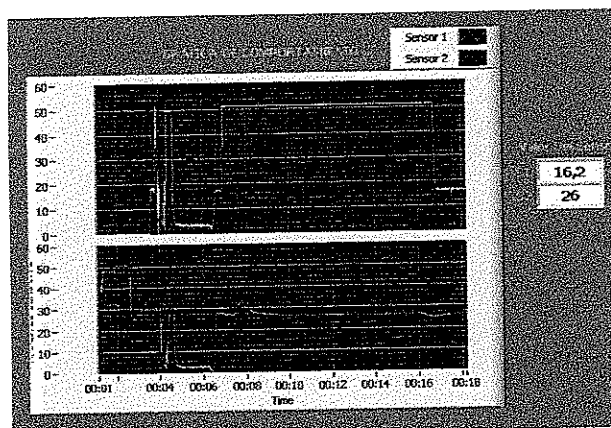


Figure 11. Parameterized data and graphs of behavior over time.  
Source: The Authors.

In Fig. 12, you can observe the monitoring GUI, where you can see both the values of the plot and the data, as the value of the sensed variables parameterized and its behavior over time and table where registered, with the respective date and time, the values obtained for each of the sensors.

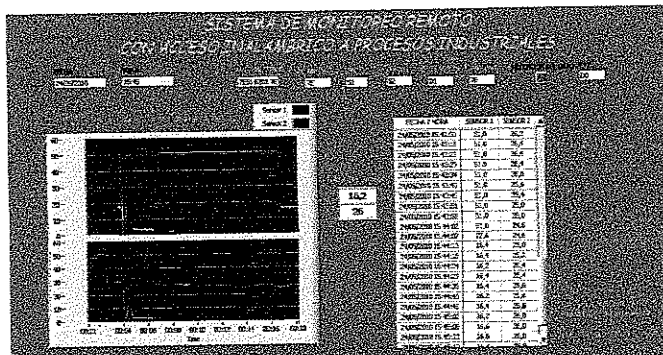


Figure 12. Remote Monitoring Graphic Interface.  
Source: The Authors.

### III. CONCLUSIONS

1. The system allows acquisition of signals from different types of sensors, however, is essential to take into account the scale corresponding to the physical or chemical magnitude is feeling in them, in each case.
2. The baud rate set for serial communications module microcontroller (SCI) makes imperceptible the time between each conversion digital analog, given that

## ANEXO 4. ARTICULO ANDESCON

they are not simultaneously but sequentially, according to the code structure.

3. Local monitoring is helpful in the industry to make a continuous review of information on the site is running the process, allowing to have a backup system in case of not having internet connection to use remote monitoring, also, use LCD screens allow that the local system has high scalability, it is an economical solution that programmatically allows you to display a variety of information in an effective and relevant for users.
4. The creation of a data frame and an error detection system makes the delivery of information is reliable and low susceptibility to interference, ensuring that through 9Xcite OEM modules MaxStream, inc. configured properly, there is a correct data transmission for the reception and display these remotely.
5. Serial protocol converter devices to TCP / IP as the DS100 allows that exists compatibility between traditional equipment with serial interfaces, and new network technologies, reducing considerably the limitations and costs of conventional wiring also provides remote access to information since it allows direct connection to a LAN or even internet.
6. LabView is a revolutionary graphical development environment with integrated functions for data acquisition, and for the fair presentation of these, allowing a user interface presentation nice and easy to understand.

### ACKNOWLEDGMENT

The authors gratefully acknowledge the contributions of engineers Luis Fredy Sosa Quintero and Fabian Rolando Jimenez for his support in revising the document. As well to the Electronic Engineering Faculty of the University of Saint Thomas, headed by its dean José Ricardo Casallas, for their support and education.

### REFERENCES

- [1] VESGA FERREIRA, Juan Carlos. Motorola-Freescale microcontroller programming, families and their different applications in industry. Bogota: Colombian Alfaomega, 2007. 384p.
- [2] COMER, Douglas. Computer Networks, Internet And Internetwork. Bogota, Mexico: Prentice Hall, 1997. 500p.
- [3] LÁZARO, Antonio Manuel. LabVIEW Graphical programming for instrumentation control. madrid auditorium, 1996. 403p.
- [4] JINGWEI, Zhou and others. Application of Industry Ethernet and Configuration Software in Heating Network Monitoring System. Computer Science and Information Engineering. Los Angeles. 2009.
- [5] LIU, Wensheng. The Development of Web Service-Based Remote Control and Monitoring System. Computational Intelligence and Software Engineering, Wuhan. 2009
- [6] MOTOROLA, Datasheet MC68HC908GP32.
- [7] HAYKIN, Simon. Communications Systems. Fourth Edition. John Wiley & Sons: 2000.
- [8] STREMLER, Ferrel G. Introduction to Communication Systems. Third Edition. Prentice Hall: 1990.
- [9] TOMASI, Wayne. Electronic Communications Systems. Fourth Edition. 2003. 935p.