



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN
PROTOTIPO DE SISTEMA DE SUPERVISIÓN
PARA ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN**

Br. Richard Leandro Sánchez Espinoza

Mérida, Enero, 2010

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN
PROTOTIPO DE SISTEMA DE SUPERVISIÓN
PARA ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero
Electricista

Br. Richard Leandro Sánchez Espinoza
Tutor: Prof. Francisco J. Vilorio
Asesor: Ing. Ruber Reyes

Mérida, Enero, 2010

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE
SUPERVISIÓN PARA ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN**

Br. Richard Leandro Sánchez Espinoza

Trabajo de Grado, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos exigidos para optar al título de Ingeniero Electricista, aprobado en nombre de la Universidad de Los Andes por el siguiente Jurado.

Prof. Nelson A. Pérez

C.I. 9.475.328

Prof. José R. Uzcategui

C.I. 13.803.000

Prof. Francisco J. Viloría

C.I. 9.164.539

DEDICATORIA

A mi familia

Sánchez E. Richard L., **Diseño y Construcción de un Prototipo de Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión**, Universidad de Los Andes. Tutor: Prof. Francisco Vilorio. Enero, 2010.

RESUMEN

En general, los sistemas, incluyendo los de telecomunicaciones, presentan fallas cuyo tiempo de corrección puede llegar a ser excesivo si para dicha corrección es necesaria la supervisión *in situ* de los equipos y accesorios. En este trabajo se realiza el diseño y construcción de un sistema prototipo para supervisar estaciones de radiodifusión. La supervisión se realiza con el uso de un dispositivo electrónico, denominado Equipo Remoto, encargado de monitorear variables internas de un transmisor de radio FM, voltaje en la acometida de la estación, temperatura y situación de la puerta en la caseta de la estación. En caso de existir alguna alarma se realiza el envío del reporte a una Central de Gestión, donde el personal de mantenimiento de las estaciones puede observar las fallas y tomar las decisiones necesarias para lograr su solución. La forma de envío de reportes desde el Equipo Remoto hasta la Central de Gestión se realiza, por medio de módem inalámbricos GSM ó CDMA. En la Central de Gestión existe otro módem al cual se dirigen los reportes. Luego que se reciben los reportes, estos son mostrados al personal de mantenimiento en una interfaz con acceso Web de manera tal que también sea posible acceder a los reportes desde cualquier lugar con servicio de Internet.

Descriptor: Telemetría, Telegestión, GSM, CDMA, Sistema de Supervisión, Estaciones radiodifusión.

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN.....	1

Capítulo	pp.
1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE SUPERVISIÓN PARA ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN.....	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.3 OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6
1.3.1 General.....	6
1.3.2 Específicos.....	6
1.4 ALCANCE	7
2 CONCEPTOS GENERALES.....	8
2.1 TELEMETRÍA	8
2.2 TELEGESTIÓN	8
2.2.1 Objetivos de los Sistemas de Telegestión	9
2.2.2 Arquitectura de los Sistemas de Telegestión.....	9
2.2.3 Requerimientos de los Sistemas de Telegestión.....	10
2.2.4 Beneficios de los Sistemas de Telegestión.....	11
2.3 OPCIONES DE TECNOLOGIAS PARA TRANSMISIÓN DE DATOS EN SISTEMAS DE TELEGESTIÓN.....	11
2.3.2 Satélite	12
2.3.3 Red Telefónica Cableada.....	13
2.3.4 Telefonía Móvil	14
2.4 TECNOLOGÍA CDMA	16
2.5 TECNOLOGÍA GSM.....	16
2.5.1 Servicio General de Paquetes vía Radio GPRS.....	16
2.6 SERVICIO DE MENSAJES CORTOS SMS	17
2.7 TRANSMISOR RADIO FM OMB.....	18

2.7.1	Elementos de Supervisión y Comando del Panel Frontal.....	19
2.7.2	Conectores y Controles del Panel Posterior	21
2.8	MICROCONTROLADOR.....	23
2.9	MÓDEM GSM WAVECOM FASTRACK M1306B	24
2.9.1	Descripción General	24
2.9.2	Funcionamiento y Características.....	25
2.9.3	Conectores	26
2.10	MÓDEM CDMA ANYDATA EMII800	27
2.11	COMANDOS AT HAYES.....	28
3	SOLUCIÓN A UTILIZAR	31
3.1	COMPARACIÓN DE OPCIONES DE TELEMETRÍA	31
3.2	SISTEMA DIGITAL DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	32
4	EQUIPO REMOTO	35
4.1	ASPECTOS GENERALES.....	35
4.1.1	Variables Medidas	35
4.1.2	Ubicación del Módem Inalámbrico	37
4.1.3	Diseño Externo	37
4.1.4	Autonomía	38
4.1.5	Flujo de la Información dentro del Equipo Remoto	39
4.2	DIAGRAMAS DE BLOQUES	40
4.3	SENSORES A UTILIZAR EN EL EQUIPO REMOTO	41
4.3.1	Sensor de Temperatura	42
4.3.2	Sensor de Voltaje.....	43
4.3.3	Sensor Puerta Abierta/Cerrada	51
4.4	TARJETA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	53
4.4.1	Descripción General	53
4.4.2	Configuración	54
4.4.3	Diseño Esquemático	58
4.4.4	Descripción de Conectores	60
4.5	PANEL FRONTAL.....	63
4.5.1	Diseño del teclado	63
4.5.2	Menú.....	65
4.6	PANEL POSTERIOR	67

4.6.1	Conectores	67
4.6.2	Correspondencia Entre Conectores de la TPI y del Panel Trasero.....	68
4.7	CARCASA DEL EQUIPO REMOTO.....	69
4.8	DISEÑO DEL PROGRAMA.....	69
4.8.1	Algoritmo de Funcionamiento del Equipo Remoto.....	70
4.8.2	Formato de Envío Con Módem GSM	72
4.8.3	Formato de Envío con Módem CDMA	75
5	EQUIPO CENTRAL	77
5.1	ASPECTOS GENERALES.....	77
5.1.1	Equipo Central.....	77
5.1.2	Central de Gestión	77
5.2	INTERFAZ DE USUARIO.....	78
5.2.1	Lenguaje de Programación	78
5.2.2	Librería PHP para Puerto Serial	79
5.2.3	Descripción del Diseño.....	79
6	PRUEBAS.....	83
6.1	Pruebas	83
6.1.1	Sobre los Módem GSM y CDMA	83
6.1.2	Sobre el Equipo Remoto.....	83
6.1.3	Sobre el Sistema Completo	85
	CONCLUSIONES.....	88
	RECOMENDACIONES	90
	REFERENCIAS	92
	APÉNDICES	95

LISTA DE FIGURAS

Figura	pp.
2.1 Telemetría por radio VHF-UHF.....	12
2.2 Telemetría vía Satélite.....	13
2.3 Telemetría vía Red Telefónica Cableada.....	14
2.4 Telemetría vía Telefonía Móvil.....	15
2.5 Arquitectura Opciones de Telemetría.....	15
2.6 Transmisor FM modelo EM-250.....	19
2.7 Panel Frontal Transmisor EM-250.....	20
2.8 Panel Posterior Transmisor EM-250.....	22
2.9 Módem GSM WAVECOM Fastrack M1306B.....	25
2.10 Módem CDMA ANYDATA EMII800.....	27
2.11 Comunicación MÓDEM_PC.....	29
3.1 Solución a utilizar.....	33
3.2 Arquitectura Solución a Utilizar.....	34
4.1 Disposición Física del Equipo Remoto.....	37
4.2 Flujo de la Información Dentro del Equipo Remoto.....	39
4.3 Diagrama de Bloques del Equipo Remoto.....	40
4.4 Flujo de Energía Dentro del Equipo Remoto.....	41
4.5 Sensor de Temperatura.....	42
4.6 Diagrama de Bloques de Sensor de Voltaje por Comparador de Ventana.....	44
4.7 Sensor de Voltaje Basado en Amplificador Óptico.....	45
4.8 Amplificador Óptico con Optotransistor.....	45
4.9 Diagrama de Bloques Sensor de Voltaje Basado en Transformadores.....	46
4.10 Rectificador y Atenuador del Sensor de Voltaje.....	46
4.11 Filtro RC de Segundo Orden.....	47
4.12 Diseño Esquemático Sensor Voltaje.....	50
4.13 Circuito Impreso Sensor Voltaje.....	51
4.14 Sensor de Voltaje Implementado.....	51
4.15 Funcionamiento del Reed Switch.....	51

4.16	Diseño Esquemático Circuito Sensor Puerta Abierta/Cerrada	52
4.17	Reed Switch Utilizado	53
4.18	Sensor de Puerta Abierta/Cerrada Instalado	53
4.19	Implementación de Canales Digitales del ER	55
4.20	Circuito de Protección Entradas Analógicas del Microcontrolador	56
4.21	Conexión del teclado al PIC	58
4.22	Diseño Esquemático de la TPI Utilizado Para el Circuito Impreso	59
4.23	Diseño del Circuito Impreso simulado en ARES	60
4.24	TPI Construida.....	60
4.25	Interacción teclado-pantalla.....	64
4.26	Disposición del Teclado	64
4.28	Pantalla normal	65
4.27	Panel Frontal del Equipo Remoto.....	65
4.29	Primer Nivel de menú.....	66
4.30	Pantalla Variables Medidas	66
4.31	Pantalla Indicando Potencia del Transmisor FM.....	66
4.32	Descripción Panel Posterior.....	67
4.33	Equipo Remoto Terminado	69
4.34	Diagrama de Flujo Programa Principal	71
4.35	Visualización de los Mensajes enviados	74
4.36	Separación en Campos de la Trama Generada.	75
5.1	Composición Equipo Central.....	78
5.2	Pantalla correspondiente al Nivel Nacional	80
5.3	Pantalla Corespondiente a la Región Andina	81
5.4	Pantalla corespondiente a la Estación Mérida	82
6.1	Pruebas Iniciales del Equipo Remoto.....	84
6.2	Montaje Electrónico Diseñado Para Simular las Señales Del Transmisor FM	85
6.3	Reportes Enviados por el Equipo Remoto Bajo condiciones Normales	86
6.4	Detección de Falla Pueta Abierta	86
6.5	Detección de Fallas Múltiples.	86
6.6	Detección de Falla en la Temperatura de la Sala de Equipos.....	86
6.7	Detección de Alarma Interna en el Transmisor FM	87
6.8	Simulación de Falla Fuera del Aire	87

6.9 Reporte de Falla en la Potencia RF de Salida del transmisor FM Simulado.....	87
A..1 Curva de linealización Sensor de Voltaje Basado en Optoacopladores	97

LISTA DE TABLAS

Tabla	pp.
2.1 Resumen Configuración del Puerto DB-9 REMOTE.....	23
2.2 Principales Características del PIC 18F452	24
2.3 Conectores módem GSM	26
2.4 Descripción puerto sub D-15	26
3.1 Comparación de soluciones para transmisión de datos	32
4.1 Rangos de Operación de las Variables a Estudiar	41
4.2 Conector DB9 del Sensor de Voltaje.....	43
4.3 Conector J1 Sensor Temperatura.....	61
4.4 Conector J2 Alimentacion 5 VDC.....	61
4.5 Conector J3 Teclado	61
4.6 Conector J4 Puertos Seriales	61
4.7 Conector J5 Canales Analógicos	62
4.8 Conector J6 Transmisor Radio FM OMB	62
4.9 Conector J7 Canales Digitales Disponibles Para Expansión.....	62
4.10 Conector J8 Alimentación Periféricos del ER.....	62
4.11 Conector J9 Canales Digitales Adicionales.....	62
4.12 Conector LCD1 Pantalla LCD.....	62
4.13 Descripción de los Conectores Panel posterior.....	67
4.14 Correspondencia Entre Pines de Conectores Sensor Temperatura.....	68
4.15 Correspondencia Entre Pines de Conectores Sensor Voltaje	68
4.16 Correspondencia Entre Pines Conector Transmisor FM	68
4.17 Correspondencia Conector DB9 Serial RS232 Computador.....	69
4.18 Descripción de las Posibles Fallas a Reportar.....	73
4.19 Descripción Formato de Envío con Módem CDMA.....	75
A.1 Valores Obtenidos Para el Proceso de Linealización	96

INTRODUCCIÓN

Hoy día las tecnologías en las telecomunicaciones son tan comunes que resulta difícil concebir nuestra vida diaria sin ellas. Algo tan sofisticado como la televisión y radio están al alcance de las grandes mayorías, así como la telefonía móvil. Las empresas dedicadas a ofrecer servicios de telecomunicaciones deben asegurarse de brindar una buena calidad de servicio con miras a captar una mayor cantidad de usuarios y expandir su negocio. Esta calidad de servicio puede medirse a través de diferentes parámetros, tal como el tiempo fuera del aire, el cual tratan de reducir al máximo.

En los esfuerzos de las empresas de televisión y radio por reducir los tiempos fuera de servicio, destaca el contratar y capacitar a personal técnico especializado que atienda sus estaciones. Este personal debe velar por el correcto funcionamiento de los equipos allí instalados y asegurarse de que permanezcan “al aire” las 24 horas del día durante todo el año.

Como los avances de la tecnología no son ajenos a nadie, se plantea entonces la necesidad de mejorar las condiciones en las que se realiza la supervisión de las estaciones y tratar de hacer más eficiente la labor de los técnicos. En tal sentido, surge la idea de realizar la supervisión de las estaciones a distancia mediante un sistema automatizado, lo cual constituye el tema central del presente trabajo, cuyo objetivo principal es diseñar y construir un Prototipo de Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión.

El sistema de monitoreo a distancia, supervisa equipos y señales en instalaciones distantes, registrando parámetros de su funcionamiento. Cualquier situación anormal es detectada inmediatamente, siendo posible enviar una secuencia de reportes de alarma a diversos destinatarios, apoyado por un software especial para la interpretación de señales, y así conocer la información exacta sobre el evento que ocurre en el lugar de origen de la alarma, a

fin de poder tomar decisiones en el momento justo.

El prototipo de Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión contempla el diseño y construcción, del sistema de adquisición de datos, junto con algunos sensores. Se plantea hacer compatible el sistema con módem CDMA y GSM como plataforma de transporte de información, además de implementar una solución informática capaz de recibir la información y mostrarla a los usuarios del sistema.

El capítulo I, contiene la parte introductoria al problema a desarrollar en el trabajo y los objetivos planteados. El lector encontrará una descripción general del funcionamiento de las estaciones de radiodifusión y la forma como se realiza actualmente el mantenimiento de estas; Se plantea la necesidad de automatizar los procedimientos de monitoreo para aumentar la calidad del servicio prestado a los usuarios de televisión y radio.

En el capítulo II, son presentados los detalles conceptuales relacionados con las mediciones a distancia y las diversas tecnologías disponibles para hacer de esto una realidad.

El capítulo III, se refiere a la elección de la tecnología de telecomunicaciones a ser implementada en el prototipo como forma de envío de información desde la estación hasta la Central de Gestión de fallas.

El capítulo IV, coloca a disposición del lector los detalles técnicos relacionados con la construcción del Equipo Remoto diseñado para instalar en las estaciones de radiodifusión, los parámetros a medir, los sensores utilizados, la forma de operación del Equipo Remoto y la forma de envío de la información.

En el capítulo V, se detalla la implementación del Equipo Central que se ocupa de recibir los datos y mostrarlos a personal de vigilancia.

Finalmente, el capítulo VI aborda las pruebas realizadas sobre el Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión.

CAPÍTULO I

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE SUPERVISIÓN PARA ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN

En este capítulo se hace la introducción del problema tratado, se describe la situación actual de la forma como se realiza la supervisión de las estaciones de radiodifusión y los objetivos planteados.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las plantas operadoras de radio y televisión en Venezuela a lo largo de su historia han desempeñado sus actividades de producción de contenidos y difusión de los mismos cada una de manera independiente. En lo que respecta a la transmisión de las señales de TV o radio, según sea el caso de la operadora, cada planta posee una infraestructura propia que le permite llevar las señales desde el sitio donde se produce el contenido hasta aquellos lugares donde finalmente se dá el último tratamiento de las señales para que puedan ser difundidas hasta los usuarios. En forma general, la transmisión consiste en radioenlaces de microondas desde el lugar de producción de contenidos hasta el sitio de difusión final. Bajo esta descripción general del sistema de comunicación, cada operadora posee un personal especializado encargado de brindar soporte técnico a todos los equipos involucrados en el proceso.

En las estaciones de radiodifusión independientemente que se traten de señales de radiodifusión sonora ó televisión, las señales son tratadas en el segmento final, pudiendo incluir desde una amplificación final hasta cambios en la frecuencia de difusión, de acuerdo con permisologías previamente otorgadas por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL). La difusión consiste en la modulación de la señal de TV o radio en la frecuencia

determinada por medio de un equipo transmisor en su traslado hasta la antena difusora, donde será puesta disposición del usuario final en sus equipos receptores de radio o televisión.

Actualmente, el Estado venezolano ha hecho esfuerzos importantes en la creación de nuevas plantas operadoras de radio y televisión, así como también en la adecuación tecnológica de las ya existentes pertenecientes al Estado. En el marco de estas actividades, surge el proyecto Sistema Nacional de Medios Públicos (SNMP) con el objetivo de articular las políticas de información del Estado. El Sistema Nacional de Medios Públicos está conformado por el circuito Radio Nacional de Venezuela (RNV), YVKE Mundial, VIVE TV, Televisora Venezolana Social (TVES), Asamblea Nacional TV, Agencia Bolivariana de Noticias (ABN) y Venezolana de Televisión (VTV).

Uno de los objetivos puntuales del Sistema Nacional de Medios Públicos es brindar soporte técnico de manera conjunta a todas las operadoras de TV y radio pertenecientes al sistema en lo que respecta a transmisión y difusión de las señales; es así como en el año 2005 se crea la empresa Red de Transmisiones de Venezuela (RedTV).

Al consultar el sitio Web de RedTV se puede encontrar [RedTV, 2008]:

“RedTV es una empresa estatal cuyo objeto principal es el transporte y difusión a nivel nacional e internacional de las señales de los medios de comunicación radiofónicos y televisivos del Estado venezolano. En este sentido es responsable de la operación, desarrollo y mantenimiento de las redes de transmisión de dichos medios.”

Tal como se ha anteriormente, RedTV dedica sus esfuerzos en mantener al aire las señales de las operadoras SNMP, para ello, cuenta con personal técnico destacado en toda la geografía nacional, especializado en dicha labor. RedTV coordina el mantenimiento de estaciones y equipos existentes en las mismas, además de realizar la instalación de nuevos equipos con el objeto de actualizar la infraestructura existente y expandir la cobertura del SNMP.

El desempeño de las labores de mantenimiento por parte del personal técnico consiste en

una vigilancia permanente de las estaciones. A tal efecto resulta necesario apersonarse hasta la estación de manera periódica y verificar la situación de funcionamiento de cada uno de los equipos existente en cada una de ellas. En vista de la cantidad de estaciones distribuidas en todo el territorio nacional y considerando lo importante que es el concepto de calidad de servicio⁽¹⁾ en el área de las telecomunicaciones, surge la necesidad de establecer mejoras en el procedimiento de monitoreo de las estaciones y el funcionamiento de los equipos allí existentes. Se plantea entonces iniciar la automatización de las labores de vigilancia de las estaciones con el objetivo de reducir los tiempos de respuesta del personal de mantenimiento, ante una eventual falla de equipos en una determinada estación. [Gobierno de España Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2009]

Luego del planteamiento de la necesidad de automatizar las labores de monitoreo, se decide centrar los esfuerzos iniciales en desarrollar un Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión como la primera parte de un sistema centralizado de monitoreo.

RedTV solicita enfocar el desarrollo del sistema inicial según las necesidades de los equipos pertenecientes a la operadora Radio Nacional de Venezuela (RNV). Es así como se comienza el estudio y selección de las características a monitorear de la estación en forma general.

Luego de consultas con el personal directivo y técnico de RedTV se eligen los siguientes parámetros como variables de medición fundamentales para conocer el funcionamiento de la estación:

- Tensión eléctrica en la acometida de la estación.
- Temperatura de la sala de equipos.
- Condición de funcionamiento del equipo transmisor de radio.
- Potencia Irradiada por el equipo transmisor.
- Condición de puerta abierta/cerrada de la sala de equipos.

¹ “La calidad de servicio es definida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) como el efecto global de la calidad de funcionamiento de un servicio que determina el grado de satisfacción de un usuario de dicho servicio”.

Se debe recordar que el objetivo fundamental del desarrollo del Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión es reducir los tiempos de respuesta por parte del personal de mantenimiento ante una falla en la estación. Por esta razón, el sistema debe monitorear los parámetros antes señalados y ante un cambio indeseado de alguno de ellos generar de manera inmediata un reporte, indicando la situación de alarma ocurrida, dirigido hasta la central de monitoreo; de forma tal que la eventualidad sea del conocimiento del personal en el menor tiempo posible.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Aportar una solución real a la necesidad de automatizar las labores de vigilancia de estaciones de radio utilizando tecnologías disponibles en el país, favoreciendo el desarrollo de tecnología propia, debido a que las estaciones se encuentran en lugares muy diversos, y por lo general, en lugares retirados de centros poblados, lo que dificulta su atención en caso de fallas.

Un Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión automatizado redundaría en la mejorara de la calidad del servicio prestado por las estaciones, puesto que reduciría los tiempos de respuesta del personal encargado si llega a surgir un inconveniente en la misma. Todo esto con el objeto de evitar que el usuario final se vea afectado por interrupciones temporales en su servicio.

1.3 OBJETIVOS PLANTEADOS

1.3.1 General

Diseñar e implementar un prototipo de Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión

1.3.2 Específicos

- Conocer la tecnología GSM.

- Conocer la tecnología GPRS.
- Estudiar características eléctricas medibles de los transmisores de RNV a partir de los manuales técnicos de los equipos.
- Diseñar una forma de medición de la potencia de salida del equipo transmisor.
- Diseñar una forma de medición del estado de funcionamiento del equipo transmisor.
- Estudiar formas de medición de temperatura y seleccionar el dispositivo de medición adecuado al ambiente de trabajo.
- Estudiar formas medición de niveles de tensión AC, en la acometida de la estación, y seleccionar e implementar la solución adecuada.
- Diseñar dispositivo de medición de la condición de puerta abierta/cerrada para la implementación del control de acceso a la sala de equipos.
- Realizar el circuito impreso del equipo remoto que incorpore la interconexión de los sensores a utilizar y la propiedad de ser instalado en un rack de comunicaciones.
- Implementar un Equipo Central a ubicar en la sede de la empresa en la ciudad de Caracas capaz de recibir y procesar la información obtenida del equipo remoto, además de mostrarla al personal de mantenimiento en una interfaz gráfica.

1.4 ALCANCE

Diseño y construcción de un Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión basado en el uso de un Microcontrolador PIC 18F452 como componente fundamental de medición de parámetros y el uso de módem CDMA y GSM como mecanismo de envío de la información.

CAPÍTULO II

CONCEPTOS GENERALES

A continuación se hace una introducción a los conceptos importantes utilizados en el trabajo. Se hace un estudio a los conceptos de telemetría y telegestión como fundamentos del sistema desarrollado y de algunas opciones que se consideraron como posible solución al objetivo planteado. Se tratan también aspectos relacionados con el dispositivo construido.

2.1 TELEMETRÍA

De manera general, se puede definir la telemetría como una tecnología que permite la medición remota y reporte de información de interés para el diseñador de sistemas u operadores. Está derivada de la raíz griega *tele* = remoto, y *metro* = medida [RedTV, 2007].

La telemetría típicamente se refiere a la comunicación inalámbrica (por ejemplo, usando un sistema de radio frecuencia que implementa un canal de datos); pero también puede referirse a la transferencia de datos a través de otras redes, como la telefonía o una red de computadoras, o un enlace óptico.

2.2 TELEGESTIÓN

Se puede decir que la telemetría constituye parte fundamental de un sistema de telegestión encargado de controlar, automatizar y supervisar equipos y señales de entrada/salida situados en instalaciones distantes, registrando parámetros de su funcionamiento. Cualquier situación anormal es detectada inmediatamente siendo posible enviar una secuencia de señales de alarma a diversos destinatarios [RedTV, 2007].

La telegestión es, en el fondo, un sistema que permite el monitoreo a distancia, apoyado por un software especial para la interpretación de señales y conocer la información exacta sobre el evento que se sucede en el lugar de origen de la señal, así como el procesamiento y manipulación de toda la información recogida a fin de poder tomar decisiones en el momento justo. Telegestión también puede implicar control remoto.

2.2.1 Objetivos de los Sistemas de Telegestión

Estos sistemas de telegestión o gestión remota nacidos con el desarrollo tecnológico, evolucionan con el fin de seguir satisfaciendo una necesidad histórica, quitarle protagonismo al hombre, como principal fuerza de trabajo en su escenario habitual y darle la posibilidad de cubrir mayor espacio en menor tiempo. Es bueno resaltar esto último, aprovechar al máximo el tiempo, así como ampliar la relación beneficios-costos. Se pueden definir de manera general los objetivos primordiales de dichos sistemas como [RedTV, 2007]:

- Reducción de los tiempos de indisponibilidad del servicio (beneficio para el cliente).
- Desempeño eficaz de las labores de operación, administración y mantenimiento del servicio así como una mayor rentabilización de la organización operativa actual.

2.2.2 Arquitectura de los Sistemas de Telegestión

La arquitectura de estos sistemas de gestión remota es flexible en cada proyecto y varía de una aplicación a otra, pero de manera general el sistema puede dividirse en los siguientes bloques por llamarlo de algún modo, aunque no siempre es posible verlos de manera aislada [RedTV, 2007]:

- Sistema I: Encargado de la lectura de las diferentes variables que se miden.
- Sistema II: Encargado de garantizar la comunicación entre los extremos (unidades remotas y el puesto central de supervisión).
- Sistema III: Encargado de procesar la información, tomar decisiones precisas, enviar señales de alarma al personal encargado y/o enviar órdenes y comandos a los equipos remotos.

El primer sistema encierra toda la electrónica asociada a la conversión de parámetros y variables de carácter eléctrico, mecánico o físico en señales eléctricas que puedan ser medidas y analizadas. Esto comprende sensores y transductores de temperatura, presión, corriente, potencia, entre otros.

El segundo, se asocia con sistemas de conectividad: radioenlace, redes de computadoras en cualquiera de sus variantes, telefonía celular, telefonía pública, satélites, entre otras, según las prestaciones que se le quiera dar al sistema, así como los requerimientos y beneficios que debe reportar.

El tercero, es el relacionado con la aplicación o software que permite la manipulación de toda la información adquirida a fin de estar actualizados respecto a los eventos que ocurren en la unidad remota, creación de reportes con datos exactos de alarmas, historia del proceso o los procesos que se controlan, gráficos, así como la posibilidad de que los usuarios interactúen con los equipos remotos y programen su modo de operación. En otras palabras garantiza la integración electrónica y humana.

2.2.3 Requerimientos de los Sistemas de Telegestión

Estos sistemas de manera general deben cumplir con algunos requerimientos, entre los que se pueden mencionar:

- Amplia cobertura.
- El sistema de adquisición sea de fácil instalación, fácil manejo y uso, bajo costo, de reducido tamaño y en lo posible autónomo.
- Los datos deben estar disponibles en todo instante para ser almacenados y procesados en forma centralizada.
- Los datos recolectados deben ser confiables.
- Los datos obtenidos deben ser fácilmente interpretados por el usuario.
- Operación y mantenimiento sencillos.

2.2.4 Beneficios de los Sistemas de Telegestión

La telegestión ofrece soluciones que permiten mejorar la actividad productiva, así como reducir los costos de explotación y de gestión. Así mismo, permite mejorar las condiciones de trabajo del personal encargado de garantizar el correcto funcionamiento de sus instalaciones, al mismo tiempo que contribuye a mejorar la calidad del servicio prestado a los usuarios. De manera específica los beneficios de la telegestión son [RedTV, 2007]:

- supervisa 24 horas al día, ayudando de manera permanente a velar por el correcto funcionamiento de instalaciones y equipos.
- En caso de avería o de fallo, la alarma se transmite al personal de mantenimiento de forma automática e inmediata.
- La posibilidad de establecer un diagnóstico inmediato y/o poder actuar a distancia permite reducir los tiempos de interrupción del servicio.
- En el momento en que se produce una avería, el personal de mantenimiento interviene en la instalación conociendo de antemano el origen del incidente y prevé, en caso de ser necesario, el material de repuesto adecuado.
- La posibilidad de recibir alarmas en el teléfono móvil de las personas que se encuentran de guardia.
- La reducción de los costos energéticos, por la optimización en función de las necesidades reales y de los costos de desplazamiento, prescindiendo de las visitas sistemáticas, permite obtener ahorros seguros.
- Gracias al control continuo, a un conocimiento cada vez mayor de instalaciones y equipos y a las acciones correctivas, el rendimiento de los mismos mejora, al tiempo que se alarga su vida útil (mantenimiento preventivo).
- La telegestión proporciona todos los datos referentes a las instalaciones en forma de balances completos, que reflejan su "*estado de salud*", rendimiento y vida útil.

2.3 OPCIONES DE TECNOLOGIAS PARA TRANSMISIÓN DE DATOS EN SISTEMAS DE TELEGESTIÓN

Al abordar el diseño del Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión resulta

ineludible preguntarse cómo es posible realizar el envío de la información adquirida en la estación hasta la central de monitoreo, razón por la cual se decide iniciar el estudio de las posibilidades existentes en esta materia.

Para la implementación del Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión se debe elegir una opción de telemetría viable desde el punto de vista técnico y económico, que implique la instalación de equipos cuyo costo y proceso de instalación resulten razonablemente reducidos.

Se describen a continuación diferentes tecnologías existentes que pueden ser utilizadas como formas de transmisión de datos en aplicaciones de telemetría.

2.3.1 Radio VHF/UHF

Es necesaria línea de vista directa en todas las redes RF. Dependiendo de la banda de frecuencia utilizada para la transmisión de información puede ser necesaria una licencia de uso de frecuencia para la telemetría. Una descripción general se observa en la Figura 2.1 [Campbell Scientific, 2007].

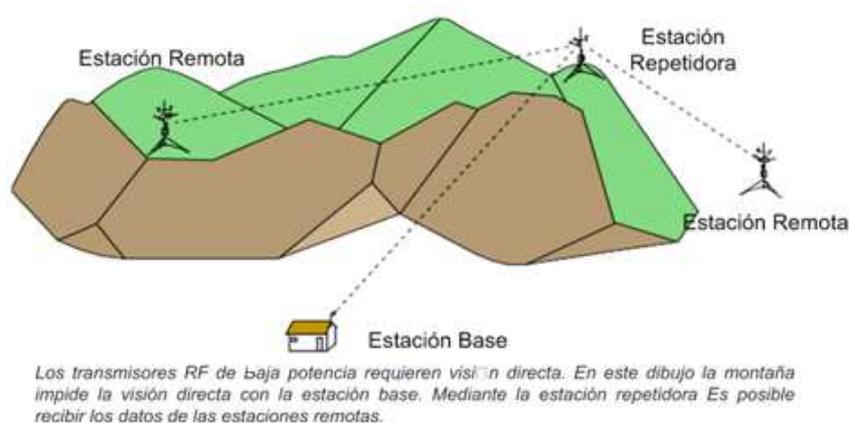


Figura 2.1 Telemetría por radio VHF-UHF

2.3.2 Satélite

Solución basada en la instalación de equipos transceptores (transmisores y receptores) en la

estación remota y en la central de monitoreo para realizar la transmisión de información de un lugar a otro. Requiere plataforma exclusiva para la supervisión de estaciones y un proveedor de servicios satelitales [SALLESAT, 2008].

Las comunicaciones vía satélite se caracterizan por ser económicas para largas distancias (entre países, incluso entre continentes), además tienen gran capacidad de difusión debido a la amplia cobertura sobre la superficie terrestre, no existen barreras naturales que puedan interferir en la propagación desde los satélites, resultando muy útil en regiones rurales de difícil acceso.

En la Figura 2.2 se muestra el funcionamiento general de la tecnología satelital en las telecomunicaciones.

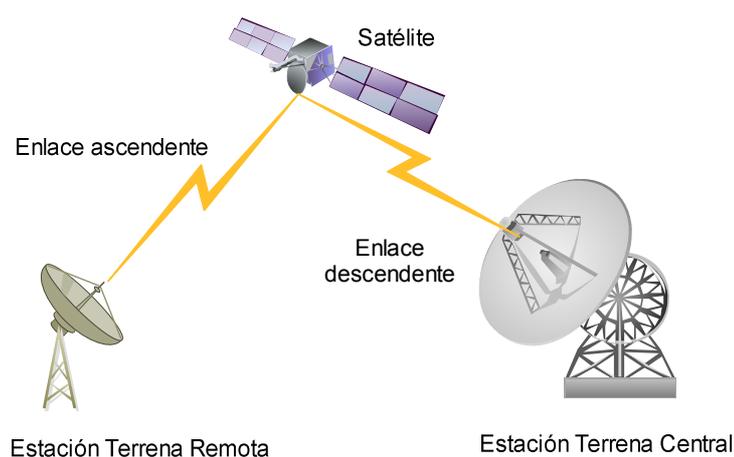


Figura 2.2 Telemetría vía Satélite

La inversión a realizar en la adquisición de equipos para utilizar este tipo de tecnología de comunicación como solución de telemetría resulta bastante elevada, además de considerar el costo de suscripción del servicio satelital.

2.3.3 Red Telefónica Cableada

La red telefónica cableada conocida comúnmente como Red de Telefonía Pública (RTP) está constituida por el conjunto de elementos y medios necesarios para comunicar a voluntad dos o

más equipos terminales mediante un circuito físico. Originalmente fue diseñada para transmitir voz pero también es posible transmitir datos (envíos de fax). Se establece el circuito al momento de realizar la comunicación y luego de que esta finaliza los terminales se desconectan y el circuito queda disponible para que los terminales puedan establecer comunicación con algún otro terminal. En la Figura 2.3 se aprecia una configuración general del uso de esta tecnología para realizar telemetría.

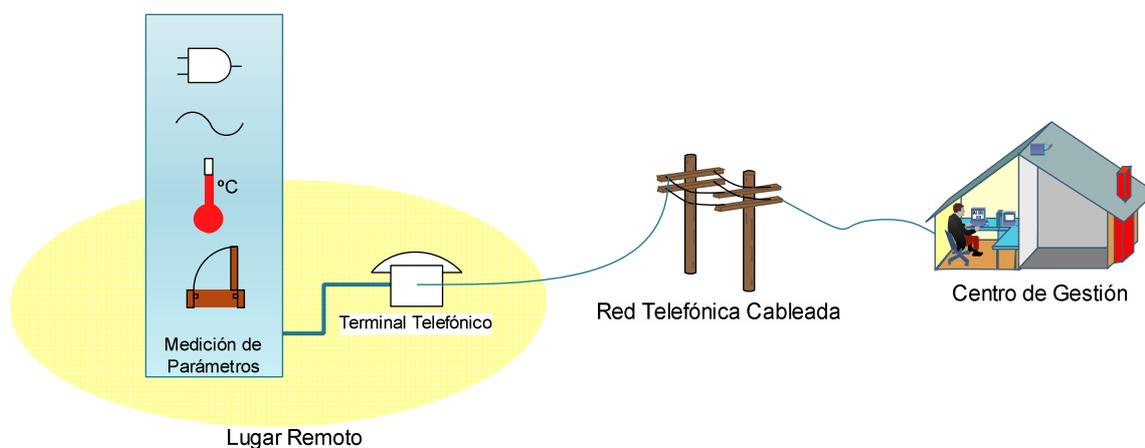


Figura 2.3 Telemetría vía Red Telefónica Cableada

En el caso de aplicar telemetría utilizando RTC se requiere que exista un punto de acceso a la misma lo suficientemente cerca como para justificar el costo de la implementación, lo cual no siempre se puede garantizar si se considera lo variada que puede ser la ubicación de las estaciones (regiones montañosas alejadas).

2.3.4 Telefonía Móvil

La telefonía móvil consiste en la combinación de una red de estaciones transmisoras-receptoras de radio (repetidores, estaciones base o BTS) y una serie de centrales telefónicas de conmutación, que posibilita la comunicación entre terminales telefónicos portátiles (teléfonos móviles) o entre terminales portátiles y teléfonos de la red de telefonía cableada.

En Venezuela existen dos tipos de tecnologías en cuanto a redes de telefonía móvil que son GSM y CDMA. Actualmente es la tecnología CDMA la que se encuentra más

ampliamente utilizada y la tecnología GSM cada día cobra mayor importancia puesto que la tendencia de las empresas proveedoras de servicio de telefonía móvil es a migrar a esta última.

Una configuración básica del uso de la telefonía móvil como tecnología para la transmisión de datos desde una ubicación remota hasta el centro de gestión se observa en la Figura 2.4.

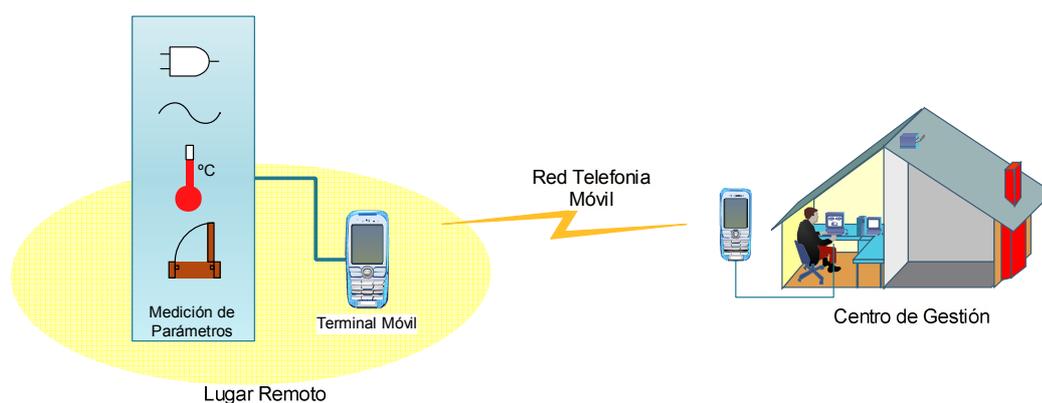


Figura 2.4 Telemetría vía Telefonía Móvil

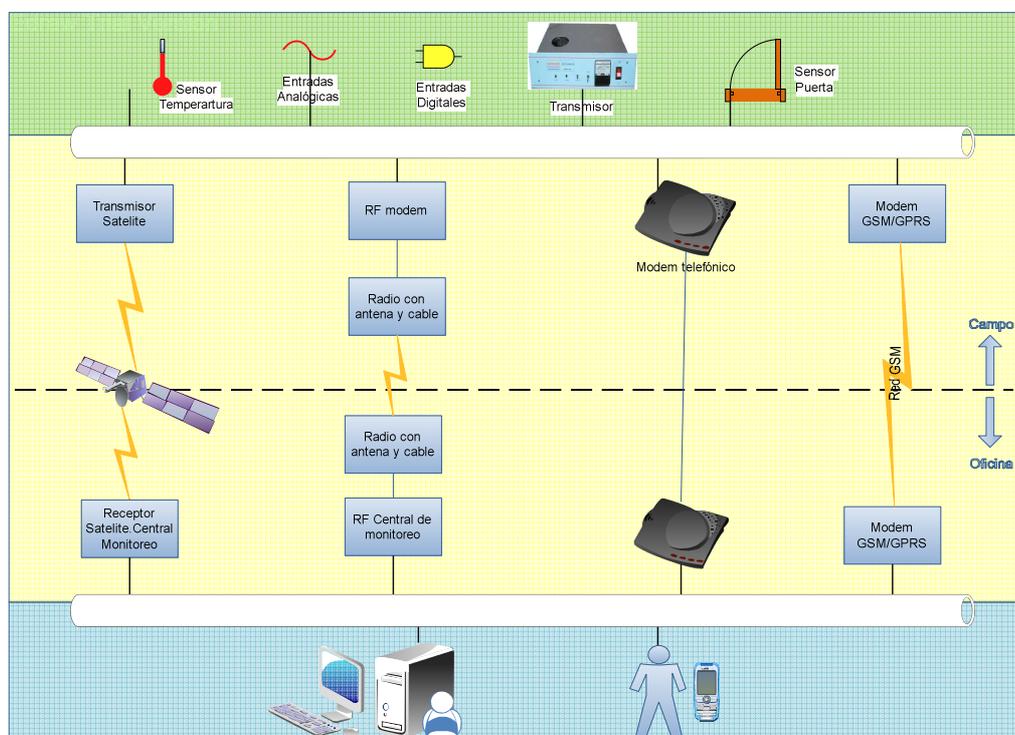


Figura 2.5 Arquitectura Opciones de Telemetría

En la Figura 2.5 se encuentra un diagrama donde se muestran las diferentes opciones de telemetría, mencionadas anteriormente, ubicadas según la arquitectura señalada en la sección 2.2.2 junto con algunos ejemplos de variables medidas y formas de procesamiento de la información recibida.

2.4 TECNOLOGÍA CDMA

Se define como Acceso Múltiple por División de Código (del inglés *Code Division Multiple Access*). En telefonía celular, CDMA es una técnica de acceso múltiple digital especificada por la Asociación de Industria de Telecomunicaciones (TIA) como "IS-95." La TIA aprobó el estándar CDMA IS-95 en julio de 1993 [Universidad Politécnica de Valencia, 1999].

Los sistemas IS-95 dividen el espectro radioeléctrico en portadoras de 1,25 MHz de ancho de banda. CDMA usa una tecnología de Espectro Ensanchado, es decir la información se extiende sobre un ancho de banda mucho mayor que el original, conteniendo una señal (código) identificativa [Universidad Politécnica de Valencia, 1999].

2.5 TECNOLOGÍA GSM

El Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (proviene del inglés "Group Special Mobile") es un sistema estándar, completamente definido, para la comunicación mediante teléfonos móviles que incorporan tecnología digital. Por ser digital cualquier usuario de GSM puede conectarse a través de su teléfono con su computador y puede enviar y recibir mensajes por e-mail, enviar y recibir fax, navegar por Internet, acceder a la red informática de una compañía (LAN: *Local Area Network* ó Red de Área Local), utilizar otras funciones digitales de transmisión de datos, incluyendo el Servicio de Mensajes Cortos (SMS: *Short Message Service*). [Wikipedia, Sistema Global para las Comunicaciones Móviles, 2009]

2.5.1 Servicio General de Paquetes vía Radio GPRS

Del inglés *General Packet Radio Service*, GPRS se basa en la conmutación de paquetes realizando la transmisión sobre la red GSM que se utiliza actualmente. Al sistema GPRS se le

conoce también como GSM-IP, debido a que usa la tecnología IP (*Internet Protocol*). Es una tecnología digital de telefonía móvil, considerada la generación 2.5, entre la segunda generación GSM y la tercera generación UMTS. Proporciona altas velocidades de transferencia de datos (especialmente útil para conexión a Internet). En GPRS, los intervalos de tiempo se asignan a la conexión de paquetes, mediante un sistema basado en la necesidad. Esto significa que si no se envía ningún dato por el usuario, las frecuencias quedan libres para ser utilizadas por otros usuarios [Bracho Biondo & Carpio Domínguez, 2006].

GPRS se puede utilizar para servicios tales como *Wireless Application Protocol* (WAP), SMS, servicio de mensajería multimedia (MMS: *Multimedia Message Service*), Internet y para los servicios de comunicación, como el correo electrónico y la *World Wide Web* (WWW). GPRS ofrece mejor rendimiento a la conmutación de paquetes de servicios, en contraposición a la conmutación de circuitos, donde una cierta calidad de servicio (QoS: *Quality of Service*) está garantizada durante la conexión. Por este motivo, se considera más adecuada la conexión conmutada para servicios tales como la voz, que requieren un ancho de banda constante durante la transmisión, mientras que los servicios de paquetes como GPRS se orientan al tráfico de datos [Wikipedia, Servicio General de Paquetes via Radio, 2009].

2.6 SERVICIO DE MENSAJES CORTOS SMS

Ofrecido por las operadoras de telefonía móvil en el país basadas tanto en tecnología GSM como en CDMA. Inicialmente este tipo de servicio fue desarrollado para GSM pero debido a su popularidad fue incluido también para otras tecnologías como CDMA. En principio, se emplean para enviar y recibir mensajes de texto normal, pero existen extensiones del protocolo básico que permiten incluir otros tipos de contenido, dar formato a los mensajes o encadenar varios mensajes de texto para permitir mayor longitud [González Gómez, 2002].

Actualmente, están apareciendo gran cantidad de servicios basados en SMS. Además de ser usados para enviar mensajes de texto entre personas, se están ofreciendo otros servicios como son:

- Votaciones mediante SMS

- Suscripción a servicios de información deportivas, transacciones bancarias, entre otras.
- Informe de averías en ciertos equipos. Por ejemplo, muchos cajeros automáticos envían un SMS al servicio técnico cuando detectan que hay alguna avería o les falta algún recurso.
- Ofrecer servicios de soporte a otras empresas. Como es el caso del Consejo Nacional Electoral (CNE) de Venezuela que utiliza los mensajes de texto para realizar el monitoreo las actividades desarrolladas por su personal en situación de elecciones generales bajo un sistema centralizado.

Para poder ofrecer estos servicios, es necesario diseñar un software y un hardware que pueda acceder a los servicios SMS. Esto se puede conseguir de varias maneras [González Gómez, 2002]:

- Algunos teléfonos se pueden conectar directamente a un computador y mediante un software propietario se puede acceder a los datos de móvil (agenda, tarjeta SIM.), así como enviar y recibir mensajes SMS. El principal problema de esta solución es que no es abierta, y los fabricantes no proporcionan suficiente información como para poder desarrollar aplicaciones con ellos.
- Utilización de un módem inalámbrico.

2.7 TRANSMISOR RADIO FM OMB

La operadora Radio Nacional de Venezuela cuenta con transmisores de diferentes marcas, sin embargo para efectos de este trabajo se van a considerar solo transmisores de la marca OMB. Los transmisores OMB instalados en las diferentes estaciones, varían en la cantidad de módulos amplificadores de potencia que poseen. Existen unidades desde 250 W hasta 5000 W, así que para realizar el estudio de sus propiedades se inicia la revisión del manual técnico de un transmisor OMB de 250 W modelo EM-250 DIG [OMB, 2002].

El transmisor de FM modelo EM-250 DIG (Figura 2.6 [OMB, 2002]) es un equipo encargado de generar una señal portadora de RF de alta estabilidad modulada en frecuencia

por un programa estereofónico, codificado interna o externamente, con respuesta de frecuencias de alta fidelidad y un nivel bajo de ruido y distorsión armónica. Esta señal portadora, con un nivel de armónicos y señales espúreas sorprendentemente bajos, se entrega a la salida del equipo con un nivel de potencia máxima de 2 W a 250 W para así poder excitar directamente a cualquier paso final amplificador de un transmisor de FM de alta potencia, o para transmisión directa, conectado a un sistema de antenas o sistema radiante apropiado. El control de frecuencias del equipo es enteramente digital, así como la supervisión del funcionamiento de éste, lo cual se puede lograr por medio de un dispositivo Microcontrolador, que no es más que un Microprocesador especializado para realizar estas funciones de supervisión y control del funcionamiento del equipo.



Figura 2.6 Transmisor FM modelo EM-250

A continuación se muestra un resumen de las características externas importantes del equipo OMB que pudieron ser extraídas del manual proporcionado por el fabricante:

2.7.1 Elementos de Supervisión y Comando del Panel Frontal

El panel frontal del transmisor EM-250 DIG es sumamente sencillo, posee un pequeño teclado para realizar labores de control y de programación así como una pequeña pantalla LCD y unos LEDs indicadores:

Estos elementos de supervisión y control están numerados en la Figura 2.7 [OMB, 2002] como sigue:

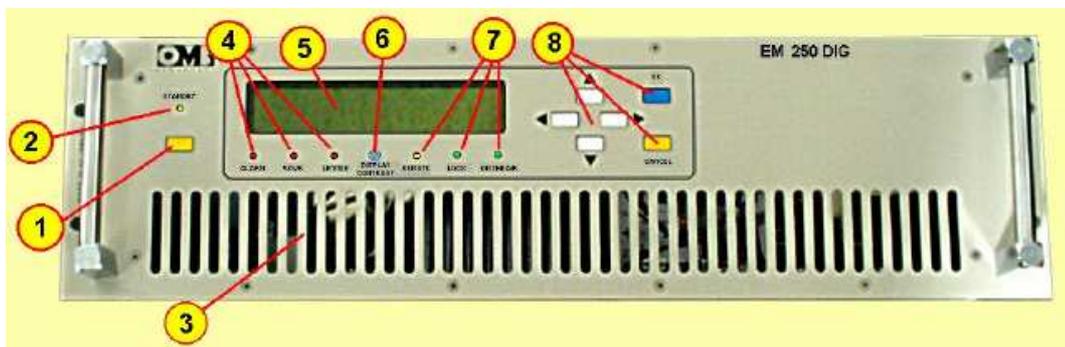


Figura 2.7 Panel Frontal Transmisor EM-250

- 1) Interruptor **ON/STBY**. Este pulsador no desenergiza el equipo, el cual en condición de **STANDBY** se mantiene enganchado en frecuencia y listo para transmitir tan pronto este pulsador sea nuevamente presionado, o se le envíe al equipo un comando remoto.
- 2) LED ámbar indicador de la condición **STANDBY** (espera).
- 3) Ranuras de entrada de aire del sistema de enfriamiento.
- 4) Panel de LEDs de alarma ordenados según se indica a continuación:
 - *Alarm*: LED rojo que indica que el equipo tiene disparada alguna alarma.
 - *VSWR*: LED rojo que indica la sobrecarga del circuito de salida de RF por causa de una ROE demasiado alta (excesiva potencia reflejada de la salida).
 - *Limiter*: LED rojo que se enciende cuando la señal de audio de entrada sobrepasa el nivel máximo prefijado para disparar el recortador de picos de audio.
- 5) Visualizador a doble fila alfanumérico de cristal líquido (pantalla LCD).
- 6) Potenciómetro **DISPLAY CONTRAST**, para ajustar la retro iluminación de la pantalla del visualizador a un nivel confortable de contraste para leer fácilmente la pantalla.
- 7) Panel de LEDs de operación:
 - *Remote*: LED ámbar que nos muestra que el equipo está siendo comandado por control remoto.
 - *Lock*: LED verde que señala el enganche en fase del PLL del oscilador de canal, algunas décimas de segundo después de energizado el equipo.
 - *On the Air*: LED verde que trabaja conjuntamente con el LED ámbar **STANDBY** (2). Se enciende cuando el equipo se halla en condiciones normales

de operación, mientras que STANDBY (2) se apaga, y viceversa.

8) Teclado de programación y selección de parámetros, compuesto de:

- Teclado blanco de cuatro pulsadores para correr pantallas y navegar a través de los diferentes menús y opciones.
- Pulsador **OK** (azul). Pulsador para entrar y confirmar alguna orden o comando.
- Pulsador **CANCEL** (naranja). Pulsador de escape o anulación de menú o comando.

2.7.2 Conectores y Controles del Panel Posterior

Todas las entradas y salidas del Excitador se hallan situadas en el Panel Posterior mostrado en la Figura 2.8 indicando la posición de todos los elementos mencionados a continuación:

- Los conectores XLR hembra balanceados de entrada para los canales de audio estéreo a procesar en el codificador estéreo interno del equipo.
- El conector BNC hembra asimétrico para entrada de audio multiplex estéreo ya procesado externamente.
- El conector BNC hembra asimétrico para entrada de canal auxiliar SCA o RDS Limitado en baja frecuencia.
- El conector BNC hembra asimétrico para salida de modulación, para sincronización externa de RDS, monitoreo o retransmisión de audio.
- El puerto serie RS232 invertido, cableado sobre conector DB-9 hembra.
- El puerto paralelo **REMOTE** de control remoto cableado sobre conector DB-9 macho.
- El conector de salida de RF para la carga o antena, tipo N hembra a 50 ohm.
- El conector BNC hembra asimétrico para salida de la muestra de RF modulada para medición de frecuencia o monitoreo de la información demodulada.

Los elementos numerados en la Figura 2.8 [OMB, 2002] corresponden a la siguiente descripción:

- 1) Conjunto IEC de interruptor principal ON/OFF, selector de tensión de alimentación,

zócalo del cable de alimentación y bloque de fusibles.

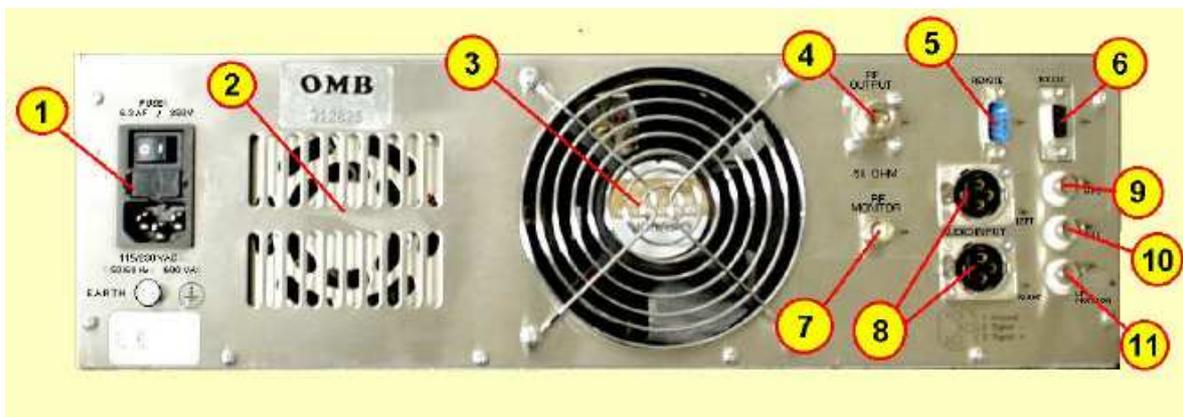


Figura 2.8 Panel Posterior Transmisor EM-250

- 2) Salida de aire caliente del ventilador de la fuente de alimentación principal.
- 3) Salida de aire caliente del ventilador de enfriamiento del módulo de potencia de RF.
- 4) Conector de Salida de RF tipo "N" hembra. Impedancia 50 Ohm.
- 5) Conector macho DB-9 **REMOTE** de operación remota del transmisor:
- 6) Conector de interfaz puerto serie RS-232. Esta interfaz RS -232 maneja solamente las señales de datos de Tx, Rx y Enter. Estando las dos primeras señales invertidas en el alambrado del puerto, se necesitará solamente un cable serie simple alambrado directo dotado de los conectores apropiados, usualmente se emplean la hembra DB-9 o DB-25 al puerto de entrada serie de la computadora, con un conector DB-9 macho en el extremo del transmisor.
- 7) Conector de salida de la muestra de RF modulada en frecuencia. Tipo BNC hembra. 50 Ohm y -50 dB.
- 8) Conectores XLR hembra balanceados de entrada de audio canales estéreo L y R, cuando se emplea el codificador interno estéreo. El conector **RIGHT** sirve también para audio monoaural en caso de utilizarse éste. (Ver panel posterior del equipo para la conexión de los pines de estos conectores).
- 9) Conector de entrada de multiplex estéreo. Tipo BNC hembra. Para empleo en entrada de señal estéreo pre codificada. Respuesta plana, no enfatizada de 10 Hz a 100 KHz. Alta impedancia asimétrica (10 K Ω).
- 10) Conector AUX. Conector BNC hembra asimétrico. Entrada cortada a bajas

frecuencias para inyectar señal de salida de codificador de canal RDS o SCA. Alta impedancia.

- 11) Conector de muestra de salida de modulación o banda base LF MONITOR, tipo BNC hembra des balanceado. Salida de muestra de banda base para monitoreo, repetición o sincronización externa de RDS. Alta impedancia (10 K Ω).

La Tabla 2.1 presenta la descripción del Puerto DB-9 REMOTE señalado en el numeral 5 de la presente sección

Tabla 2.1 Resumen Configuración del Puerto DB-9 REMOTE

PINES	USO
1,5 y 8	TIERRA.
2	ON THE AIR, presencia de +12 V DC indicando que el equipo se encuentra en operación normal.
3	FWD PWR. Una tensión de CD proporcional a la potencia de RF transmitida o directa, de 0 a 250 W. DC de 0 a +5 V.(5v =250 W, escala no lineal)
6	RF ENABLE. Cortocircuitando a tierra este pin se corta la salida de RF del transmisor.
7	FAILURE. Nivel lógico cero o bajo en esta salida significa condición de alarma en el equipo.+12vCD significa operación normal. I _{max} =10 mA.

2.8 MICROCONTROLADOR

Es un circuito integrado programable (PIC *Programmable Integrated Circuit*) que contiene todos los componentes de un computador. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que controla.

El Microcontrolador es un computador dedicado. En su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan la conexión de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar, y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez

programado y configurado el Microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada [Angulo Usategui & Angulo Martines, 2003].

Para el trabajo expuesto se ha elegido trabajar con el Microcontrolador del fabricante MICROCHIP modelo PIC 18F452. En la Tabla 2.2 se resumen sus principales características.

Tabla 2.2 Principales Características del PIC 18F452

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Puertos	5 E/S (A,B,C,D,E)
Memoria de programa	32 Kbytes
Memoria RAM	1.5 Kbytes
Reloj max.	40 Mhz
Analógico	Convertidor A/D de 10bit y 8E.
Pines	40
Alimentación	5v (5v en programación)
Temporizadores	4 módulos
Módulos Captura/Compara/PWM	2
Comunicación	USART , SPI , IC ²
Consumo	1.6mA con 4Mhz Fosc típico 0,2uA en standby 8mA con 20Mhz de Fosc

2.9 MÓDEM GSM WAVECOM FASTRACK M1306B

2.9.1 Descripción General

Un módem² GSM es un módem inalámbrico que funciona con una red inalámbrica GSM. Un módem inalámbrico se comporta como un módem de acceso telefónico. La principal diferencia entre ellos es que un módem de acceso telefónico envía y recibe datos a través de

² Modem: denominación corta para Modulador, Demodulador. Es un dispositivo de hardware que se conecta con el computador y una línea telefónica. Permite al computador conectarse con otros computadores a través del sistema de teléfono. Básicamente, los módems son para los computadores lo que un teléfono hace para los seres humanos. [Calderon & Camargo]

una línea telefónica fija, mientras que un módem inalámbrico envía y recibe datos a través de ondas de radio. [HarmoniousTech Limited, 2008]

Típicamente, un módem GSM externo está conectado a un computador mediante un cable serie o un cable USB. Al igual que un teléfono móvil GSM, un módem GSM requiere una tarjeta SIM de un operador móvil. En la Figura 2.9 [Obando, 2007] se muestra una imagen del módem GSM empleado en el trabajo.



Figura 2.9 Módem GSM WAVECOM Fastrack M1306B

2.9.2 Funcionamiento y Características

Un módem GSM dado que se comporta como un teléfono móvil se puede utilizar para enviar información desde una ubicación remota a otra haciendo uso de la plataforma de telefonía GSM. La información se puede enviar como un mensaje de texto, o a una dirección IP, a un correo electrónico o haciendo una llamada telefónica. [Obando, 2007]

El módem GSM cuenta con un conector de comunicación RS-232 de tipo Sub D-15 que le permite conectarse a dispositivos por medio del puerto de comunicación serie. Una conexión comúnmente usada es la de módem GSM a la PC. El módem también cuenta con un dispositivo para colocar una tarjeta SIM, un conector tipo SMA para conectar la antena, así como conectores para la alimentación del mismo.

El módem que se utilizó es el WAVECOM Fastrack M1306B, el cual soporta una tasa de transmisión que va desde los 300bits/s hasta los 115200bits/s, por lo tanto se puede comunicar con un Microcontrolador perfectamente. Cuenta con catalogo de comandos AT para su

programación, puede trabajar con GSM 900MHz o GSM 1800MHz. Para envío de mensajes de texto puede trabajar en modo texto o PDU; para efectos del proyecto se trabajó con modo texto.

El módem carece de botón ON/OFF por lo que permanece constantemente encendido siempre que esté conectado a la alimentación eléctrica. Opera en el rango de voltajes de 5 VDC a 32 VDC con un consumo promedio de 200 mA (picos de 2 A). [Xacom Comunicaciones, S.L]

2.9.3 Conectores

En la Tabla 2.3 se muestran los diferentes conectores con los que cuenta el módem GSM utilizado y el uso que se les da a cada uno, mientras que en la

Tabla 2.4 se puede apreciar una descripción detallada de los pines del puerto Sub D-15 utilizado para la comunicación de tipo serial con el módem

Tabla 2.3 Conectores módem GSM

CONECTOR	FUNCIÓN
SMA hembra	Conector antena RF
Sub D 15 (alta densidad)	Puerto RS232 Puerto AUDIO Reset
Micro-Fit™ 4 pines	Cable de alimentación
Conector SIM	Conexión tarjeta SIM

Tabla 2.4 Descripción puerto sub D-15

PIN	DESCRIPCIÓN
1	DCD Detección de portadora(<i>Data Carrier Detect</i>)
2	TXD (Transmit Data)
3	Reservado (<i>Reserved</i>)
4	MICROPHONE (+)
5	MICROPHONE (-)
6	RXD (Receive Data)
7	DSR (Data Set Ready)
8	DTR Módem listo (Data Terminal Ready)

PIN	DESCRIPCIÓN
9	GND señal de tierra (<i>Ground</i>)
10	SPEAKER (+)
11	CTS Listo para enviar (<i>Clear To Send</i>)
12	RTS Petición de envío (<i>Request To Send</i>)
13	RI indicador de llamada (<i>Ring Indicator</i>)
14	Reiniciar (<i>RESET</i>)
15	SPEAKER (-)

2.10 MÓDEM CDMA ANYDATA EMII800

Al igual que el módem GSM descrito anteriormente este es inalámbrico y utiliza tecnología CDMA para su funcionamiento. Tiene una línea telefónica asignada por el operador de telefonía móvil. Tiene capacidad de realizar las funciones generales de un terminal de telefonía móvil CDMA:

- Genera y recibe llamadas de voz
- Genera y recibe mensajes de texto
- Soporta transmisión de datos a una velocidad máxima de 153 kbps
- Posee pila TCP/IP
- Interfaz de comunicación RS232C
- Transmisión de datos y FAX por conmutación de circuitos.

En la Figura 2.10 [ANYDATA, 2004] se muestra una imagen del módem CDMA utilizado. Este módem se utilizó también en el desarrollo del Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión como una alternativa viable para poder ampliar la cobertura del sistema en caso de existir estaciones que no cuenten con la cobertura del operador GSM utilizado en el módem descrito anteriormente.



Figura 2.10 Módem CDMA ANYDATA EMII800

2.11 COMANDOS AT HAYES

Los comandos AT HAYES ó comandos AT simplemente (La denominación “AT” se origina del inglés *ATtention*), constituyen el conjunto de instrucciones disponibles para realizar el control sobre los módem GSM y en general sobre cualquier tipo de módem. Los comandos AT con cadenas ASCII que comienzan por los caracteres **AT** y terminan con un *retorno de carro* y *nueva línea* (<CR><LF>). Cada vez que el módem recibe un comando, lo procesa y devuelve un resultado, que normalmente es una cadena ASCII. Al estar la comunicación en ASCII, es posible utilizar un terminal de comunicaciones desde un computador para acceder al módem, bien para configurarlo, bien para hacer pruebas o bien para establecer una comunicación con otro módem o terminal telefónico.

El módem, antes de realizar una conexión con otro módem, se encuentra en *modo comando*. En este modo es posible configurar y controlar el módem utilizando los comandos AT. Una vez establecida la conexión con un módem remoto, se pasa del modo *comando* al *modo conexión*, por lo que la información que le llega al módem por la línea serial no es interpretada como comandos AT sino como información a transmitir. Una vez terminada la conexión el módem vuelve al *modo comando*.

El formato general de los comandos AT es el siguiente:

AT+Comando = Dato <CR><LF> para escritura de configuración y envío de mensajes, y
AT+Comando? <CR><LF> para lectura de configuración y estados del módem.

Ante cualquier comando enviado al módem, éste responde con un mensaje de “OK”, “ERROR”, “CONNECT”, entre otros. En la Figura 2.11 se muestra un ejemplo de comunicación entre un módem y un PC con un terminal de comunicaciones abierto (Hyperterminal). El usuario teclea el comando “ATZ” seguido de ENTER. El módem interpreta este comando, que es de inicialización y devuelve la cadena “OK” seguida de un retorno de carro para indicar que se ha ejecutado con éxito. (González Gómez, 2002, pág. 25)

Además de los comandos estándar AT, los módems GSM utilizan un conjunto extendido

de los comandos AT. Estos comandos AT extendidos se definen en las normas GSM. Con los comandos AT extendidos, se pueden hacer cosas como:

- a. Lectura, escritura y borrado de mensajes SMS.
- b. Envío de mensajes SMS.
- c. Control de la intensidad de la señal.
- d. Monitorización del estado de carga y de nivel de carga de la batería.
- e. Lectura, escritura y búsqueda de entradas en la libreta de teléfonos.

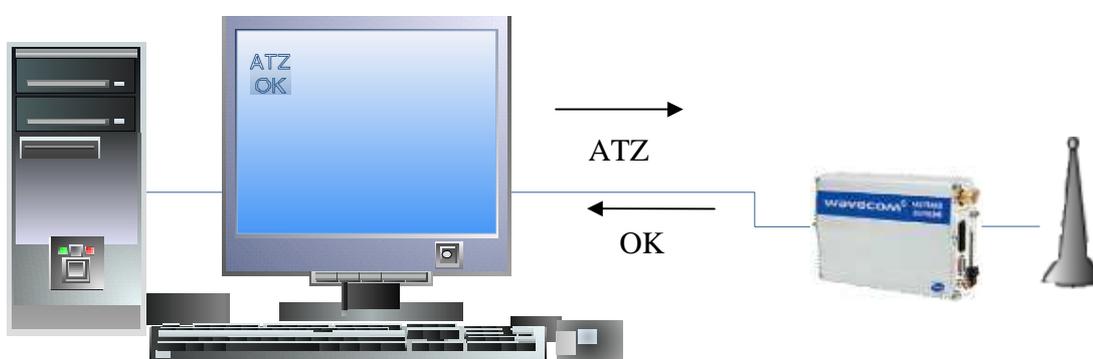


Figura 2.11 Comunicación MÓDEM_PC

Algunos ejemplos de comandos AT son los siguientes:

ATZ: Reset del módem

ATD: Realizar llamada a un número telefónico

ATA: Atender llamada entrante

ATE: Activar/desactivar eco de comandos

AT+CSMS: Seleccionar tipo de servicio de mensajes cortos

AT+CBC: Solicitud del estado de carga de la batería (para los modelos que utilizan batería)

AT+CMGF: Establecimiento del formato de mensajes cortos

AT+CGMI: Solicitud de identificación del fabricante

AT+CGMM: Solicitud de bandas de frecuencia en las que opera el módem

AT+CGSN: Solicitud del serial de identificación del equipo

AT+CSQ: Solicitud de la calidad de señal recibida

AT+CREG: Configuración del estado de registro del equipo en la red celular

Para un estudio detallado de los comandos AT resulta mejor remitirse a los manuales de usuario³ según sea el caso de módem CDMA o GSM porque presentan diferencias marcadas en el uso de los mismos.

³ [WAVECOM, FASTRACK M1306B USER GUIDE, 2006], [ANYDATA, 2001]

CAPÍTULO III

SOLUCIÓN A UTILIZAR

A continuación se analizan las posibles soluciones de telemetría a utilizar en el desarrollo del proyecto para finalmente elegir la mas adecuada al caso de este trabajo. Además se presenta una breve descripción del sistema de adquisición de datos a construir.

3.1 COMPARACIÓN DE OPCIONES DE TELEMETRÍA

Después de realizar un estudio de las posibles tecnologías de redes de transmisión de información a utilizar en el Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión, se muestra en la Tabla 3.1 una comparación de todas ellas con sus ventajas y desventajas, con el objeto de realizar la selección de la mejor opción para implementar la telemetría en el caso que interesa.

Con base en el análisis realizado sobre el contenido de la Tabla 3.1, se puede afirmar como elección a utilizar como tecnología de transmisión de datos una solución soportada bajo telefonía móvil, puesto que representa la opción más económica y sencilla de implementar. Si se considera existente la cobertura por parte de algún proveedor de servicio, sólo resta recurrir a un terminal de telefonía móvil para realizar el envío de la información desde la estación de radiodifusión hasta la central de monitoreo.

La mayor limitante que presenta dicha elección es la no existencia de cobertura de telefonía móvil en las regiones donde se ubican la estaciones a supervisar. Luego de consultas con el personal técnico de mantenimiento de las estaciones se llegó a la conclusión de que la elección resulta viable debido que por lo general las radio base de las operadoras de telefonía móvil se encuentran en las inmediaciones de las estaciones a monitorear, asegurando de esta

manera el acceso a la red en buena parte de las estaciones.

Tabla 3.1 Comparación de soluciones para transmisión de datos

OPCIÓN TELEMETRÍA	ACCESO AL MEDIO	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	COSTOS DE INSTALACIÓN	COSTO SERVICIO
Satélite	Se requiere un proveedor de servicios	Medias	Muy altos	Muy altos
Radio VHF-UHF	Requiere línea de vista y/o licencia para operar	Bajas	Altos	Bajos
Redes telefonía Cableada	Requiere punto de acceso cercano a la estación	Medias/bajas	Bajos	Altos
Redes telefonía Móvil	Requiere cobertura de un proveedor de servicio	Medias	Muy Bajos	Pueden ser altos depende del tipo de servicio utilizado

Cabe resaltar nuevamente que el desarrollo del sistema está hecho en función de utilizar terminales de telefonía basados en los dos (2) tipos de tecnologías existentes en el país (GSM y CDMA), asegurando de esta manera una amplia operatividad del Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión. La **Figura 3.1** permite apreciar la forma como se utiliza el módem GSM para lograr la comunicación entre la estación supervisada y la central de monitoreo.

3.2 SISTEMA DIGITAL DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Es la parte del Sistema Supervisión para Estaciones de Radiodifusión encargada de la medición de los parámetros de interés en las estaciones a supervisar. Este mide variables físicas del entorno y señales provenientes del transmisor FM a supervisar.

La agrupación del sistema digital de adquisición de datos y el módem GSM/CDMA funcionando en conjunto se denomina Equipo Remoto (ver Figura 3.1). Este utiliza el módem para realizar el envío de información hasta la central de gestión. En el presente trabajo se contempla el diseño y construcción del Equipo Remoto, los detalles de este proceso serán presentados en el Capítulo IV

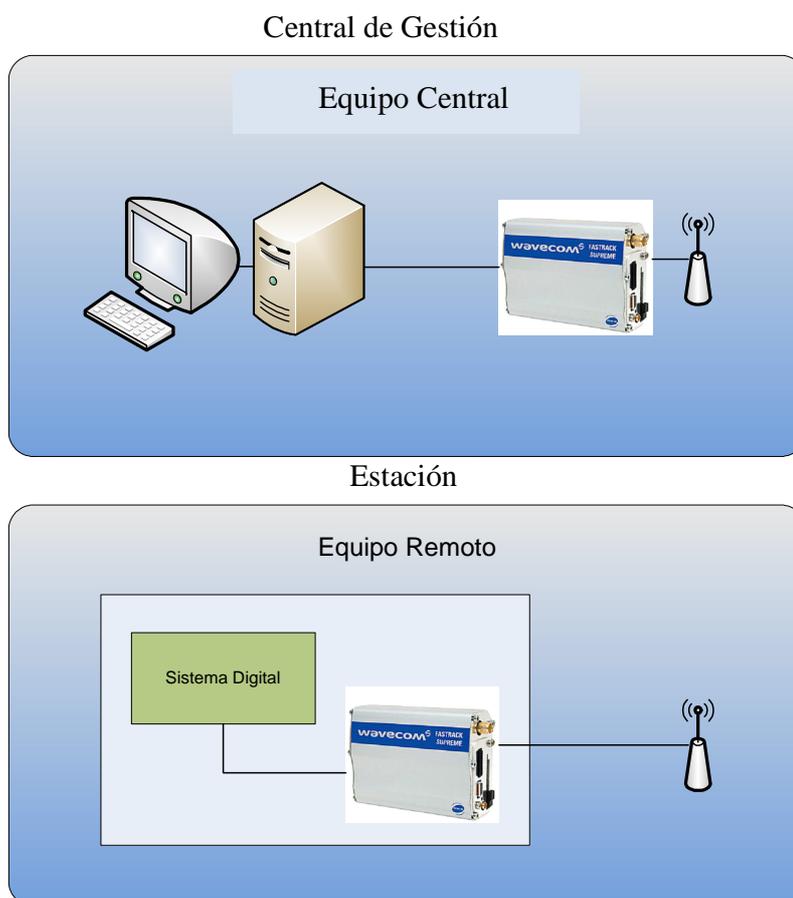


Figura 3.1 Solución a utilizar

En estas instancias ya se tiene una idea clara del funcionamiento general del Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión, restando por aclarar los detalles de construcción, funcionamiento y pruebas del Equipo Remoto que son descritos en capítulos posteriores.

Por último se muestra en la Figura 3.2 una descripción general de la arquitectura del Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión y las capacidades de gestión y de acceso a la información con las que se cuenta. En ella, se muestran las configuraciones de las estaciones remotas y la forma como se interconectan a la central de monitoreo o gestión.

En las Figuras 3.1 y 3.2, sólo se muestra, la utilización del módem GSM pero se debe destacar que para utilizar el módem CDMA solo es necesario realizar un cambio en el programa almacenado dentro del microcontrolador.

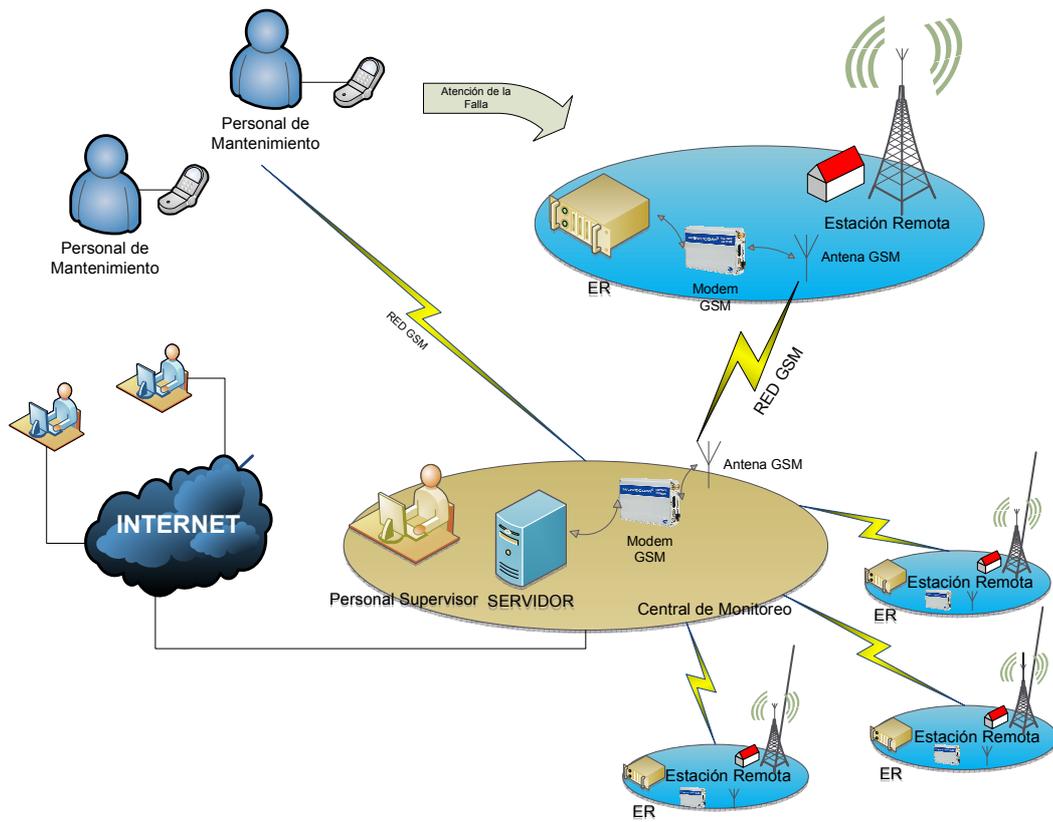


Figura 3.2 Arquitectura Solución a Utilizar

CAPÍTULO IV

EQUIPO REMOTO

En este capítulo se describen los aspectos de diseño y construcción del Equipo Remoto. Se define como Equipo Remoto (ER) al conjunto de sensores, conectores y arreglo electrónico, interconectados en un dispositivo que se ubicará en la sala de equipos de la estación a monitorear, con el objetivo de que sea por medio de este equipo que se realicen las mediciones de las variables de interés del Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión y luego enviar las alarmas a la Central de Gestión.

4.1 ASPECTOS GENERALES

El ER se encarga de realizar la medición de parámetros que permiten conocer el estado de funcionamiento de los equipos de televisión o radio instalados en la estación supervisada.

4.1.1 Variables Medidas

A continuación se muestra un listado de las variables a medir por el ER:

- 1) Temperatura de la sala de equipos.
- 2) Tensión Eléctrica de la acometida de la estación.
- 3) Condición de la puerta abierta/cerrada de la sala de equipos.
- 4) Condición de funcionamiento del transmisor FM (al aire: SI/NO).
- 5) Nivel de potencia RF irradiada por el transmisor FM supervisado.
- 6) Condición de alarma interna del equipo transmisor FM (funcionamiento normal/anormal).

- 1) *Temperatura de la sala de equipos*: Resulta necesaria su medición, porque en las estaciones de radiodifusión operan equipos electrónicos en ambientes cerrados las 24 horas del día, generando gran cantidad de calor que es extraído de la sala de equipos por medio de sistemas de ventilación forzada que regulan la temperatura en un rango determinado. Si los transmisores de radio y cualquier equipo que allí se encuentren, se ven sometidos a operar bajo unas condiciones de temperatura fuera de los rangos normales, es posible que la estación deje de operar por falla o avería de alguno de estos.
- 2) *Tensión Eléctrica de la acometida de la estación*: Es otro parámetro importante a la hora de conocer el estado de funcionamiento de las estaciones puesto que las mismas deben operar de manera continua y las fallas de energía eléctrica son la principal razón para la “salida del aire” de los equipos de TV y Radio. Los fallos momentáneos en los niveles de voltaje suministrados por la red eléctrica nacional, así como fallos prolongados, deben ser supervisados para evaluar el funcionamiento de sistemas de protección existentes contra los mismos (protección contra sobre voltajes y plantas eléctricas) instalados en las estaciones.
- 3) *Condición de la Puerta Abierta/Cerrada de la Sala de Equipos*: En las estaciones de radiodifusión los equipos se encuentran en un ambiente libre de polvo con temperatura y humedad controladas, por esta razón resulta necesario el control de acceso a la sala de equipos para evitar que agentes externos perturben las condiciones de funcionamiento allí establecidas.
- 4) *Condición de funcionamiento del transmisor FM (al aire: SI/NO)*: En este caso se monitorea si el transmisor se encuentra operativo y si esta irradiando potencia RF.
- 5) *Nivel de potencia RF irradiada por el transmisor FM supervisado*: Se refiere al nivel de potencia RF de salida del transmisor. Resulta importante su medición debido a que existen permisos otorgados por CONATEL acerca de los niveles máximos permitidos en cada estación que deben ser respetados para evitar interferir con otras operadoras de radio.
- 6) *Condición de alarma interna del equipo transmisor FM (funcionamiento normal/anormal)*: Al realizar la medición de esta variable se conoce existencia de alguna alarma interna del transmisor y con ello el estado de salud del mismo.

La medición de las variables señaladas en los numerales 4, 5 y 6 es realizada a través del conector DB9 REMOTE del transmisor según la Tabla 2.1.

4.1.2 Ubicación del Módem Inalámbrico

Como se describió en el Capítulo III las variables medidas en la estación serán enviadas al centro de monitoreo utilizando un módem inalámbrico bien sea GSM ó CDMA; esto depende del nivel de cobertura de las operadoras de telefonía móvil en la zona donde se encuentre la estación en cuestión. El módem forma parte del equipo remoto y se encuentra alojado en la parte interna del ER. La antena del módem se conecta a este y se ubica externamente de la carcasa del ER en un lugar elevado para mejorar la recepción de la señal del operador de telefonía móvil en uso.

4.1.3 Diseño Externo

Como se menciona en la sección 2.2.3, referida a los Requerimientos de los Sistemas de Telegestión, es necesario que los mismos sean de fácil instalación, operación y mantenimiento. En vista de estos parámetros de diseño y considerando que en las estaciones de radiodifusión se encuentran equipos relacionados con el área de las telecomunicaciones, donde es común que los mismos se encuentren alojados en bastidores de telecomunicaciones, se elige entonces enfocar el diseño del ER para que pueda ser ubicado en un rack de comunicaciones estándar de 19", como se puede observar en la Figura 4.1. Otra razón por la cual se estima conveniente esta elección es la cercanía que debe existir entre el ER y transmisor FM a supervisar, pues de esta manera se permite ubicar al ER en el mismo rack donde se encuentre el transmisor.



Figura 4.1 Disposición Física del Equipo Remoto

Para responder a los requerimientos sobre operación y mantenimiento sencillo se diseña un panel frontal y un panel posterior que permiten al usuario un fácil acceso a las funcionalidades del ER.

Panel Frontal: Cuenta con una pantalla LCD de 4 líneas y 20 caracteres por línea; un teclado de 4 botones que permiten navegar a través de un menú diseñado para poder visualizar las variables medidas, configurar rangos normales de las variables medidas y envío manual de información a la central de gestión.

Panel Posterior: Tiene dos (2) ventiladores encargados de mantener frescos los componentes electrónicos, el UPS y el módem colocados dentro de la carcasa del ER. Además se encuentran los conectores de entrada para:

- Sensor de temperatura
- Sensor de voltaje
- Sensor de puerta abierta/cerrada
- Puerto DB9 REMOTE proveniente del transmisor FM
- Puerto DB9 de comunicación vía protocolo RS232 con el computador en caso de realizar cambios en el funcionamiento del ER.
- Voltaje de alimentación del ER.

Más adelante en este capítulo se hará una descripción detallada de la configuración de ambos paneles

4.1.4 Autonomía

Otra de las características importantes con las que cuenta el ER, es autonomía energética, pues de nada vale tener sensores de voltaje para detectar fallos de tensión eléctrica si no se cuenta con un Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión capaz de operar en ausencia total de energía eléctrica en la estación. Es por esta razón que el ER posee internamente un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI), mejor conocida como UPS *Uninterruptible Power Supply*. El UPS permite que el ER pueda realizar la medición de variables y envío de

alarmas de manera ininterrumpida por periodos de 2 horas, dando tiempo para que se reponga el servicio de energía eléctrica. En operación normal el ER funciona alimentándose del tendido eléctrico de la estación manteniendo cargada la batería de respaldo del sistema UPS.

4.1.5 Flujo de la Información dentro del Equipo Remoto

Una vez descrito el funcionamiento general del ER corresponde mostrar dicho funcionamiento por medio de un diagrama con el objeto de dejar claro lo concerniente al flujo de información dentro de este.

En la Figura 4.2 es posible observar las etapas o bloques de funcionamiento del ER, allí se muestra que el ER tiene la capacidad de realizar la medición de variables específicas (analógicas y digitales), verificar si los valores medidos se ubican dentro de los rangos normales de funcionamiento de la estación, en caso de no ser así entonces realiza el envío de alarmas a la Central de Gestión.

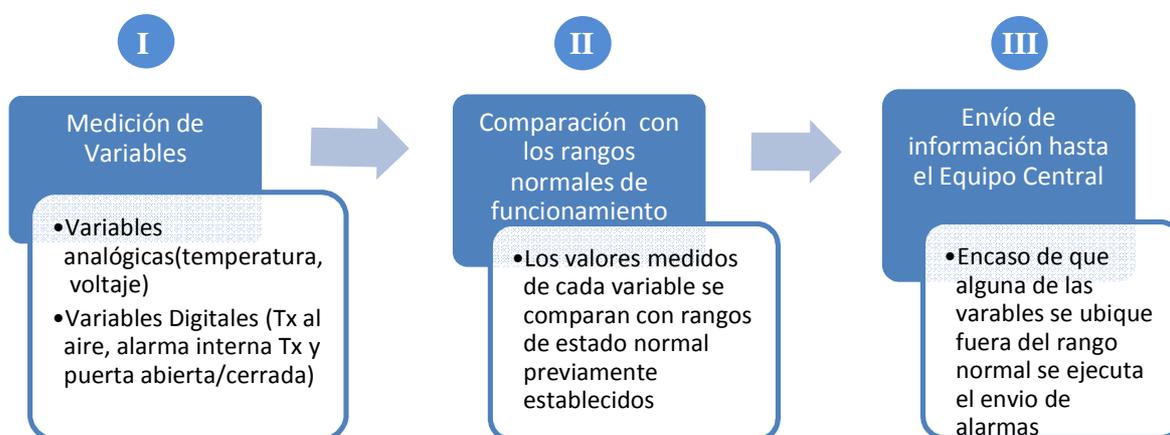


Figura 4.2 Flujo de la Información Dentro del Equipo Remoto

Bloque I: En esta etapa se realiza la medición de las variables, tanto analógicas como digitales. A tal efecto se utilizan sensores externos a la carcasa del equipo, ubicados estratégicamente en la estación, y una conexión cableada hacia el Transmisor FM (conector DB9 REMOTE) para medir su condición de funcionamiento.

Bloque II: Aquí tiene lugar el procesamiento de la información obtenida a partir de las

mediciones y es en esta etapa donde se decide si es necesario realizar el envío de alguna alarma. Está compuesto por una tarjeta electrónica desarrollada en torno al uso del Microcontrolador PIC 18F452 como “Cerebro” del ER. El Microcontrolador posee entradas analógicas y digitales utilizadas para recibir las señales eléctricas aportadas por los sensores a través de los conectores del panel posterior del ER; además se conecta a una pantalla LCD y un teclado ubicados en el panel frontal para que el usuario pueda interactuar con el ER y por último tiene comunicación de tipo serial con el módem inalámbrico para el envío de alarmas.

La tarjeta electrónica diseñada para procesar la información obtenida a partir de los sensores se ha denominado *Tarjeta de Procesamiento de Información (TPI)*, posteriormente en este capítulo se darán detalles sobre su construcción.

Bloque III: Encargado de realizar el envío de alarmas hasta la central de gestión del Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión. La TPI utiliza la conexión existente con el módem inalámbrico y por medio del protocolo de comunicaciones RS232 se envían comandos Hayes AT específicos para transferir la información necesaria para producir la salida de los datos desde el ER y direccionados hacia el Equipo Central utilizando el servicio SMS proporcionado por las operadoras de telefonía móvil a los módem inalámbricos.

4.2 DIAGRAMAS DE BLOQUES

En la sección anterior se hizo mención a tres etapas básicas en el funcionamiento del ER, estas pueden ser apreciadas en la Figura 4.3.

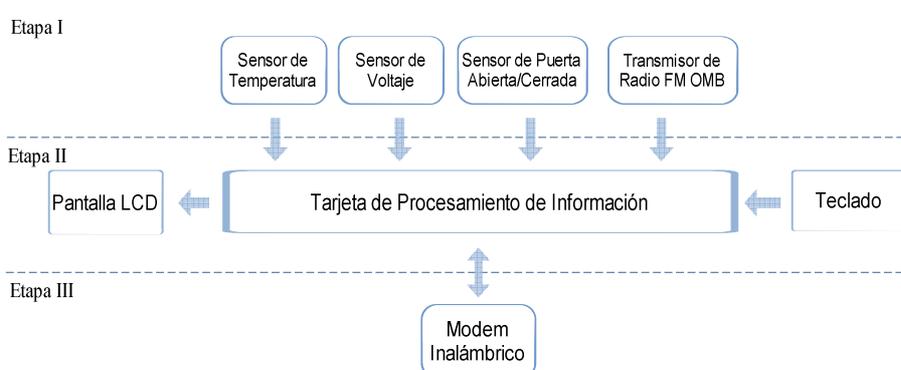


Figura 4.3 Diagrama de Bloques del Equipo Remoto

Un diagrama de bloques que se considera importante incluir en esta sección es el concerniente al flujo de energía eléctrica destinada a la alimentación eléctrica del ER y sus diferentes periféricos conectados, este se muestra en la Figura 4.4

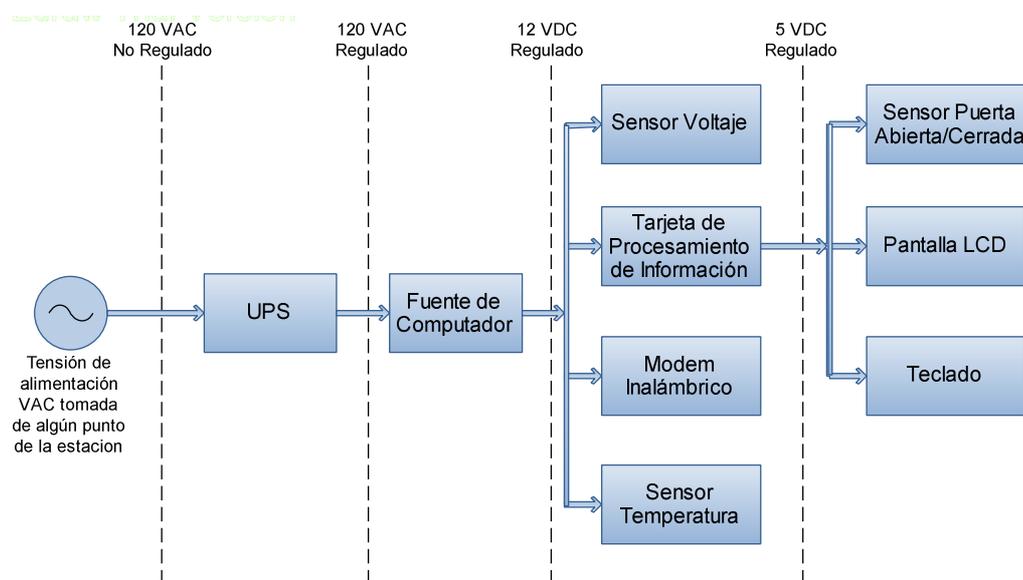


Figura 4.4 Flujo de Energía Dentro del Equipo Remoto

4.3 SENSORES A UTILIZAR EN EL EQUIPO REMOTO

El ER debe contar con un conjunto de sensores acordes con las condiciones comunes de las estaciones y los parámetros a monitorear. En la sección 4.1.1 se hace alusión a las variables que se requieren medir en las estaciones de radiodifusión pero hasta los momentos no se ha mencionado nada sobre los valores de las mismas considerados como “normales” para el correcto funcionamiento de los equipos de la estación, razón por la cual se exponen en la Tabla 4.1 los rangos de operación normales y anormales de cada una de las variables de interés. Con base en estos rangos de funcionamiento se realiza la selección de la forma de medición según sea el caso.

Tabla 4.1 Rangos de Operación de las Variables a Estudiar

VARIABLE	CONDICIÓN NORMAL	CONDICIÓN DE ALARMA
Temperatura de la sala de equipos	Temperatura ubicada entre 20 y 30 °C	Temperatura menor a 20 °C ó mayor a 30 °C

VARIABLE	CONDICIÓN NORMAL	CONDICIÓN DE ALARMA
Tensión en la acometida de la estación	Medida para cada fase respecto al neutro, se considera al rango de voltajes normales ubicado entre 100 VAC y 130 VAC	Menor a 100 VAC ó mayor a 130 VAC
Puerta de la sala de equipos	Cerrada	Abierta
Transmisor FM al aire	Señal de 12 VDC	Señal de 0 VDC
Alarma interna del Transmisor FM	Señal de 12 VDC	Señal de 0 VDC
Potencia RF de salida del transmisor FM	Depende del equipo TX y su configuración. Se considera un rango de +/- 5% del valor preestablecido	Fuera del rango del +/- 5% del valor preestablecido en el equipo TX

4.3.1 Sensor de Temperatura

Desde el inicio del proyecto se contó con un sensor de temperatura fabricado por la empresa ANT Group y no presenta mayor inconveniente en su utilización. Proporciona una señal de salida lineal ubicada en el rango de 0 VDC -5 VDC para el rango de temperaturas entre -40 °C a 110 °C con un error de +/-1%. [ANT Group srl, 2009]



Figura 4.5 Sensor de Temperatura

El sensor de temperatura, mostrado en la Figura 4.5 [ANT Group srl, 2009], está provisto de un conector DB9 del cual solo se utilizan 3 pines como se indica en la Tabla 4.2

Tabla 4.2 Conector DB9 del Sensor de Voltaje

PIN	FUNCIÓN
3	Señal analógica de salida
6	VCC 12 VDC
9	Tierra 0 VDC

Pruebas realizadas sobre el sensor de temperatura permitieron verificar la linealidad existente en su característica de salida. La característica de salida puede ser descrita mediante la ecuación (4.1)

$$T = 30V - 40 \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (4.1)$$

Donde:

T= temperatura medida en grados centígrados ($^\circ\text{C}$)

V= Señal de voltaje de salida del sensor medida en Volt (V)

4.3.2 Sensor de Voltaje

La medición de tensión AC en las estaciones resulta de gran importancia debido a que cambios en los niveles de tensión pueden afectar el desempeño de los equipos transmisores. Por esta razón se estudian maneras de realizar la medición de los voltajes en la acometida trifásica de las estaciones de radiodifusión.

Las estaciones cuentan con sistemas de energía de respaldo ante una falta total de energía, que pueden estar constituidos por bancos de baterías o plantas eléctricas instaladas en la propia estación. El sensor de voltaje permitiría monitorear el comportamiento de estos sistemas de alimentación alternos cuando falla el sistema de suministro eléctrico.

Una de las consideraciones que se hizo con respecto al sensor de voltaje, era que este debía permitir conocer en cualquier momento el valor de las tensiones de fase de la acometida. La causa de elegir un sensor con esta cualidad es porque desde el punto de vista del Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión, resulta conveniente que en la Central de Gestión pueda llevarse un registro detallado de las variaciones de tensión AC en las estaciones durante el transcurso del día y para ello es necesario que dicha Central reciba los valores numéricos de las tensiones. Otra característica importante con la que debe contar este sensor

de voltaje es brindar aislamiento eléctrico entre el ER y la acometida; con el objeto de aportar condiciones de funcionamiento seguro para el ER y evitar que alguna descarga eléctrica o perturbaciones por ruido eléctrico puedan afectar al mismo.

En vista de que era necesario diseñar y construir el sensor de voltaje se analizan diferentes opciones entre las que destacan:

- Comparador de ventana.
- Diseño basado en un amplificador lineal óptico
- Diseño basado en el uso de transformadores.

Comparador de ventana: es la base del funcionamiento de los supervisores de fase que se pueden encontrar en el mercado y su comportamiento se puede describir con el diagrama de bloques de la Figura 4.6. Allí se aprecia que la señal de entrada recibe un tratamiento con el objeto de obtener un nivel de tensión DC, en la entrada de los comparadores, proporcional al valor de tensión eficaz de esta. Luego del tratamiento, la señal obtenida se compara con dos valores de referencia que permiten conocer si esta señal se encuentra dentro de un rango específico o no.

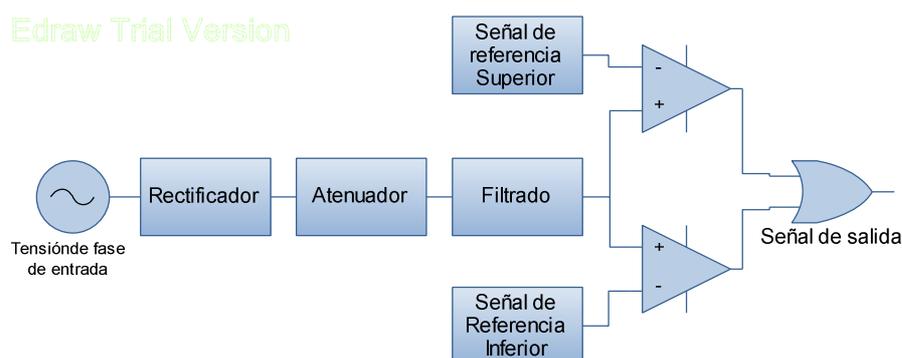


Figura 4.6 Diagrama de Bloques de Sensor de Voltaje por Comparador de Ventana

Dependiendo del nivel de tensión de entrada las señales de salida de los comparadores de voltaje se genera una señal determinada en la compuerta a su salida para indicar el estado de la tensión de fase estudiada. La situación a destacar en este diseño es que la alimentación de los dispositivos electrónicos se hace desde el ER lo que no asegura aislamiento eléctrico a través

del conductor de voltaje de referencia; esto y la imposibilidad de conocer el valor numérico de la tensión supervisada son razones fundamentales para descartar el diseño como una elección a utilizar

Diseño Basado en Amplificador Lineal Óptico: En este caso los comparadores de voltaje son sustituidos por un amplificador óptico implementado con opto-transistor. En la Figura 4.7 se muestra el diagrama de bloques del diseño.

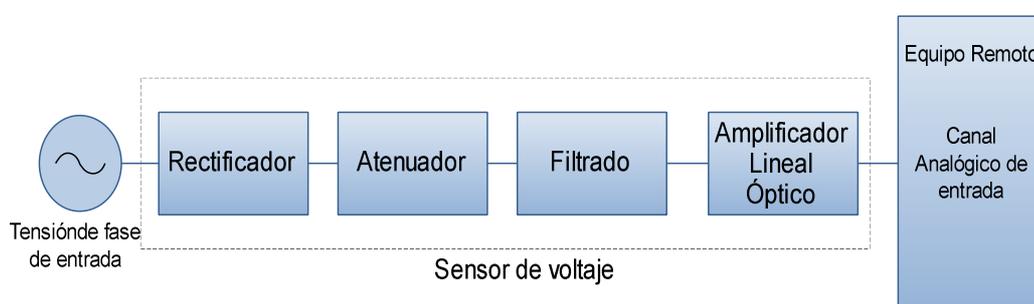


Figura 4.7 Sensor de Voltaje Basado en Amplificador Óptico

Un amplificador lineal óptico se construye utilizando acopladores optoelectrónicos que son dispositivos integrados diseñados para la transmisión de señales eléctricas entre dos puntos aislados galvánicamente. En su interior, la señal eléctrica es convertida en óptica por medio de un diodo emisor de luz, de esta forma es transmitida y luego reconvertida a señal eléctrica por un fotodetector como se puede observar en la Figura 4.8 [Forneiro Martín, 2001]

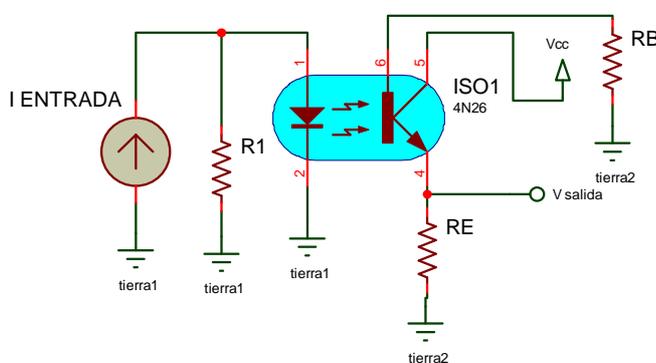


Figura 4.8 Amplificador Óptico con Optotransistor

Pruebas realizadas utilizando este diseño resultaron satisfactorias desde el punto de vista de las características de transferencia obtenidas (ver Apéndice A).

Para asegurar verdadero aislamiento galvánico, entre el ER y la acometida, es necesario alimentar con tensión continua los dispositivos electrónicos relacionados con la generación de la corriente de entrada al optotransistor desde la misma señal de tensión eléctrica que se supervisa. Se intentó implementar una fuente basada en reguladores de voltaje con diodos zener, pero no se obtuvieron buenos resultados debidos a que se presentaba una circulación excesiva de corriente a través del diodo zener. La situación anterior obligó a descartar la opción de utilizar esta configuración, dando paso al uso de un diseño basado en transformadores que a fin de cuentas es la solución utilizada en el proyecto.

Diseño Basado en el uso de Transformadores: En este caso se asegura el aislamiento galvánico proporcionado por el uso de transformadores colocados entre la acometida supervisada y el canal analógico del ER encargado de la medición como se puede apreciar en la Figura 4.9

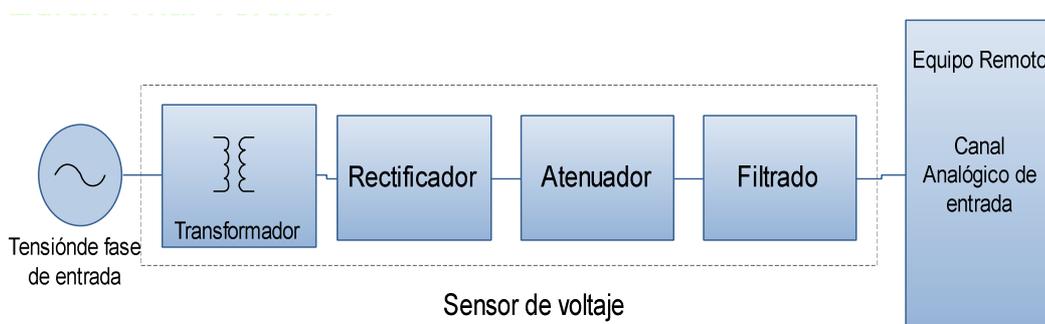


Figura 4.9 Diagrama de Bloques Sensor de Voltaje Basado en Transformadores

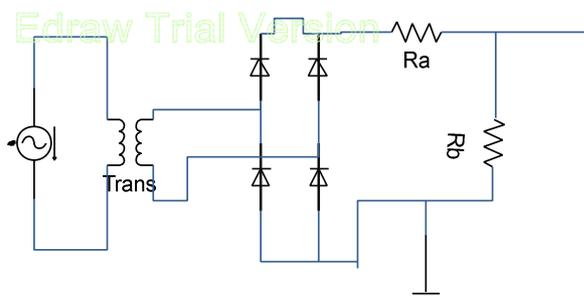


Figura 4.10 Rectificador y Atenuador del Sensor de Voltaje

La implementación del sensor de voltaje se inició por las etapas rectificación y filtrado. Se utilizó un atenuador en forma de “L” mejor conocido como divisor de voltaje con factor de atenuación de 4.33 como se observa en la Figura 4.10

Se utilizaron transformadores reductores con relación de transformación 10:1 y junto con resistores R_a y R_b para el factor de atenuación antes señalado y tomando como valor de $R_a=100\text{ K}\Omega$ para presentar una elevada impedancia de salida se tiene:

$$\alpha = \frac{R_b}{R_a + R_B} \quad (4.2)$$

$$R_b = 30\text{ K}\Omega$$

$$R_a = 100\text{ K}\Omega$$

La señal obtenida a la salida del atenuador debe ser filtrada para eliminar las componentes armónicas de corriente alterna resultantes del proceso de rectificación, por ello se propone un diseño de filtro pasivo RC de segundo orden como el señalado en la Figura 4.11

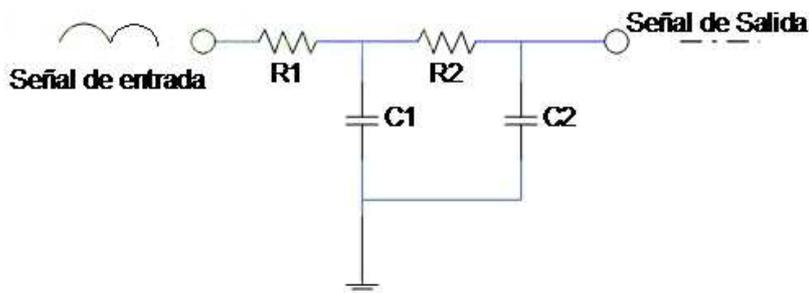


Figura 4.11 Filtro RC de Segundo Orden

Al comparar el diseño del filtro planteado con un sistema de segundo orden analizado en el dominio de la frecuencia se puede obtener la expresión característica del filtro como sigue [Dorf & Bishop, 2005]:

$$\frac{V_{salida}}{V_{entrada}} = \frac{1}{(C_1 C_2 R_1 R_2) s^2 + (C_1 R_1 + C_2 R_2 + C_2 R_1) s + 1} \quad (4.3)$$

Al considerar iguales los valores de resistencia y capacitancia entre si se tiene:

$$R_1=R_2=R$$

$$C_1=C_2=C$$

Por tanto la Ecuación 4.3 queda como sigue:

$$\frac{V_{salida}}{V_{salida}} = \frac{1}{(R^2C^2)s^2+(3RC)s+1} \quad (4.4)$$

Pudiendo reescribirse de la siguiente forma:

$$\frac{V_{salida}}{V_{entrada}} = \frac{\frac{1}{R^2C^2}}{s^2 + \left(\frac{3}{RC}\right)s + \frac{1}{R^2C^2}} \quad (4.5)$$

La ecuación (4.5) puede ser comparada entonces con la ecuación característica de los sistemas de segundo orden en el dominio de la frecuencia para ganancia unitaria ($K=1$) mostrada en la ecuación (4.6) [Dorf & Bishop, 2005]:

$$\frac{V_{salida}}{V_{entrada}} = \frac{K \omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad (4.6)$$

Al hacer:

$$K = 1 \quad (4.7)$$

$$2\zeta\omega_n = \frac{3}{RC} \quad (4.8)$$

$$\omega_n^2 = \frac{1}{(RC)^2} \quad (4.9)$$

Las ecuaciones (4.7) y (4.8) proporcionan relaciones útiles para elegir los valores de R y

C. Se propone como frecuencia de corte del filtro pasa bajo a $f = 5$ Hz. Con esta frecuencia de corte y considerando al filtro como un sistema sobre amortiguado cuyo valor de ζ debe ser mayor a la unidad, además de escoger un valor del capacitor $C = 1 \mu F$ se tiene:

$$\omega_n = 2\pi f = 2\pi 5 = 10\pi$$

$$C = 1 \mu F$$

Al sustituir los valores de ω_n y C en la ecuación 4.9 se obtiene un valor de R igual a:

$$R = 47273 \Omega$$

Luego al evaluar ω_n , R y C en la ecuación 4.8 para ζ se tiene

$$\zeta = 1,01$$

Donde $\zeta > 1$ verifica lo señalado anteriormente.

Entonces para el diseño del filtro pasa bajo del sensor de voltaje se utilizaron resistores de valor $R=47 \text{ K}\Omega$ y capacitores de valor $C=1 \mu F$. En la Figura 4.12 se puede observar el diseño final del sensor de voltaje incluidas las tres fases de la acometida. A la salida de los filtros se colocó amplificadores operacionales configurados como seguidores de tensión para evitar aplicar efecto de carga sobre la señal medida.

El sensor de voltaje proporciona tres señales de voltaje en corriente directa cuyos valores de voltaje son proporcionales al valor de voltaje VAC de fase en la acometida de la estación. La alimentación de los amplificadores operacionales utilizados se obtiene del ER a través del conector DB9 Sensor Voltaje.

El diseño fue probado en protoboard obteniéndose resultados satisfactorios para señales de voltaje AC superiores a 20 V. Se obtuvieron características de transferencia lineal a lo largo de un amplio rango de valores de voltaje (ver Apéndice B)

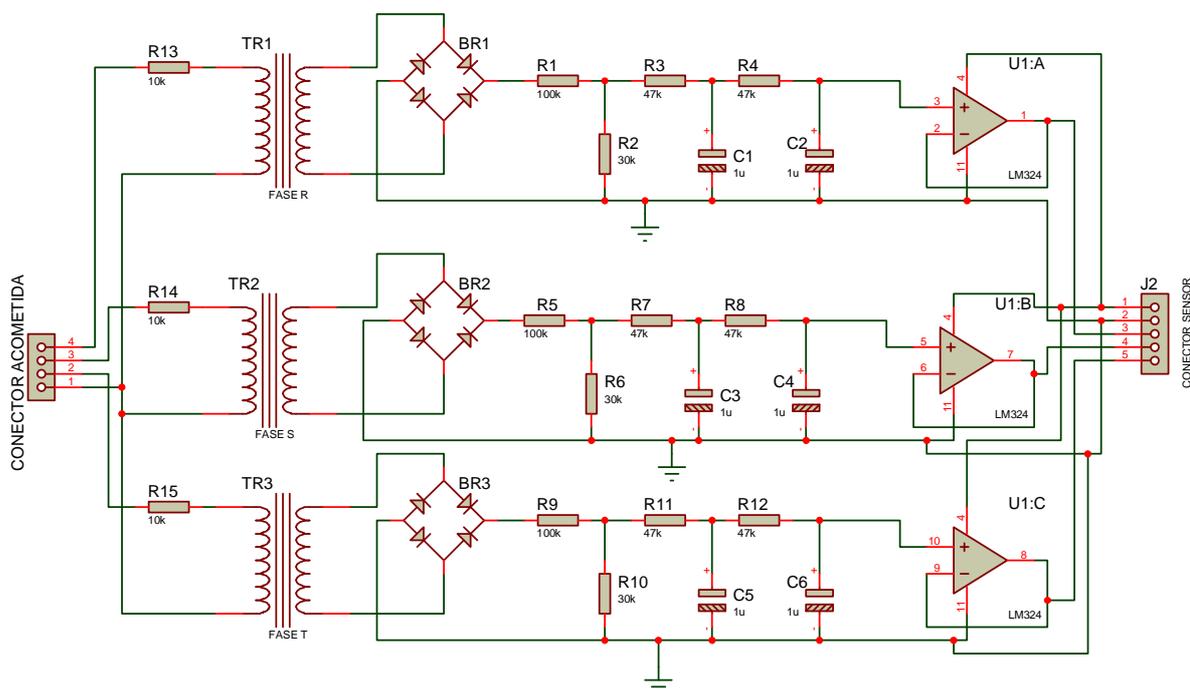


Figura 4.12 Diseño Esquemático Sensor Voltaje

Luego de realizar las pruebas del sensor de voltaje, se procedió a realizar el primer circuito impreso. Para el circuito impreso se utilizó el programa Proteus a través de sus herramientas ISIS y ARES; en ISIS se simuló el funcionamiento del sensor mientras que en ARES se diseñó el circuito impreso. Luego obtener la configuración deseada del diseño para el impreso, se procedió a realizarlo por medio del uso de la maquina fresadora Protomatic LPKF C30 obteniéndose resultados satisfactorios. Con el circuito impreso del sensor de voltaje realizado (Figura 4.13) se iniciaron las pruebas del mismo. En las pruebas se verificó que el sensor mostraba el mismo comportamiento que cuando se encontraba montado en protoboard.

Finalmente queda por aclarar que la calibración del sensor se hizo en la parte del programa, que ejecuta el ER, destinada a hacer la medición de los canales analógicos configurados; esto se explica más adelante.

En la Figura 4.14 se observa una vista final del sensor de voltaje construido, aquí se encuentra sin su caja protectora

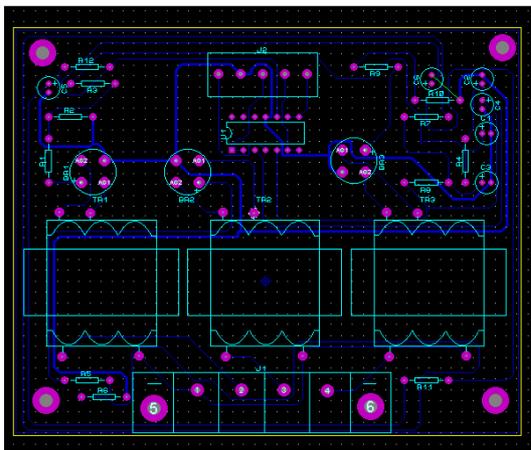


Figura 4.13 Circuito Impreso Sensor Voltaje

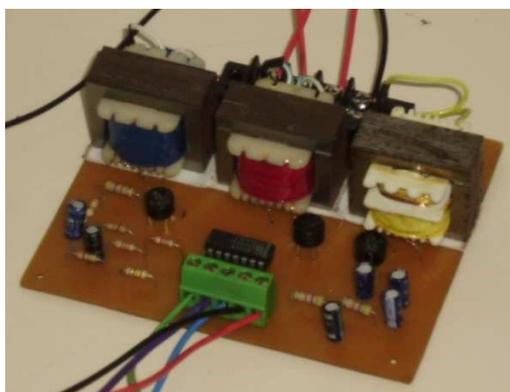


Figura 4.14 Sensor de Voltaje Implementado

4.3.3 Sensor Puerta Abierta/Cerrada

Con respecto a la implementación de un sensor para detectar si la puerta de la sala de equipos se encuentra abierta o cerrada se utilizar un interruptor magnético colocado en el marco de la puerta.

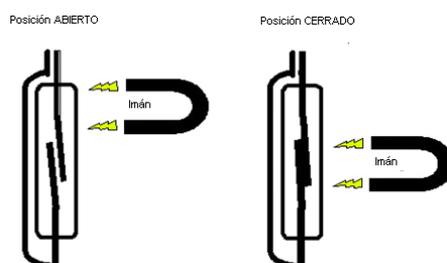


Figura 4.15 Funcionamiento del Reed Switch

El interruptor magnético se denomina *Reed Switch* o interruptor de lengüeta. Es un interruptor eléctrico activado por un campo magnético. Cuando los contactos están normalmente abiertos se cierran en la presencia de un campo magnético; cuando están normalmente cerrados se abren en presencia de un campo magnético, como se observa en la Figura 4.15. [AQUAHUB SM, 2006] [Wikipedia, Reed switch, 2009]

Una vez instalado el sensor en la puerta, este solo se encarga de aportar un nivel lógico determinado de acuerdo la condición de puerta abierta o cerrada en la sala de equipos.

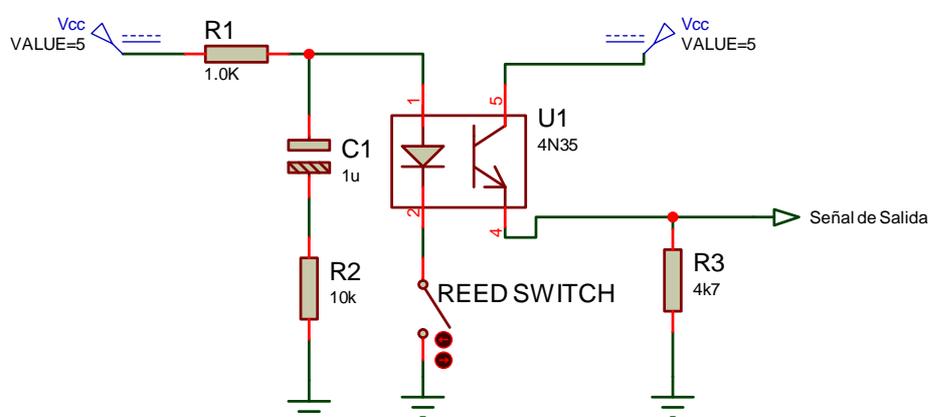


Figura 4.16 Diseño Esquemático Circuito Sensor Puerta Abierta/Cerrada

El circuito correspondiente al tratamiento de la señal aportada por el *reed switch* se encuentra dentro de la carcasa del ER formando parte del diseño electrónico encargado de procesar la información de los sensores. La Figura 4.16 corresponde al diagrama circuital del sensor de puerta abierta/cerrada, allí se puede apreciar que el *reed switch* es modelado como un interruptor sencillo pues en realidad esa es su función. La red RC conformada por R2 y C1 junto con el optoacoplador eliminan cualquier posibilidad de falsas activaciones del sensor.

Pruebas realizadas sobre el funcionamiento del sensor mostraron que el diseño se comporta correctamente, obteniéndose una señal de salida de 0 V cuando la puerta se encuentra abierta porque en este caso el *reed switch* se abre cortando el flujo de corriente a través del diodo emisor de luz; mientras que cuando la puerta está cerrada el imán cierra el *reed switch* por lo que aporta como señal de salida una tensión de 4.7 VDC correspondiente a

la tensión de emisor del fototransistor que se presenta en él cuando entra en estado de saturación con una tensión de colector de 5 VDC



Figura 4.17 Reed Switch Utilizado

En la Figura 4.17 [CLASIPAR.COM, 2009] se tiene una imagen del sensor de puerta abierta/cerrada; corresponde a las alarmas para puertas y ventanas que comúnmente se consiguen en tiendas de ferretería. Internamente poseen una circuitería que controla una sirena; esto fue deshabilitado para utilizar solo el *Reed Switch*, dentro de la carcasa original, junto con el imán que se coloca en la puerta, como se observa en la Figura 4.18



Figura 4.18 Sensor de Puerta Abierta/Cerrada Instalado

4.4 TARJETA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

4.4.1 Descripción General

Es la parte más importante del ER y está constituida por el diseño electrónico elaborado con el objeto de monitorear constantemente los sensores conectados al ER así como el Transmisor FM supervisado y en caso de alguna falla se encarga de comunicarse vía protocolo RS232 con el módem inalámbrico y generar el envío de alarmas dirigidas hasta la Central de Gestión. Está

conformada por un circuito impreso que contiene al Microcontrolador, resistores, capacitores, optoacopladores, transistores, reguladores de voltaje, diodos y conectores que le permiten interactuar con todos los periféricos conectados a ella. Anteriormente fue denominada TPI

4.4.2 Configuración

La TPI fue desarrollada utilizando el paquete de software PROTEUS y sus herramientas ISIS y ARES para la simulación del comportamiento y el diseño del circuito impreso respectivamente. En la Figura 4.22 se muestra el diagrama del circuito de la TPI que fue simulado en ISIS; en ella se puede observar la existencia del Microcontrolador PIC 18F452, una pantalla LCD de 4 filas con 20 caracteres por fila; pulsadores para simular las variables digitales a monitorear, así como también otros pulsadores que constituyen el teclado del ER. Las variables analógicas como voltajes obtenidos del sensor de voltaje y la potencia del transmisor FM son simuladas por medio de señales generadas a partir de divisores de voltaje implementados con potenciómetros, mientras que el sensor de voltaje se emuló utilizando un circuito basado en un LM35CZ

Canales Digitales: La TPI posee nueve (9) canales digitales de los cuales tres (3) están implementados como entradas protegidas por optoacopladores; estas tres entradas corresponden a las señales digitales supervisadas en el proyecto:

- Señal de condición de funcionamiento del Transmisor FM (Al aire SI/NO)
- Señal de condición de alarma interna del Transmisor FM (alarma: SI/NO)
- Condición de la puerta de la sala de equipos en la estación (abierta: SI/NO)

El resto de los canales digitales no se están utilizando; pero es posible acceder a los mismos a través del conector. J5 de la TPI. Estos canales pueden ser utilizados para futuras expansiones del sistema de tal manera que puedan operar como entradas o salidas según se presenten las necesidades.

Las dos (2) entradas digitales provenientes del Transmisor FM se encuentran implementadas de la manera indicada en la Figura 4.19. Allí se puede observar el uso de

optoacopladores y transistores que en esa configuración constituyen una red “antirebote” para evitar algún falso cambio en la señal de entrada al Microcontrolador. De la Tabla 2.1 se tiene que las señales aportadas por el puerto DB9 REMOTE del Transmisor FM presentan valores de 12 VDC (nivel lógico ALTO) ó 0 VDC (nivel lógico BAJO), para el nivel lógico. Al final del trabajo se presentan algunas recomendaciones entre las que destaca una referida al aislamiento eléctrico de las entradas digital que no fue considerada para diseño actual.

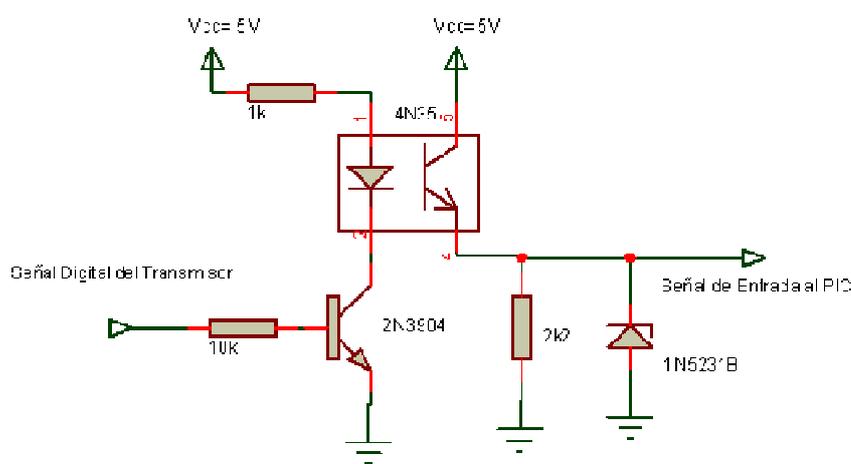


Figura 4.19 Implementación de Canales Digitales del ER

Por otra parte la implementación del canal digital dedicado al sensor de Puerta Abierta/Cerrada se implementó como muestra la Figura 4.16

Canales Analógicos: El Microcontrolador posee ocho (8) canales de tipo analógico y todos se encuentran implementados en el ER. Tres (3) de los canales analógicos son utilizados para las señales provenientes del sensor de voltajes; un (1) canal está destinado para la señal proveniente del sensor de temperatura y un (1) canal está implementado para la señal de potencia RF proveniente del Transmisor FM OMB. Se utilizan actualmente cinco (5) entradas analógicas quedando tres (3) canales adicionales implementados para futuras expansiones del sistema

Los canales analógicos están protegidos contra sobretensión y sobrecorriente por medio de un arreglo de resistencias y diodos zener colocados en las entradas analógicas del

Microcontrolador como muestra en la Figura 4.20. Como los canales analógicos prácticamente no consumen corriente se puede afirmar que no existe caída de tensión en las resistencias de 220Ω y por tanto la tensión de entrada al Microcontrolador corresponde a la tensión presente en la entrada analógica del ER.

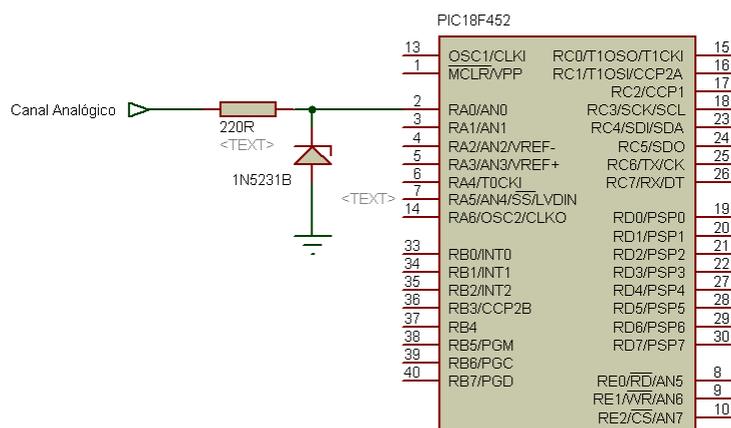


Figura 4.20 Circuito de Protección Entradas Analógicas del Microcontrolador

El circuito de protección de la Figura 4.20 se puede analizar considerando la presencia del diodo zener 1N5231B que constituye un diodo que entra en región zener cuando se expone a tensiones inversas superiores a 5.1 V y está diseñado para disipar una potencia máxima de 0.5 W lo que permite calcular el valor de la corriente máxima que puede atravesarlo como sigue:

$$P = V_z I \quad (W) \quad (4.10)$$

Donde: P = potencia disipada por el diodo zener
 V_z = Voltaje Zener
 I = Corriente a través del diodo zener

Para $P = 0.5 \text{ W}$ y $V_z = 5,1 \text{ V}$ se tiene:

$$I = \frac{P}{V_z} = \frac{0,5}{5,1} A = 0.098 A \quad (4.11)$$

El valor de corriente obtenido en la ecuación (4.11) permite conocer la tensión máxima que puede ser aplicada en cualquier canal analógico del ER sin causar algún daño al Microcontrolador luego de aplicar la ley de Ohm:

$$V_r = I \cdot R \quad (4.12)$$

Donde: V_r = Tensión en los extremos de la resistencia de 220Ω

R = Resistor de 220Ω

$$V_r = (0,098 \cdot 220) V = 21,56 V \quad (4.13)$$

Se define entonces la tensión máxima de entrada en cualquier canal analógico del ER como V_{ana_max}

$$V_{ana_max} = V_r + V_z = 21.56 + 5.1 = 26.66 V \quad (4.14)$$

Se considera suficientemente amplio este rango de voltaje de protección si se tiene en cuenta que los canales analógicos del ER están diseñados para operar en el rango de (0-5) VDC

La señal proveniente del sensor de temperatura fue simulada utilizando el modelo del sensor LM35CZ existente en las librerías de ISIS junto con una etapa de adaptación de señal implementada con un amplificador operacional LM358 en configuración de “no inversor”

Comunicación Serial: La TPI cuenta con dos puertos de comunicación RS232. Uno de estos se utiliza para comunicar la TPI con el módem inalámbrico mientras que el segundo queda disponible para realizar comunicación con un computador y observar el comportamiento del ER, así como también existe la disponibilidad de utilizar este puerto para realizar cambios en la programación del Microcontrolador sin necesidad de removerlo de la TPI, pues esta también cuenta con un circuito “Bootloader” encargado de gestionar la

programación del Microcontrolador a través de comunicación RS232.

Pantalla LCD: Está conectada al Microcontrolador y permite visualizar el estado de funcionamiento del ER, además es posible observar las variables medidas luego de acceder a un menú por medio del teclado. La pantalla está colocada en el puerto D del microcontrolador como se puede apreciar en la Figura 4.22. En esa misma figura se puede apreciar que el pin D3 del Microcontrolador se encarga de activar la iluminación de la pantalla con el circuito del transistor Q4. Se tiene entonces que el Puerto D del Microcontrolador se encarga exclusivamente del control de la pantalla LCD

Teclado: Está implementado por medio de cuatro (4) pulsadores colocados en los pines del puerto B del Microcontrolador habilitados para operar utilizando la interrupción del Puerto B. En la Figura 4.21 se muestra la conexión de los pulsadores al Microcontrolador utilizada para la simulación. Para el diseño del circuito impreso los pulsadores fueron sustituidos por el conector J3 como se aprecia en la Figura 4.22 este conector permite acoplar los pulsadores a la TPI como un conjunto pues estos se encuentran ubicados en el panel frontal del ER

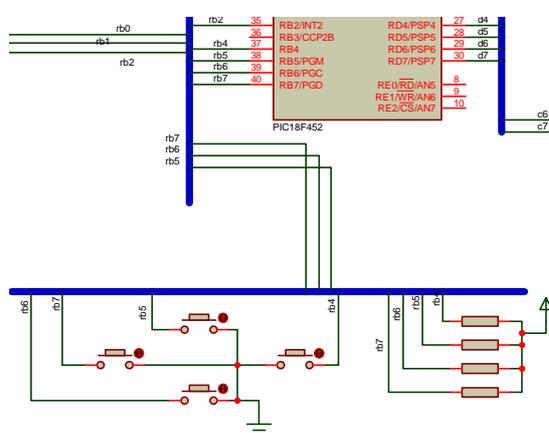


Figura 4.21 Conexión del teclado al PIC

4.4.3 Diseño Esquemático

Luego de haber simulado el comportamiento del diseño de la TPI en la herramienta ISIS se procede a realizar el circuito impreso de la misma utilizando la herramienta ARES. En la Figura 4.22 se observa el diseño final de la TPI que fue utilizada para la realización del

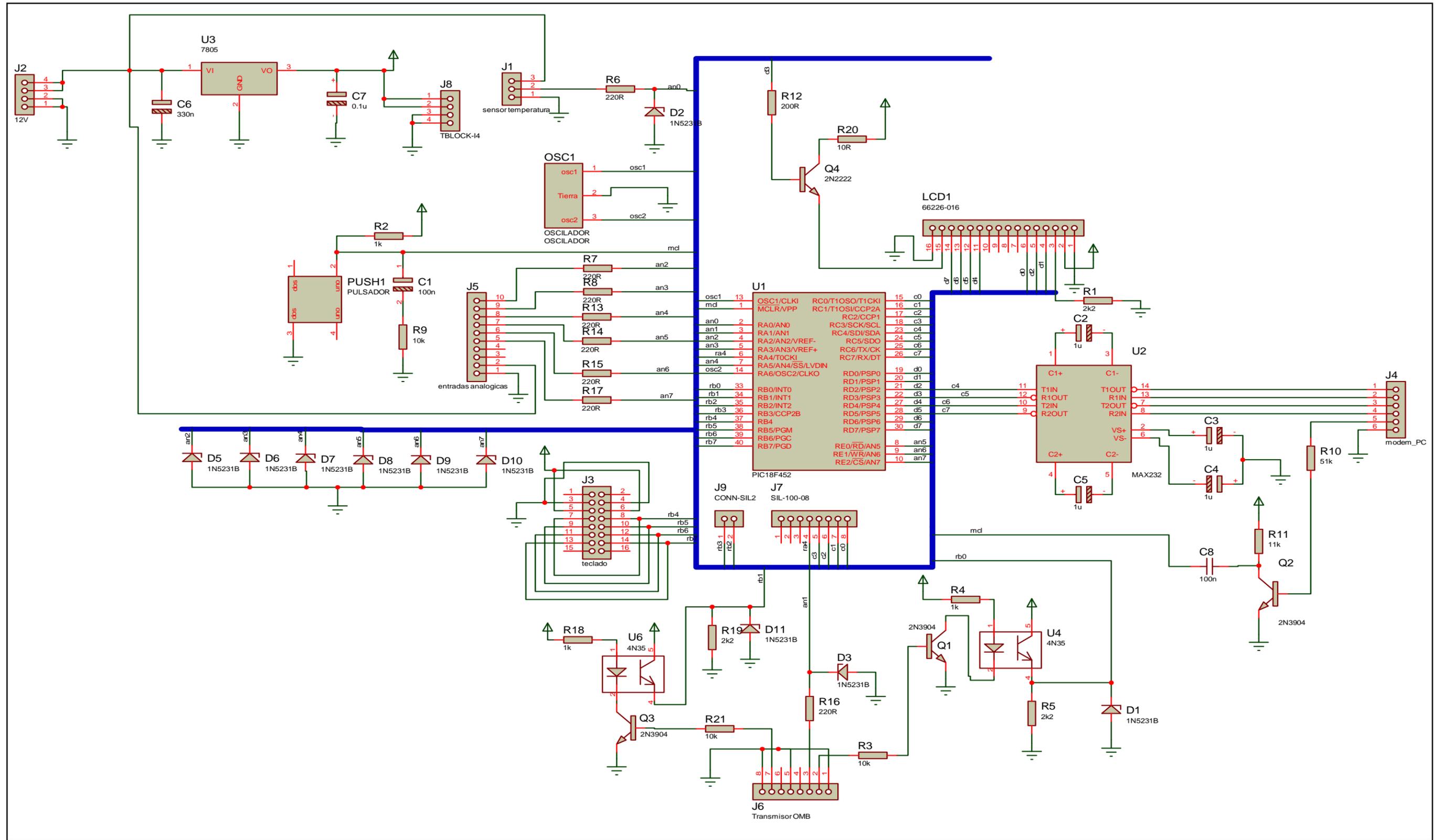


Figura 4.22 Diseño Esquemático de la TPI Utilizado Para el Circuito Impreso

circuito impreso. Allí se muestran los conectores seleccionados para la tarjeta.

Después de definido el diseño final de la TPI se realizó el circuito impreso en ARES y los resultados obtenidos se pueden apreciar en la Figura 4.23 donde se muestra una simulación tridimensional de diseño realizado y que representa lo que se obtiene a partir del programa de enrutamiento

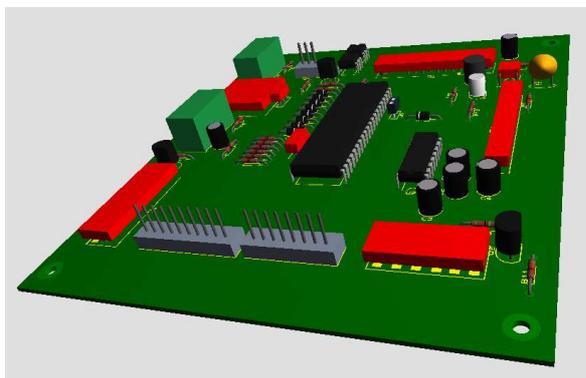


Figura 4.23 Diseño del Circuito Impreso simulado en ARES

Con la simulación en ARES se obtuvieron archivos que permitieron utilizar la maquina fresadora LPKF Protomatic C30 para finalmente obtener el circuito impreso mostrado en la Figura 4.24

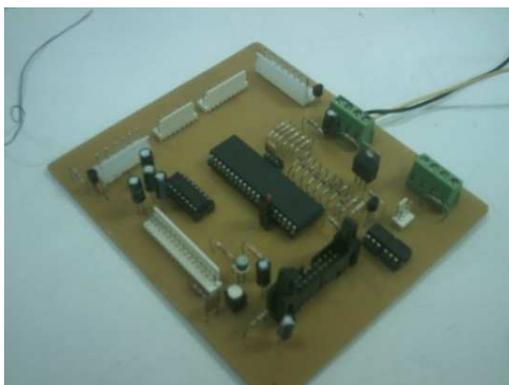


Figura 4.24 TPI Construida

4.4.4 Descripción de Conectores

A continuación se realiza una descripción de los conectores presentes en la TPI por medio de

tablas explicativas de los pines y el uso de cada pin en los conectores. La explicación de cada conector está referida a lo que se muestra en la Figura 4.22. En seguida son presentadas las tablas desde la 4.3 hasta 4.12 donde se realiza la descripción de los conectores existentes en la TPI. Se describe cada pin y el uso que se le dá

Tabla 4.3 Conector J1 Sensor Temperatura

PIN	USO
1	Tierra, señal de voltaje de referencia
2	Entrada señal de voltaje analógico
3	12 VDC alimentación sensor temperatura

Tabla 4.4 Conector J2 Alimentacion 5 VDC

PIN	USO
1 y 2	Tierra
3 y 4	12 VDC Alimentación dela TPI proveniente de la fuente de computador

Tabla 4.5 Conector J3 Teclado

PIN	USO
1 y 2	No conectado
3 y 4	Tierra
5 y 6	5 VDC Alimentación del circuito de teclado
7 y 8	Conexión pin RB4 del PIC y botón ENTRAR
9 y 10	Conexión pin RB5 del PIC y botón ARRIBA
11 y 12	Conexión pin RB6 del PIC y botón ABAJO
13 y 14	Conexión pin RB7 del PIC y botón MENU/SALIRR
15 y 16	No conectado

Tabla 4.6 Conector J4 Puertos Seriales

PIN	USO
1	TX del puerto serial hacia el módem
2	RX del puerto serial hacia el módem
3	TX del puerto serial hacia el computador
4	RX del puerto serial hacia el computador
5	RTS (Request To Send) del puerto serial hacia el computador. Utilizado para el programa Bootloader
6	Tierra

Tabla 4.7 Conector J5 Canales Analógicos

PIN	USO
1	Tierra
2	12 VDC
3 y 4	No conectados
5	Entrada Analógica Canal AN7 del PIC
6	Entrada Analógica Canal AN6 del PIC
7	Entrada Analógica Canal AN5 del PIC
8	Entrada Analógica Canal AN4 del PIC
9	Entrada Analógica Canal AN3 del PIC
10	Entrada Analógica Canal AN2 del PIC

Tabla 4.8 Conector J6 Transmisor Radio FM OMB

PIN	USO
1, 5 y 8	Tierra
2	PIN 2 Puerto DB9 REMOTE
3	PIN 3 Puerto DB9 REMOTE
4 y 6	No conectados
7	PIN 7 Puerto DB9 REMOTE

Tabla 4.9 Conector J7 Canales Digitales Disponibles Para Expansión

PIN	USO
1, 2 y 3	No conectados
4	RA4 del PIC
5	RC3 del PIC
6	RC2 del PIC
7	RC1 del PIC
8	RC0 del PIC

Tabla 4.10 Conector J8 Alimentación Periféricos del ER

PIN	USO
1 y 2	Tierra
3 y 4	5 VDC

Tabla 4.11 Conector J9 Canales Digitales Adicionales

PIN	USO
1	Canal Digital Disponible Para Expansión
2	Canal Digital de entrada Sensor Puerta Abierta/Cerrada

Tabla 4.12 Conector LCD1 Pantalla LCD

PIN	USO
1	Tierra
2	5 VDC alimentación pantalla LCD

PIN	USO
3	Resistor de 2,2 k Ω conectado a tierra para contraste de la pantalla LCD
4	RS de la pantalla
5	RW
6	E
7, 8, 9 y 10	Libres
11	D4
12	D5
13	D6
14	D7
15	4.2 VDC led pantalla LCD
16	Tierra para el LED pantalla LCD

4.5 PANEL FRONTAL

Es la parte delantera del ER y es aquella a la cual el usuario tendrá acceso directo una vez se encuentre instalado dentro de un Rack en la estación a supervisar. Posee una pantalla LCD, un teclado de cuatro (4) botones, LED indicador de funcionamiento del ER y un botón para ENCENDER/APAGAR el ER (Ver Figura 4.27).

4.5.1 Diseño del teclado

El ER debe tener un pequeño teclado debido a que en ocasiones será necesario que el personal de mantenimiento realice algunas revisiones manuales de los parámetros monitoreados y algunas otras tareas disponibles en el menú programado en el ER.

El teclado propuesto consta de cuatro (4) botones:

- Uno para entrar y salir del menú
- Uno para seleccionar la opción actual desplegada en la pantalla
- Dos para navegar por el menú (Arriba, Abajo)

La idea de colocar un teclado y una pantalla LCD reside en el hecho de que el usuario necesita interactuar con el ER para explorar los diferentes parámetros supervisados y evaluar el correcto funcionamiento de las mediciones realizadas. Con la pantalla se pueden visualizar

los valores medidos en tiempo real y poder así verificarlos. El teclado permite navegar por el menú donde se pueden realizar envíos manuales de reportes a la central de gestión y cambiar rangos de valores normales en las variables supervisadas. Como se aprecia en la Figura 4.25

Los cuatro botones constituyen cuatro señales que son llevadas a los pines RB4-RB7 del Microcontrolador con el objetivo de poder utilizar la interrupción del puerto B “RB int”

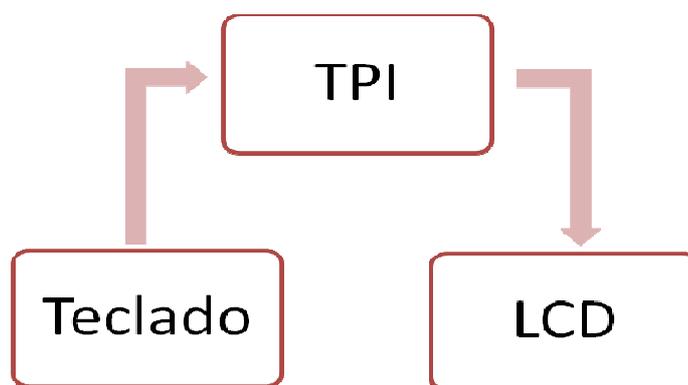


Figura 4.25 Interacción teclado-pantalla

La configuración general del teclado se muestra en la Figura 4.26

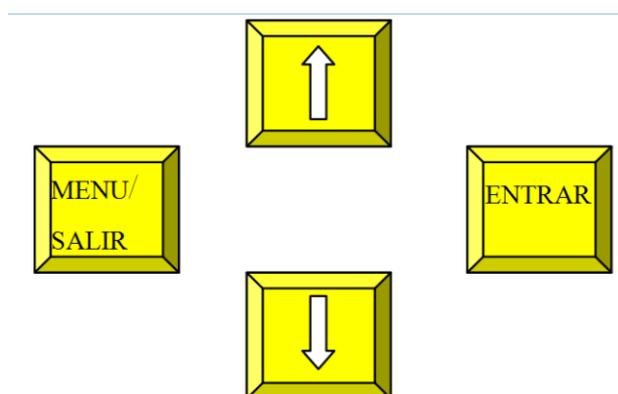


Figura 4.26 Disposición del Teclado

El teclado se coloca en el panel frontal del ER, cerca de la pantalla LCD y de manera apropiada para que los usuarios puedan hacer uso del mismo en forma cómoda, como se aprecia en la Figura 4.27

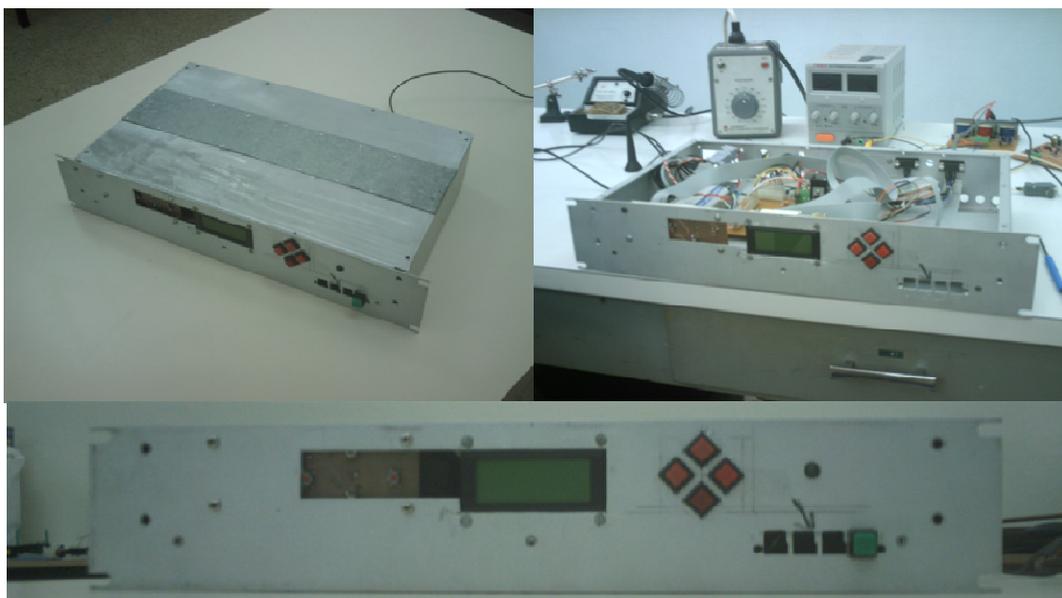


Figura 4.27 Panel Frontal del Equipo Remoto

4.5.2 Menú

A continuación se muestran las diferentes pantallas, que es posible obtener al navegar a través del menú del ER, en las figuras siguientes:

En operación normal el ER despliega la pantalla de la Figura 4.28. Una vez que se presiona el botón MENU/SALIR aparece la pantalla de la Figura 4.29 donde se muestran cuatro (4) posibles opciones que pueden navegarse utilizando los botones ARRIBA y ABAJO que controlan el movimiento vertical del cursor mostrado en forma de “flecha”. Para seleccionar alguna de las opciones se ubica el cursor sobre ella y se presiona el botón ENTRAR.



Figura 4.28 Pantalla normal



Figura 4.29 Primer Nivel de menú

En caso de seleccionar la opción VARIABLES MEDIDAS se accede a la pantalla de la Figura 4.30 donde existen seis (6) opciones correspondientes a las seis variables que han sido habilitadas en el ER para ser medidas. Nuevamente se puede acceder a cualquiera de ellas ubicando el cursor sobre la misma por medio de los botones ARRIBA y ABAJO para luego presionar ENTRAR.



Figura 4.30 Pantalla Variables Medidas

Si se selecciona la variable POTENCIA TX se puede apreciar el nivel de potencia, medido en Vatios (W), irradiada por el transmisor FM como se señala en la Figura 4.31. El menú seleccionado permite acceder hasta esta pantalla. Para retornar a las demás opciones o salir del menú solo es necesario pulsar tantas veces como sea necesario el botón MENÚ/SALIR.



Figura 4.31 Pantalla Indicando Potencia del Transmisor FM

El resto de las opciones se acceden de manera similar a la mostrada anteriormente, se deja su explicación detallada para el manual de usuario.

4.6 PANEL POSTERIOR

Corresponde a la parte trasera del ER y es allí donde se encuentran todas las conexiones necesarias para el correcto funcionamiento del mismo:

- Sensores,
- Puerto serial computador
- Antena del módem
- Alimentación de Equipo Remoto

4.6.1 Conectores

Los puertos donde se conectan los sensores, así como también el conector destinado a la alimentación del ER se muestran en la Figura 4.32. Para mejor detalle se presenta la Tabla 4.13.

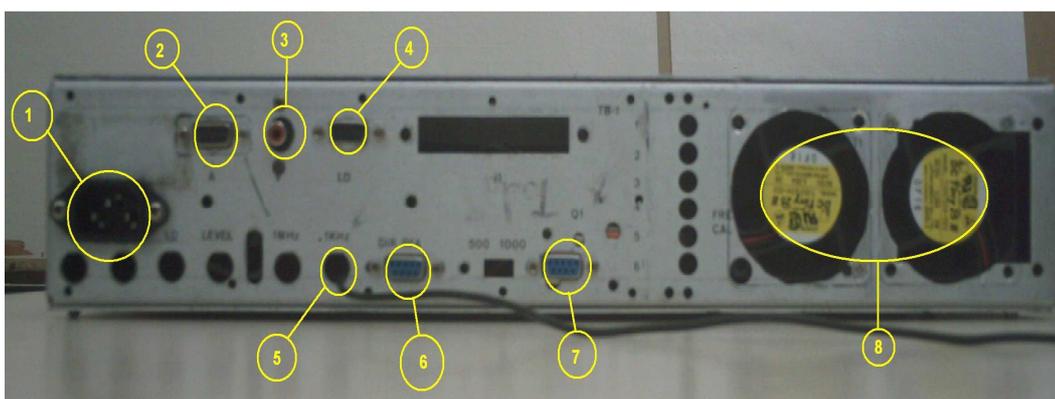


Figura 4.32 Descripción Panel Posterior

Tabla 4.13 Descripción de los Conectores Panel posterior

ELEMENTO	USO
1	Conector alimentación VAC del Equipo Remoto

ELEMENTO	USO
2	Conector DB9 hacia transmisor FM OMB en su conector DB9 REMOTE
3	Conector Sensor Puerta Abierta/Cerrada
4	Conector DB9 Puerto serial RS232 hacia computador
5	Salida para la antena del módem
6	Conector DB9 para sensor de voltaje
7	Conector DB9 para sensor de temperatura
8	Ventiladores extractores para retirar el calor disipado por el Equipo Remoto

4.6.2 Correspondencia Entre Conectores de la TPI y del Panel Trasero

Los conectores presentes en el panel posterior del ER se relacionan con la TPI de la forma que se indica desde la Tabla 4.14 hasta la Tabla 4.17.

Tabla 4.14 Correspondencia Entre Pines de Conectores Sensor Temperatura

PANEL POSTERIOR CONECTOR DB9	CONECTOR J1 DE LA TPI
3	2
6	3
9	1

Tabla 4.15 Correspondencia Entre Pines de Conectores Sensor Voltaje

PANEL POSTERIOR CONECTOR DB9 SENSOR VOLTAJE	CONECTOR J5 DE LA TPI
1	2
2	8
3	9
4	10
5	1

Tabla 4.16 Correspondencia Entre Pines Conector Transmisor FM

PANEL POSTERIOR CONECTOR DB9 TRANSMISOR FM	CONECTOR J6 DE LA TPI
1,5 y 8	1, 5 y 8
2	2
3	3
7	7

Tabla 4.17 Correspondencia Conector DB9 Serial RS232 Computador

PANEL POSTERIOR CONECTOR DB9 SERIAL RS232 COMPUTADOR	CONECTOR J4 DE LA TPI
2	3
3	4
4	5
5	6

4.7 CARCASA DEL EQUIPO REMOTO

Como se mencionó desde el inicio del proyecto el ER se diseñó para instalarse en rack de telecomunicaciones estándar de 19" para poderse ubicar lo más cerca posible del transmisor a monitorear. Se realizaron múltiples ajustes a una antigua carcasa, como perforaciones, cortes, ampliación de aberturas y finalmente pulido para lograr el resultado mostrado en la Figura 4.33.



Figura 4.33 Equipo Remoto Terminado

4.8 DISEÑO DEL PROGRAMA

El programa debe permitir monitorear constantemente las variables de interés, si ocurre que alguna de ellas sale de los valores normales, entonces ejecute instrucciones para realizar el envío de información. En primera instancia se plantea que la información se envíe como mensaje de texto indicando el valor actual de la variable.

El ER diseñado puede operar utilizando bien sea módem GSM ó módem CDMA. En todo caso la diferencia se presenta en los algoritmos destinados a enviar información, el resto del funcionamiento es común para ambos módem.

4.8.1 Algoritmo de Funcionamiento del Equipo Remoto

La programación del Microcontrolador fue realizada utilizando lenguaje C por medio del conocido compilador PICC CCS y como se mencionó anteriormente en este capítulo, se simuló el desempeño de la programación realizada en la herramienta ISIS del paquete Proteus. Por razones de espacio se explica solo el algoritmo o diagrama flujo del programa principal del ER y se explica el funcionamiento de las funciones señaladas en el mismo.

En la Figura 4.34 se puede apreciar la estructura general del programa principal que ejecuta el Microcontrolador. Es posible identificar la configuraciones iniciales del Microcontrolador en las que se asignan las funciones de cada pin del mismo, se hacen llamadas a librerías para manejo de la pantalla y teclado, así como asignación de los puertos RS232 a utilizar.

Una vez que el ER entra en funcionamiento inicia el programa principal, se ejecutan las configuraciones iniciales y entonces ingresa a un lazo infinito en el que debe permanecer monitoreando las variables de interés y a la espera de que algún usuario intente ingresar al menú del ER. A continuación se describe el funcionamiento de las funciones presentes en el lazo infinito del programa principal.

Medición_Analógica: Se encarga de ejecutar las instrucciones necesarias para lograr medir cada uno de los cinco (5) canales analógicos que se utilizan actualmente del ER. Recuérdese que se tiene un canal disponible para el sensor de temperatura, otro para la señal de potencia RF del Transmisor FM y otros tres canales para las señales provenientes del sensor de voltaje.

Prueba_Fallo: Esta función realiza la comparación de cada uno de los valores medidos con los establecidos como normales. En caso de alguna falla se cambia el valor de una variable que será utilizada por la función *Modo_Envío*.

Probar_Tecla: Es la función destinada a monitorear la pulsación de alguna de las teclas disponibles en el teclado. Si en operación normal se presiona la tecla MENÚ/SALIR entonces

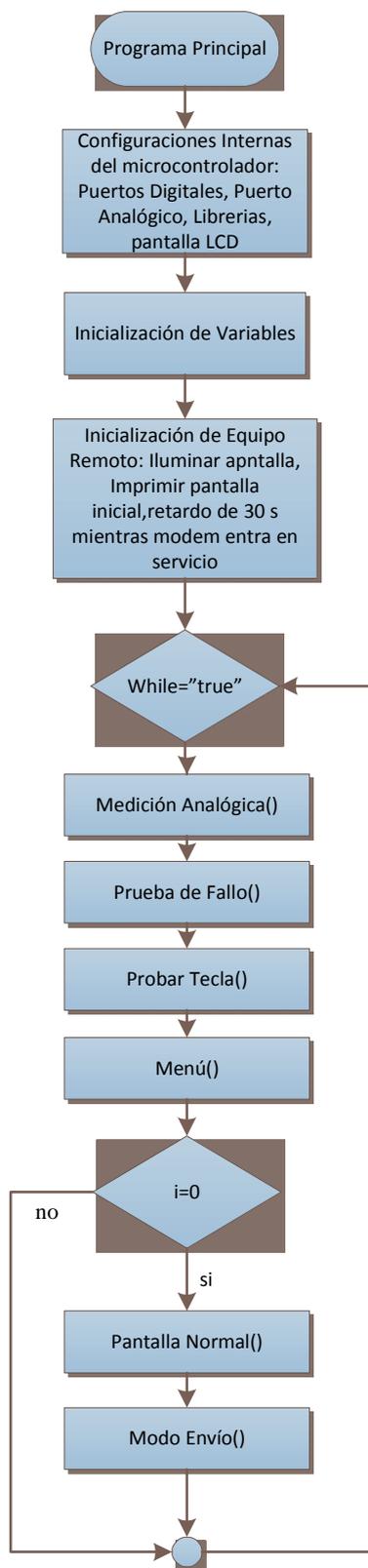


Figura 4.34 Diagrama de Flujo Programa Principal

se realizan asignaciones de variables que permiten habilitar la impresión de determinadas pantallas dentro de la función *Menú*.

Menú: Dependiendo de los valores de ciertas variables asignadas dentro de la función anterior, es posible ingresar a las diferentes opciones existentes en el menú programado. Una de las variables que cambia de valor al entrar en la función *Menú*, es la asignada como “i”; esta toma el valor de i=1, razón por la cual se deshabilitan dos funciones que se encuentran más adelante en el desarrollo del programa principal como son: *Pantalla Normal* y *Modo Envío*. Esto tiene como objeto inhabilitar la posibilidad de envío de alarmas de forma automática mientras algún usuario se encuentre explorando el menú del ER. Cuando el usuario sale del menú entonces el valor de “i” retoma el valor de cero (0) para continuar en funcionamiento normal.

Pantalla Normal: Permite imprimir en la pantalla del ER el mensaje que se observa cuando este se encuentra en funcionamiento normal.

Modo Envío: Es la función encargada de realizar el envío de alarmas a la central de gestión. En modo normal de funcionamiento la función verifica el valor de una variable asignada previamente en la función *Prueba_Fallo* y en caso de presentarse una situación anormal en alguno de los parámetros supervisados entonces se habilitan la ejecución de instrucciones que generan la comunicación serial entre el Microcontrolador y el módem para enviar los reportes de alarmas necesarios.

4.8.2 Formato de Envío Con Módem GSM

Debido a las características de funcionamiento del módem GSM y la forma como se utilizan los comandos AT para generar el envío de mensajes de texto, se propone un formato de mensaje de texto que incluya la siguiente información:

- Nombre de la Estación
- Tipo de alarma
- Voltajes de fase de la acometida de la estación

- Temperatura de la sala de equipos:
- Potencia de salida de la estación:
- Al Aire:
- Alarma TX:

A continuación se describe cada uno de los elementos constitutivos de la información contenida en el mensaje de texto enviado:

Nombre de la estación: Esto se hace almacenando en la memoria del PIC del ER una cadena de caracteres representativa de la estación a la cual fue asignado.

Tipo de alarma: Aquí se indica la variable que ocasionó el envío del mensaje de texto, de igual manera se almacena en el Microcontrolador como una cadena de caracteres y de acuerdo al tipo de alarma se adiciona al campo para realizar el envío. Los posibles casos de generación de alarmas se muestran en la Tabla 4.18.

Tabla 4.18 Descripción de las Posibles Fallas a Reportar

<i>FALLA</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
<i>Falla: Salida del Aire</i>	Salida momentánea del aire
<i>Transmisor Fuera del Aire</i>	Alarma generada cuando el equipo transmisor permanece fuera del aire por más de tres (3) segundos
<i>Temperatura anormal</i>	Si la temperatura sale del rango establecido
<i>Falla de Potencia TX</i>	En caso de que la potencia de salida varíe más allá del rango permitido
<i>Voltaje anormal</i>	Si el voltaje de al menos una fase sale del rango normal establecido

Voltajes de fase de la acometida de la estación: Aquí se coloca el valor medido de la tensión eléctrica de cada fase y se indican siguiendo la nomenclatura estándar utilizada en el país para la descripción de cada fase como se muestra a continuación:

R = 120 V

S = 120 V

T = 120 V

Temperatura de la sala de equipos: En este campo se indica la temperatura medida en la sala de equipos en grados centígrados como se indica a continuación:

Temp = 25 °C

Potencia de salida de la estación: aquí se va a colocar el valor de la potencia de salida RF del equipo transmisor medida en vatios (W), un ejemplo de ello sería así:

P = 250 W

Al Aire: Parámetro obtenido del puerto de comunicaciones del equipo transmisor que se indicará con un SI ó un NO de acuerdo a la condición medida, como se muestra aquí:

Al Aire: SI

Alarma TX: Al igual que el caso anterior esta variable se obtiene de realizar la comprobación de un pin del puerto de comunicaciones del transmisor, indicando su condición de igual manera:

Alarma TX: NO

Un ejemplo de la forma como se puede observar el mensaje de texto una vez que se reciba es la correspondiente a la Figura 4.35:

Estación Mérida Transmisor Fuera del Aire R=0 V S=120 V T=120 V Temp= 25 °C P= 0 W Al Aire: NO Alarma TX: NO
--

Figura 4.35 Visualización de los Mensajes enviados

4.8.3 Formato de Envío con Módem CDMA

En el caso de que el ER utilice el módem CDMA cambia la forma como se envía las alarmas debido a que ente caso el módem recibe el contenido del texto a enviar en forma de tramas hexadecimales, razón por la cual se ha decidido elaborar un protocolo sencillo en el que se construye una trama contentiva de los valores de los parámetros supervisados. La trama desarrollada para envío de información presenta la forma siguiente

01011511511525.1100.5

La trama consta de 21 caracteres incluyendo los puntos, leídos de izquierda a derecha. Con ayuda de la Figura 4.36 y la Tabla 4.19 se describe la conformación de la trama al separarla en campos de valores.

campo A	campo B	campo C	campo D	campo E	campo F	campo G	campo H
0	1	0	115	115	115	25.1	100.5

Figura 4.36 Separación en Campos de la Trama Generada.

Tabla 4.19 Descripción Formato de Envío con Módem CDMA

CAMPO	DESCRIPCIÓN	VALORES
A	Estado del Transmisor FM	0: Transmisor al Aire 1: Transmisor fuera del Aire
B	Alarma Transmisor FM	0: No existe alarma en el Transmisor 1: Existe alarma interna en el transmisor FM.
C	Puerta Sala de Equipos	0: Puerta Cerrada. 1: Puerta Abierta
D	Valor numérico voltaje fase R	Valor medido en voltios (V)
E	Valor numérico voltaje fase S	Valor medido en voltios (V)
F	Valor numérico voltaje fase T	Valor medido en voltios (V)
G	Temperatura Sala de Equipos en grados centígrados (°C)	Valor medido en grados centígrados con un dígito decimal
H	Potencia de Salida del Transmisor en Vatios (W)	Valor medido en Vatios (W) con un dígito decimal

Cada campo señalado ocupa siempre la misma cantidad de caracteres, así en caso de que

se mida una tensión de fase inferior a 100 V el valor es completado con tantos ceros a la izquierda como sea necesario para constituir los tres caracteres del campo. De manera similar se hace con el resto de los campos.

CAPÍTULO V

EQUIPO CENTRAL

En este capítulo se realiza la descripción de la implementación del Equipo Central (EC) encargado de recibir la información de la estación a supervisar, procesarla y mostrarla al personal de monitoreo de la Central de Gestión (CG).

5.1 ASPECTOS GENERALES

Se debe recordar que el objetivo fundamental del Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión, es informar de manera oportuna al personal de mantenimiento de las estaciones de radiodifusión sobre cualquier anomalía existente en las mismas y es en este capítulo donde se describe la parte final de este sistema.

5.1.1 Equipo Central

Definido como la parte del Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión a la que corresponde recibir la información proveniente de los ER instalados en las estaciones de radiodifusión procesarla y mostrarla al personal de monitoreo en la CG en una interfaz adecuada para la interpretación sencilla de la información recibida.

5.1.2 Central de Gestión

Se denomina de esa manera al lugar donde se encuentra instalado el EC, en el cual labora el personal dedicado a monitorear el correcto funcionamiento de las estaciones que forman parte del Sistema de Supervisión y tomar las decisiones respectivas en caso de presentarse alguna situación de alarma. También se tiene en cuenta que el sistema permite obtener un registro histórico del funcionamiento general de la estación por lo que el personal

de la CG puede planificar mantenimientos preventivos de las estaciones basados en los datos aportados por el Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión.

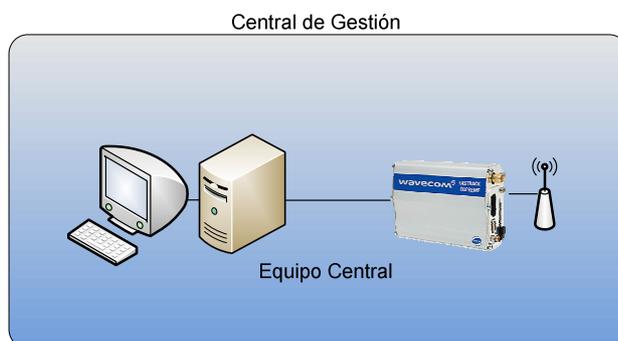


Figura 5.1 Composición Equipo Central

En la Figura 5.1 se puede apreciar la configuración general de la CG en la que se encuentra el EC que a su vez se encuentra compuesto por el módem GSM ó CDMA y el computador que se encarga de procesar los datos y mostrar en pantalla la interfaz de usuario.

5.2 INTERFAZ DE USUARIO

Considerando los aspectos señalados en las secciones 2.2.2 y 2.2.3 relacionados con el software dedicado a la manipulación de la información proveniente del ER se debe dejar claro que el personal de la CG debe contar con una interfaz sencilla, que permita interpretar fácilmente los datos recibidos para que puedan tomar decisiones correctas en pro de la operatividad de las estaciones de radiodifusión. Una consideración importante para el desarrollo de la interfaz de usuario es que aunque el sistema está diseñado para que la información llegue a la CG se considera importante que pueda accederse a la misma desde diferentes lugares, por tal razón se decidió desarrollar la interfaz basada en una aplicación WEB.

5.2.1 Lenguaje de Programación

Al hacer la elección de utilizar una interfaz basada en una aplicación WEB se considera de antemano el uso del lenguaje HTML como base del desarrollo de la interfaz WEB del EC.

Además también es necesario utilizar lenguaje PHP en conjunto con HTML por razones que son expuestas en la sección siguiente.

5.2.2 Librería PHP para Puerto Serial

El punto más importante de la implementación del EC, corresponde a realizar por medio de software, la lectura automatizada de la información recibida en el módem del EC y como se ha enfocado el desarrollo en una aplicación WEB, se debe entonces conseguir que dicha aplicación WEB sea quien realice la lectura automatizada de la información contenida en el módem. En vista de eso se inicia la búsqueda de alguna herramienta capaz de controlar el puerto serial de la computadora por medio de una aplicación WEB y así poder enviar comandos AT al módem que permitan descargar la información contenida en él.

En la búsqueda se logra obtener una librería basada en lenguaje PHP dedicada al manejo del puerto serial de un computador. La librería se denomina “*PHP SERIAL EXTENSION*” y fue obtenida del sitio WEB: TheByteWorks⁴. La librería permite controlar cualquier dispositivo conectado al puerto serial de un computador operando como servidor WEB. [Cosmin Buhu, 2009]

Seguidamente se requiere instalar un servidor WEB que incluya herramientas para el procesamiento de código PHP. En tal sentido se utiliza el paquete de software XAMPP 1.7.0 que incluye un servidor WEB “todo en uno” adecuado para el uso de código PHP incluido dentro de archivos web de código HTML.

5.2.3 Descripción del Diseño

Como el trabajo se trata de un prototipo de Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión se supone que en el futuro ocurra una producción masiva del mismo para cubrir las necesidades de supervisión a nivel nacional de las estaciones de radiodifusión, por esta

⁴ TheByteWorks es un sitio web del cual puede descargarse la librería PHP SERIAL EXTENSION hecha con el objetivo de controlar los puertos de comunicación serial de un PC. Está desarrollada en plataforma Window y permite ser utilizada en aplicaciones WEB.

razón se considera importante desarrollar una interfaz acorde que permita la adición de otros ER. Es así como se diseña una interfaz con tres pantallas a describir a continuación:

Nivel Nacional: En esta pantalla se utiliza una imagen de un mapa de Venezuela abarcando toda la pantalla. Sobre el mapa se ubican botones que señalan diferentes regiones en el país; cada botón permite acceder a otra pantalla referida a la región señalada en el botón. En la Figura 5.2 se tiene la imagen del mapa de Venezuela con los botones correspondientes a las regiones

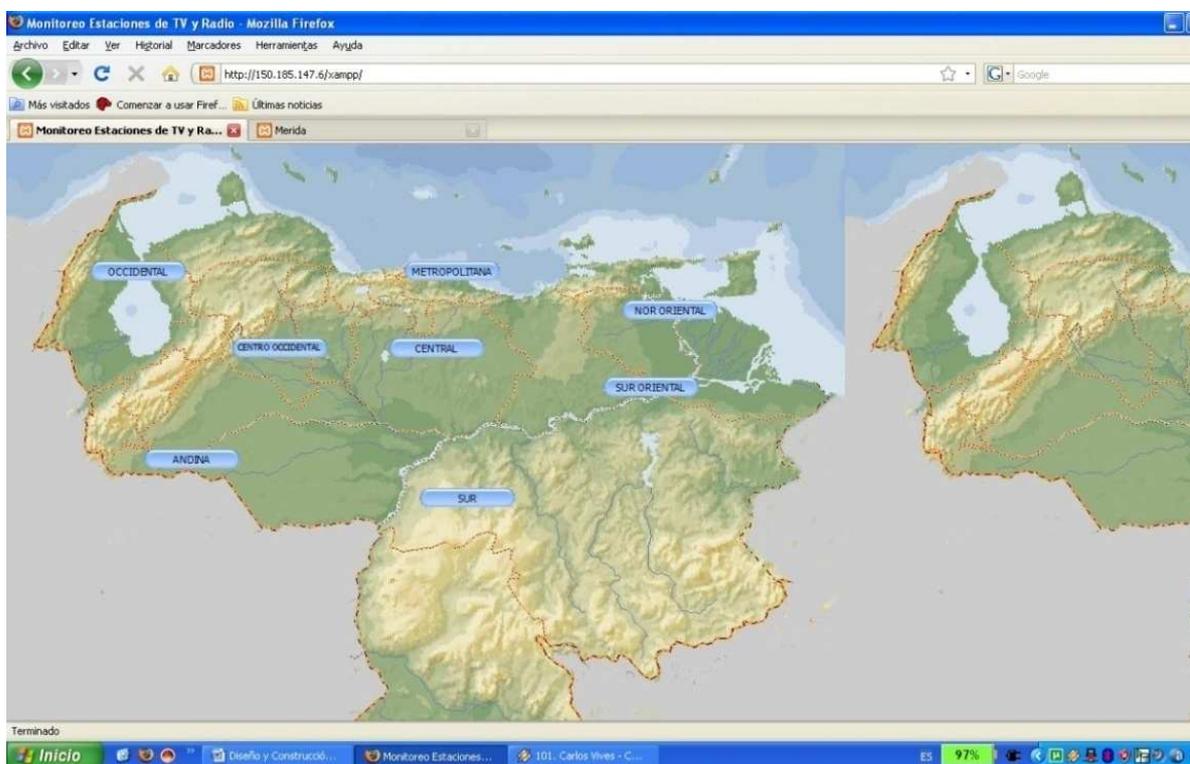


Figura 5.2 Pantalla correspondiente al Nivel Nacional

Nivel Regional: Luego de acceder al botón de la región seleccionada se muestra un mapa más detallado de la misma con otra cantidad de botones señalando la ubicación de las estaciones en la región. Al presionar en el botón de alguna estación se accede a la última pantalla que aporta los detalles de la estación

Para el proyecto solo se realizó la implementación de una estación que corresponde a la

instalada de la ciudad de Mérida. En la Figura 5.3 se tiene la imagen correspondiente dicha Región en la que se puede observar un botón correspondiente a la Estación Mérida; al presionar sobre este, se puede acceder al último nivel de pantallas del Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión.

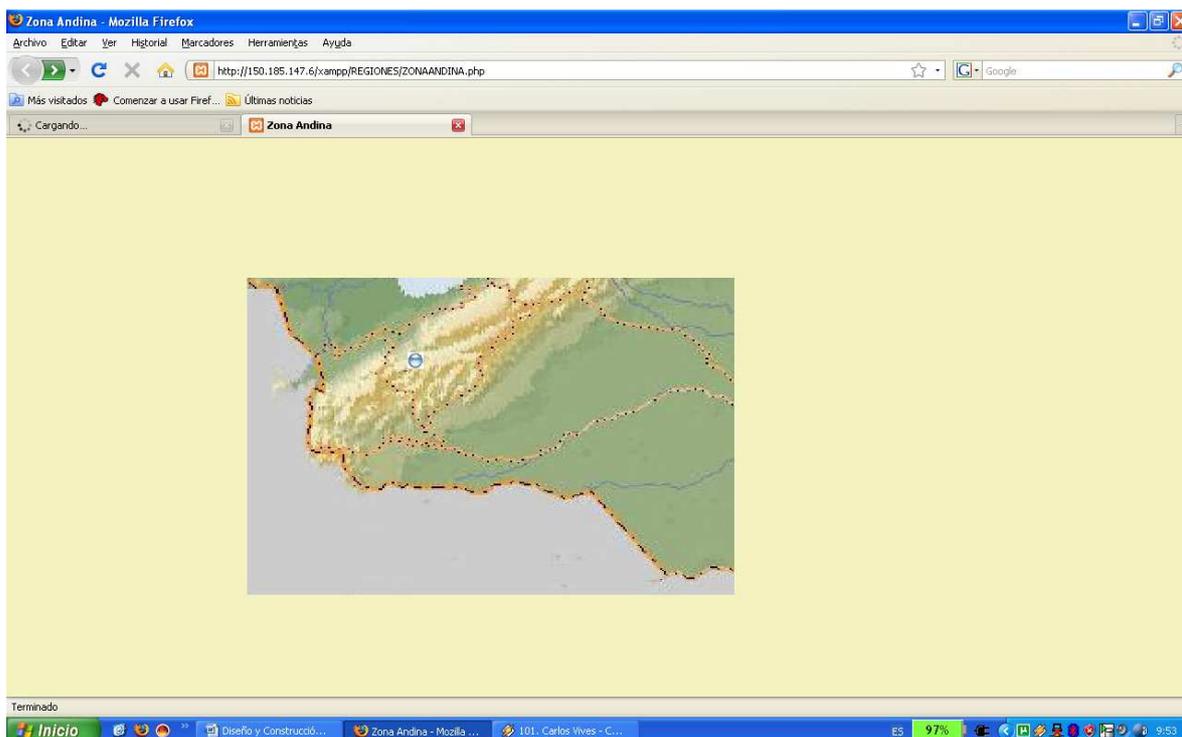


Figura 5.3 Pantalla Corespondiente a la Región Andina

Nivel Estaciones: Aquí se pueden apreciar los datos recibidos en el EC de esa estación en una tabla contentiva de los datos señalados adecuadamente donde se puede observar un reporte histórico de la estación ordenado ascendentemente por fecha y hora de la generación del reporte en el ER.

La Figura 5.4 muestra la tabla mencionada anteriormente. Se debe destacar que el ER emite reportes de manera inmediata una vez que se presenta alguna alarma. Si persiste la condición de alarma por más de cinco (5) minutos entonces el ER cambia la modalidad de envío haciéndolo ahora cada cinco (5) minutos mientras persista la condición de alarma, La configuración de este comportamiento puede cambiarse dependiendo de las necesidades.

Merida - Mozilla Firefox

Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda

http://150.185.147.6/xampp/REGIONES/ESTACIONES/MERIDA.php

Más visitados Comenzar a usar Firef... Últimas noticias

Monitoreo Estaciones de TV y Radio Merida

MERIDA

Edo Mérida San Rafael de Chama, Local de Niños Cantores Televisión Mérida Municipio Libertador, Parroquia Jacinto Plaza

Numero Tlf	Transmisor	Alarma TX	Puerta	Fase R [V]	Fase S [V]	Fase T [V]	Temperatura [°C]	Potencia [W]	Fecha	Hora
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	ABIERTA	119	115	122	24.8	105.6	04/12/09	16:43
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	ABIERTA	119	114	121	24.7	105.3	04/12/09	16:46
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	ABIERTA	119	114	121	24.7	105.6	04/12/09	16:49
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	117	113	120	24.7	105.6	04/12/09	16:56
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	117	113	121	24.7	105.6	04/12/09	16:59
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	117	114	120	24.5	105.6	04/12/09	17:02
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	117	113	120	24.5	105.6	04/12/09	17:05
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	117	114	120	24.7	105.6	04/12/09	17:08
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	118	112	121	24.5	105.6	04/12/09	17:11
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	117	114	120	24.5	105.6	04/12/09	17:14
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA						04/12/09	17:17
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA						04/12/09	17:21
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA						04/12/09	17:24
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA						04/12/09	17:43
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	ABIERTA	113	110	117	24.1	103.4	04/12/09	18:01
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	ABIERTA	112	110	117	24.5	103.4	04/12/09	18:02
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	ABIERTA	115	111	119	23.9	103.4	04/12/09	18:07
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	ABIERTA	114	111	119	24.5	103.4	04/12/09	18:08
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	112	110	117	23.9	103.4	04/12/09	18:26

Terminado

Inicio Diseño y Construcció... Merida - Mozilla Firefox 105. Control Machete... ES 97% 9:55

Figura 5.4 Pantalla correspondiente a la Estación Mérida

CAPÍTULO VI

PRUEBAS

En este capítulo se mencionan los detalles relacionados con las pruebas realizadas sobre el ER a medida que transcurría su construcción hasta obtener el producto final y las pruebas de la interfaz del EC. También se presentan los resultados finales obtenidos del trabajo realizado.

6.1 PRUEBAS

6.1.1 Sobre los Módem GSM y CDMA

Las pruebas de funcionamiento del Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión fueron realizadas inicialmente sobre los módem GSM y CDMA, con el objeto de aprender a utilizarlos y explorar sus capacidades. En estas pruebas se conoció el procedimiento de envío de SMS desde cada módem y la forma como se podía recibir mensajes en cada uno de ellos y la forma como eran desplegados en el computador utilizado el programa Hyperterminal de Windows.

Cada módem difiere notablemente en la sintaxis de los comandos AT que utilizan aunque cumplan la misma función. Se hizo un algoritmo para cada módem con el objeto de automatizar el envío y recepción de SMS. Las pruebas realizadas permitieron probar y ajustar las rutinas programadas en el ER y el EC para lograr un adecuado flujo de datos de manera que aseguren la confiabilidad del sistema.

6.1.2 Sobre el Equipo Remoto

Desde el momento que se inicia la construcción del ER, se inician las pruebas de todos sus periféricos, tanto la pantalla LCD, los canales digitales, los canales analógicos, los puertos de

comunicación serial y el teclado. Las pruebas comenzaron sobre el ER montado en protoboard donde cada una de las partes que se agregaba era probada constantemente a lo largo de toda la construcción

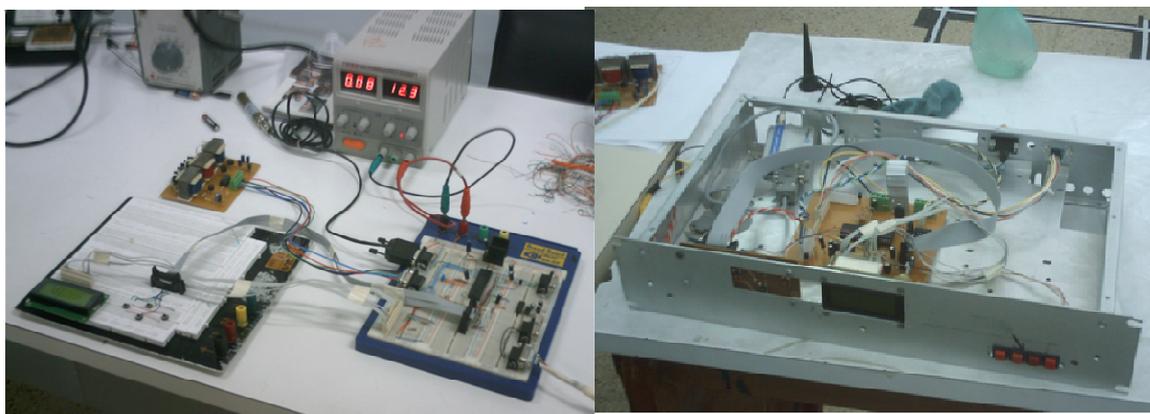


Figura 6.1 Pruebas Iniciales del Equipo Remoto

En la Figura 6.1 se puede apreciar la forma como se hacían las pruebas sobre el ER aún cuando se encontraba montado a nivel de protoboard y luego cuando comienza la instalación dentro de la carcasa final.

Cuando se incorporó el sistema de alimentación final constituido por el UPS y la fuente de computador, se procedió a instalar todos los periféricos del ER dentro de la carcasa, significando esto el ensamblaje final del ER que permitió realizar las pruebas completas del mismo. En las pruebas finales se utiliza una tarjeta electrónica diseñada de manera sencilla para obtener las señales proporcionadas por el Transmisor FM, haciendo de esta manera la emulación del mismo para poder realizar las pruebas en el laboratorio debido a que el Transmisor FM a utilizar se encuentra instalado en la estación Mérida; la Figura 6.2 muestra el montaje electrónico utilizado en las pruebas.

El montaje electrónico consta de un potenciómetro y dos pulsadores con los que es posible realizar cambios en las tensiones suministradas al ER a través del puerto DB9, ubicado en su panel trasero, dedicado al monitoreo del transmisor FM. Las variaciones de tensión permiten emular las señales proporcionadas por el transmisor FM al ER; con el potenciómetro

se realizan cambios en la tensión DC indicativa de la potencia RF de salida del transmisor, de igual manera, con los pulsadores es posible emular la condición de funcionamiento y situación de alarma interna del transmisor FM.

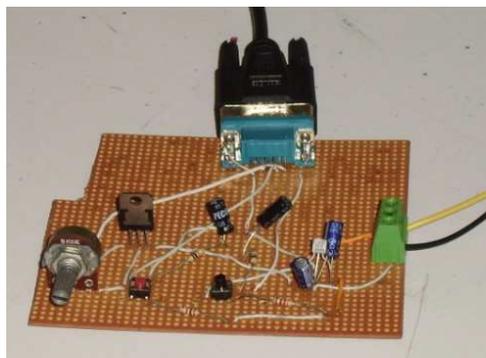


Figura 6.2 Montaje Electrónico Diseñado Para Simular las Señales Del Transmisor FM

6.1.3 Sobre el Sistema Completo

Luego de tener en pleno funcionamiento el ER, se realiza el ajuste del EC para recibir la información adecuadamente y dejarlo operativo por varios días de manera ininterrumpida. Los ajustes de la aplicación Web se relacionan con la decodificación de las tramas enviadas por el ER y el procesamiento de las mismas para ser mostradas en la pantalla de la Estación Mérida y que puedan ser interpretadas por el personal de la CG.

A continuación se muestran algunas imágenes donde se muestran los resultados las pruebas realizadas sobre el Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión. La Figura 6.3 permite apreciar parte de la pantalla de la estación Mérida en el EC, donde se muestran reportes enviados periódicamente por el ER bajo condiciones normales de funcionamiento de la Estación, en este caso el período de envío es de 18 minutos.

La Figura 6.4 muestra la manera como se despliega en la pantalla del EC para la estación Mérida, una falla de puerta abierta. En la figura se observa el campo correspondiente al estado de la puerta en color rojo y mostrando la palabra “ABIERTA” indicando la situación de alarma; cada fila de la tabla representa un reporte enviado por el ER, este reporte contiene todos los valores del resto de las variables en el momento que se abrió la puerta donde se

encontraba el sensor de la puerta para el momento de la prueba, en este caso se trata de la puerta del laboratorio.

+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	121	117	125	23.0	101.2	07/12/09	18:57
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	119	114	124	23.0	100.7	07/12/09	19:16
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	120	116	125	23.0	101.2	07/12/09	19:35

Figura 6.3 Reportes Enviados por el Equipo Remoto Bajo condiciones Normales

MERIDA										
Edo. Mérida. San Rafael de Chama, Local de Niños Cantores Televisión Mérida Municipio Libertador, Parroquia Jacinto Plaza.										
Numero Tlf	Transmisor	Alarma TX	Puerta	Fase R [V]	Fase S [V]	Fase T [V]	Temperatura [°C]	Potencia [W]	Fecha	Hora
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	ABIERTA	119	115	122	24.8	105.6	04/12/09	16:43
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	ABIERTA	119	114	121	24.7	105.3	04/12/09	16:46
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	ABIERTA	119	114	121	24.7	105.6	04/12/09	16:49

Figura 6.4 Detección de Falla Pueta Abierta

En la Figura 6.5 se encuentra un caso en el que el ER realiza el envío de un reporte que contiene fallas múltiples, en este caso se trata de una tensión en la fase T superior a la permitida y la detección de la puerta abierta.

+584165176258	AL AIRE	NORMAL	ABIERTA	124	121	129	23.3	101.2	07/12/09	17:30
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	ABIERTA	127	124	133	23.3	101.2	07/12/09	17:39
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	ABIERTA	127	124	132	23.3	101.2	07/12/09	17:43
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	ABIERTA	126	123	131	23.3	101.4	07/12/09	17:46
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	ABIERTA	125	122	129	23.3	101.2	07/12/09	17:49

Figura 6.5 Detección de Fallas Múltiples.

En la Figura 6.6 se tiene un ejemplo de detección de fallas simuladas de la temperatura en la sala de equipos en la Estación. El sensor de temperatura detectó menos de 20.0 °C a las 5:02 AM de la fecha indicada el figura.

+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	120	117	125	20.0	103.4	07/12/09	04:50
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	120	117	125	19.8	103.4	07/12/09	05:02
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	120	117	125	20.0	103.1	07/12/09	05:03

Figura 6.6 Detección de Falla en la Temperatura de la Sala de Equipos

En la Figura 6.7 se tiene el reporte de una alarma de Alarma del Transmisor FM, este alarma se simuló al oprimir el pulsador color negro de la tarjeta que emula al Transmisor FM

como se puede apreciar en la Figura 6.2

+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	123	120	129	21.0	101.2	13/12/09	08:44
+584165176258	AL AIRE	ALARMA	CERRADA	123	121	128	21.0	100.9	13/12/09	08:45
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	124	121	127	21.0	101.2	13/12/09	08:47

Figura 6.7 Detección de Alarma Interna en el Transmisor FM

+584165176258	AL AIRE	ALARMA	CERRADA	123	120	128	21.0	101.2	13/12/09	08:40
+584165176258	FUERA DEL AIRE	NORMAL	CERRADA	123	120	128	21.0	101.2	13/12/09	08:43
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	123	120	129	20.9	101.2	13/12/09	08:43

Figura 6.8 Simulación de Falla Fuera del Aire

La Figura 6.8 muestra el reporte de la falla Fuera del Aire del Transmisor FM simulado al presiona el pulsador color rojo de la tarjeta que se aprecia en la Figura 6.2

+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	124	121	129	20.9	111.4	13/12/09	08:58
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	124	121	128	21.3	111.4	13/12/09	08:58
+584165176258	AL AIRE	NORMAL	CERRADA	124	121	128	21.0	111.4	13/12/09	08:58

Figura 6.9 Reporte de Falla en la Potencia RF de Salida del transmisor FM Simulado

Finalmente en la Figura 6.9 se tiene un reporte de falla ocurrida debido a que la potencia RF de salida del Transmisor FM se salió del rango de potencia programado en el ER como normal, que corresponde a 100 W +/-5%. Esta falla se simuló al variar el nivel de voltaje DC proporcionado por la tarjeta que emula al Transmisor FM a través del potenciómetro que se observa en la Figura 6.2

CONCLUSIONES

Al término del presente trabajo se puede afirmar que fue posible realizar el diseño y construcción del Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión de manera satisfactoria. Se logró medir todos los parámetros planteados, la detección de fallas, enviar reportes a la Central de Gestión y mostrar dichos reportes en una interfaz gráfica vía Web.

Con referencia a los parámetros a medir, se estudiaron los diferentes casos y la manera más adecuada de lograr las mediciones. En el caso del sensor de temperatura fue sencillo pues ya se contaba con el sensor; para el sensor de voltaje la situación resultó un poco más complicada porque hubo que ensayar varias opciones, lo que requirió un inversión de tiempo mayor hasta lograr conseguir un diseño que asegurara el aislamiento eléctrico entre el Equipo Remoto y la red eléctrica que alimenta a la estación. El sensor de la puerta, cumplió con las necesidades planteadas. Finalmente, la medición de los parámetros del transmisor FM se implementó sin mayores inconvenientes.

Se estudiaron las tecnologías de telecomunicaciones GSM y GPRS. Cabe destacar que aunque no fue considerado desde el inicio también se utilizó tecnología CDMA debido a que se tuvo acceso a los módem CDMA que permitieron explorar sus posibilidades e incorporarlos al proyecto, lo que confiere al diseño una flexibilidad especial, pues es posible usar alguna de las dos (2) tecnologías dependiendo de la cobertura de los proveedores de telefonía móvil en la zona donde se encuentra la estación supervisada.

Se logró la construcción del Equipo Remoto como una unidad provista de conectores para los sensores antes señalados, con una pantalla y teclado para uso del personal de las estaciones, donde pueden acceder a los valores de los parámetros medidos y realizar algunas operaciones de cambio de rangos en los parámetros. En la construcción fue posible pasar del

diseño en *protoboard* a la placa de circuito impreso y ensamblaje de las partes hasta agrupar todo el Equipo Remoto dentro de una carcasa protectora, que permite colocarlo en un *rack* de telecomunicaciones, en una ubicación cercana al transmisor a monitorear.

Se destaca que la implementación del Equipo Central funcionó de forma adecuada a las necesidades permitiendo observar los reportes con las fallas y evaluar las situaciones ocurridas. Se hace especial énfasis en señalar que el Equipo Central se implementó como una aplicación Web, lo que extiende las posibilidades de supervisar los reportes del Equipo Remoto desde cualquier lugar donde exista un computador con acceso a Internet.

RECOMENDACIONES

El diseño y construcción de este prototipo de Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión ha permitido evaluar diferentes opciones en cada etapa del proceso con vista a realizar otras mejoras, las cuales por razones de tiempo han debido dejarse a un lado para el caso actual. Entre esas mejoras destacan:

- a) Al momento de diseñar los circuitos correspondientes a los canales digitales del ER sólo se hicieron consideraciones sobre circuitos “antirebote” sin tomar en cuenta algún tipo de protección eléctrica para dichos canales; por esta razón se sugiere incorporar en futuras mejoras del ER los cambios necesarios, en los circuitos de los optoacopladores, para garantizar aislamiento eléctrico entre éste y la señal de entrada.
- b) Implementar una regleta concentradora de variables analógicas y digitales en el Equipo Remoto en lugar de puertos específicos para cada sensor y el puerto DB-9 REMOTE del Transmisor FM. Esto con el objeto de hacer más general al Equipo Remoto y así poder adaptarlo de manera sencilla a diferentes tipos de sensores y transmisores de radio y televisión. Además de que el uso de esta “regleta” hace posible el uso del Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión en otras aplicaciones como pueden ser la supervisión de sistemas de potencia eléctrica en Subestaciones Eléctricas, Sistemas de Distribución de Electricidad, supervisión de procesos en la industria petrolera o cualquier otra aplicación donde se requiera telemetría.
- c) El ER construido, tiene la limitante de que los parámetros a desplegar en la pantalla LCD, los parámetros de medición y los rangos de dichos parámetros; deben programarse externamente, es decir; para hacer algún cambio en la forma como el ER mide alguna variable, se deben hacer cambios en el programa grabado en el

microcontrolador. Esto constituye una limitante debido a que se plantea instalar el ER en las estaciones de radiodifusión distribuidas en toda la geografía nacional, expuesto a diferentes condiciones y las necesidades particulares de cada estación, además de limitar su uso en otras posibles aplicaciones de la industria. Por tales razones se propone incorporar en próximas mejoras, los cambios en la programación del microcontrolador para hacer mediciones generales de variables analógicas y digitales en sintonía con la anterior propuesta de la regleta concentradora. Además de considerar la posibilidad de que dichos cambios se puedan realizar desde el teclado del ER.

- d) El uso de SMS para sistemas de telemetría resulta viable, y cumple con los objetivos planteados en el presente trabajo; pero no existe confiabilidad en la inmediatez con la que son entregados en destino los mensajes enviados. En tal sentido se sugiere considerar la tecnología GPRS presente en las redes GSM como una opción viable para solventar esta deficiencia existente en el uso de los servicios SMS y que en este trabajo no fue posible utilizar.
- e) Con referencia al sistema de alimentación ininterrumpida utilizado en el Equipo Remoto, se puede evaluar el diseño de un convertidor AC-DC con respaldo de baterías lo que eliminaría la etapa inversora presente en este trabajo, puesto que resulta innecesaria. El uso de un convertidor redundaría en ahorro de materiales, beneficiando la viabilidad de adopción del Sistema de Supervisión para Estaciones de Radiodifusión en diferentes ámbitos del desarrollo industrial del país.

REFERENCIAS

- Angulo Usategui, J. M., & Angulo Martines, I. (2003). *MICROCONTROLADORES PIC Diseño práctico de aplicaciones Primera parte. El PIC16F84 Lenguajes PBASIC y Ensamblador* (Tercera ed.). Madrid, España: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U.
- ANT Group srl. (2009). *Temperature Pick--up*. Recuperado el 28 de 05 de 2009, de <http://www.antgroup.it/datasheets/DS-EN-200902-TEMP.pdf>
- ANYDATA. (28 de Junio de 2001). *CDMA DATA TERMINAL SMS user manual*. Recuperado el 1 de Junio de 2009
- ANYDATA. (2004). *Experience the most powerful single integrated solution for real-time CDMA wireless data access*. Recuperado el 29 de Agosto de 2009, de http://www.rcscomponents.kiev.ua/modules/Asers_Shop/images/datasheets/IportEM.pdf
- AQUAHUB SM. (2006). *How Float Switches Work*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2009, de <http://www.aquahub.com/store/howfloatsw.html>
- Berenz Peña, G., Grande Reyes, L., & Pariona Pariona, O. (Julio de 2007). *Lectura Remota De Las Variables De Un Invernadero Usando Telemetría*. Recuperado el 15 de Junio de 2009, de http://giaxwersoft.googlepages.com/Articulo_Cientifico_Telemetria.pdf
- Boter, C., Sánchez, L., & Romeral, J. L. (s.f.). *Sistema de Control y Supervisión remota basada en telefonía móvil GSM*. Recuperado el 16 de Junio de 2009, de <http://www.jcee.upc.es/JCEE2001/PDFs2001/GSM.pdf>
- Bracho Biondo, Á. A., & Carpio Domínguez, R. E. (13 de Octubre de 2006). *Unidad de transmisión Inalámbrica Para Estaciones Automatizadas de Adquisición de Datos de Tráfico Automotor*. Recuperado el 10 de Junio de 2009, de <http://200.2.12.152/www.wisis/anexos/marc/texto/AAQ8650.pdf>
- Calderon, S., & Camargo, A. (s.f.). *MODEM*. Recuperado el 2 de Noviembre de 2009, de <http://modems.galeon.com/>
- Campbell Scientific, I. (Marzo de 2007). *Periféricos Almacenamiento y Descarga de Datos*. Recuperado el 27 de Octubre de 2009, de ftp://ftp.campbellsci.com/pub/csl/outgoing/es/leaflets/b_data_retrieval_castellano.pdf
- CLASIPAR.COM. (2009). Recuperado el 24 de 11 de 2009, de http://clasipar.paraguay.com/alarma_para_puertas_ventanas_roperos_con_muy_alto_sonido_de_alarma_90db_confiable_protege_su_casa_o_negocio_avisa_la_entrada_de_un_cliente__440875.html
- Cosmin Buhu. (2009). *TheByteWorks*. Recuperado el Octubre de 2009, de <http://www.easyvitools.com/index.html>

- DEITEL, H. M., & DEITEL, P. J. (1994). *COMO PROGRAMAR EN C/C++* (Segunda Edición ed.). Naucalpan de Juarez, México: PRENTICE HALL.
- Dorf, R., & Bishop, R. H. (2005). *Sistemas de Control Moderno*. Madrid, España: PEARSON PRENTICE HALL.
- Forneiro Martín, Y. (2001). *Una Aplicación Lineal de los Acopladores Optoelectrónicos*. Recuperado el 17 de 07 de 2009, de <http://bvs.sld.cu/revistas/bfm2/Volumenes%20anteriores.pdf/Vol2/no1/ucid03101.pdf>
- Gobierno de España Ministerio de Industria Turismo y Comercio. (2009). *Telecomunicaciones*. Recuperado el 27 de Octubre de 2009, de <http://www.mityc.es/telecomunicaciones/es-ES/Servicios/CalidadServicio/Paginas/Calidad.aspx>
- González Gómez, J. (Junio de 2002). *EL SERVICIO SMS: UN ENFOQUE PRÁCTICO*. Recuperado el 20 de Octubre de 2009, de <http://www.iearobotics.com/personal/juan/doctorado/sms/sms.pdf>
- HarmoniousTech Limited. (21 de Febrero de 2008). *Introduction to GSM / GPRS Wireless Modems*. Recuperado el 2 de Noviembre de 2009, de <http://www.developershome.com/sms/GSMModemIntro.asp>
- Horenstein, M. N. (2005). *MICROELECTRONICA: CIRCUITOS Y DISPOSITIVOS*. PRENTICE HALL.
- MINCI. (17 de Marzo de 2008). *Noticias MINCI*. Obtenido de http://www.minci.gob.ve/noticias-minci/1/186245/sistema_nacional_de.html
- Ministerio de Industria y Comercio, G. E. (s.f.). *Telecomunicaciones*. Recuperado el 27 de Octubre de 2009, de <http://www.mityc.es/telecomunicaciones/es-ES/Servicios/CalidadServicio/Paginas/Calidad.aspx>
- Obando, N. S. (13 de Diciembre de 2007). *Sistema de monitoreo redundante para radiobases de telefonía móvil*. Recuperado el 20 de Julio de 2009, de <http://bibliodigital.itcr.ac.cr:8080/dspace/bitstream/2238/395/1/Documento+Final.pdf>
- OMB. (2002). *TRANSMISOR PARA RADIODIFUSION POR FRECUENCIA MODULADA banda ii EM-250 DIG MANUAL TÉCNICO*. España.
- RedTV. (31 de Julio de 2008). *Red de Transmisiones de Venezuela*. Recuperado el 27 de Octubre de 2009, de <http://www.redtv.gob.ve/>
- RedTV. (Diciembre de 2007). *Sistemas de gestión remota. Telemetría y Telemando. Curso de Gestión de Redes*. Caracas, Venezuela.
- SALLESAT. (Febrero de 2008). *Estación Terrena*. Recuperado el 27 de Octubre de 2009, de http://www.sallesat.org/castella/complementos/est_terrena.html

- Unitronics Industrial Automation. (s.f.). *Using the Wavecom GSM Modem Kit*. Recuperado el 10 de mayo de 2009, de <http://support.elmark.com.pl/unitronics/PDF/Using%20the%20Wavecom%20Modem%20Kit.pdf>
- Universidad Politécnica de Valencia. (1999). *CDMA*. Recuperado el 28 de Octubre de 2009, de http://www.upv.es/satelite/trabajos/Grupo3_99.00/GlobalStar8.htm
- WAVECOM. (5 de Abril de 2002). *AT COMMANDS INTERFACE GUIDE*. Recuperado el 2 de Noviembre de 2009, de <http://www.coster.info/costerit/teleges/doc/gsm822w.pdf>
- WAVECOM. (Noviembre de 2006). *FASTRACK M1306B USER GUIDE*. Recuperado el 18 de julio de 2009
- Wikipedia. (Octubre de 2009). *WI-FI*. Recuperado el 27 de Octubre de 2009, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>
- Wikipedia. (Septiembre de 2009). *Acceso múltiple por división de código*. Recuperado el 28 de Octubre de 2009, de http://es.wikipedia.org/wiki/Acceso_múltiple_por_división_de_código
- Wikipedia. (15 de Septiembre de 2009). *Reed switch*. Recuperado el 23 de 11 de 2009, de http://es.wikipedia.org/wiki/Reed_switch
- Wikipedia. (21 de Octubre de 2009). *Servicio General de Paquetes via Radio*. Recuperado el 29 de Octubre de 2009, de http://es.wikipedia.org/wiki/Servicio_general_de_paquetes_vía_radio
- Wikipedia. (Octubre de 2009). *Sistema Global para las Comunicaciones Móviles*. Recuperado el 28 de Octubre de 2009, de http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_Global_para_las_Comunicaciones_Moviles
- Wikipedia. (23 de Octubre de 2009). *Telefonía Móvil*. Recuperado el 28 de Octubre de 2009, de http://es.wikipedia.org/wiki/Telefonía_móvil
- Xacom Comunicaciones, S.L. (s.f.). *Manual de Usuario modem 900/1800 WMOD2B banda dual*. Recuperado el 10 de Mayo de 2009, de http://www.olajedatos.com/documentos/Manual_Usuario_WavecommMOD2B.pdf

APÉNDICES

APÉNDICE A

LINEALIZACIÓN SENSOR DE VOLTAJE BASADO EN OPTOACOPLOADORES

En este caso se presenta El proceso de linealización de la respuesta obtenida a partir del diseño del sensor de voltaje basado en optoacopladores. Se tiene la Tabla A.1 en la que se muestran los valores medidos al hacer un barrido de valores de voltaje AC de entrada al diseño propuesto y los valores de voltaje DC obtenidos como salida para levantar la curva de transferencia.

Tabla A.1 Valores Obtenidos Para el Proceso de Linealización

VOLTAJE AC EFICAZ DE ENTRADA AL DISEÑO DE PRUEBA [V]	VOLTAJE DC DE SALIDA DEL DISEÑO CON OPTOTRANSISTORES [V]
0	0,599
10	0,756
20	0,961
30	1,143
40	1,338
50	1,539
60	1,725
70	1,908
80	2,11
90	2,321
100	2,519
110	2,682
120	2,873
130	3,075
135	3,171

Los valores de voltaje AC se obtuvieron por medio de un VARIAC. La curva obtenida se muestra en la Figura A.0.1

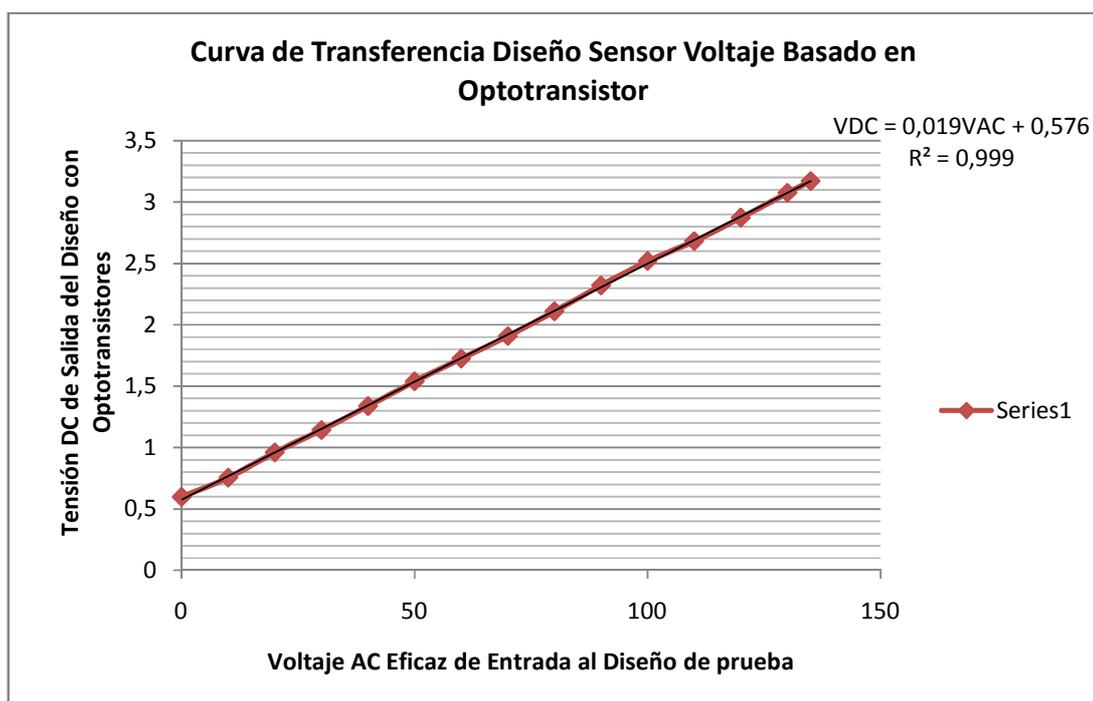


Figura A.0.1 Curva de linealización Sensor de Voltaje Basado en Optoacopladores

APÉNDICE B

LINEALIZACIÓN SENSOR DE VOLTAJE BASADO EN TRANSFORMADORES

Por cada canal de medición de voltaje AC implementado se utilizó un transformador como forma de aislamiento eléctrico entre el ER y la acometida trifásica de la estación en el sensor de voltaje diseñado. En la Tabla B.1, Tabla B.2 y la Tabla B.3 se muestran los valores obtenidos para realizar el proceso de linealización del sensor.

Tabla B.1 Voltaje Fase R

VAC FASE R	VDC FASE R
20,49	0,05
24,7	0,09
30,08	0,16
33,98	0,22
39,99	0,31
43,6	0,37
50	0,48
53,1	0,54
60	0,65
62,9	0,7
70,1	0,84
73,6	0,89
80	1,01
85,8	1,06
86,8	1,13
92,4	1,22
96,1	1,29
102,3	1,4
104,9	1,44
110	1,52

Tabla B.2 Voltaje Fase S

VAC FASE S	VDC FASE S
20,56	0,07
25,06	0,11
30,89	0,17
34,93	0,23
40,7	0,32
44,7	0,39
51,4	0,5
54,4	0,55
61,9	0,67
64,9	0,73
73	0,86
76	0,92
83,2	1,05
85,4	1,09
89,7	1,16
96	1,27
99,6	1,32
106,7	1,45
110,3	1,51
115,2	1,58

Tabla B.3 Voltaje Fase T

VAC FASE T	VDC FASE T
0,87	0,11
25,28	0,16
31,28	0,25
35,3	0,32
41,3	0,43
45,2	0,5
51,9	0,62
54,9	0,67
62,5	0,81
65,3	0,87
73,7	1,03
75,9	1,09
83,9	1,23
85,7	1,27
90	1,35
96,7	1,48
100,4	1,55
107,4	1,62
110,7	1,75
116,1	1,84

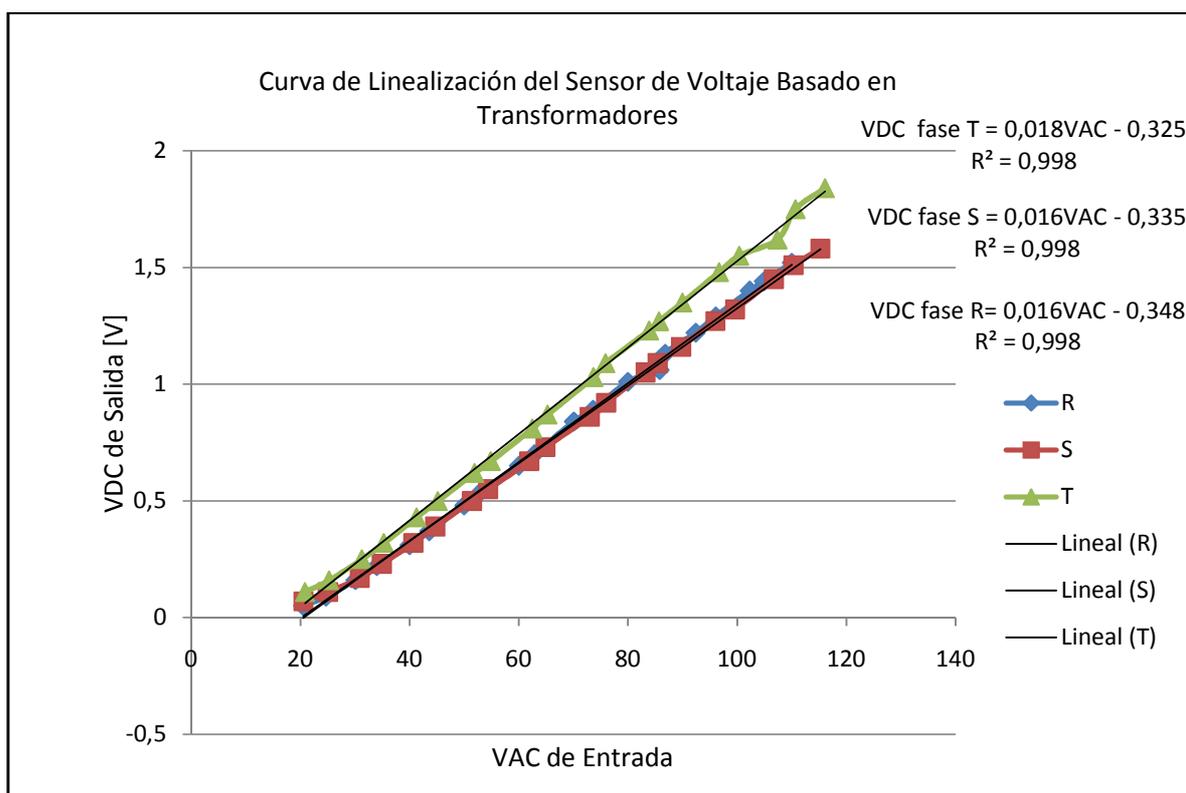


Figura B.1 Curva de linealización Sensor de Voltaje Basado en Optocopladores

La Figura B.1 muestra las curvas levantadas a partir de los datos presentados en las tablas anteriores. En la misma figura se encuentran las ecuaciones correspondientes a cada curva, estas ecuaciones fueron utilizadas en la programación del microcontrolador que gobierna al ER; las ecuaciones fueron incluidas dentro de las rutinas correspondientes a la función *Medición_Analógica* del programa principal del ER.