

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **DISEÑO Y DESARROLLO DE UN MÓDULO DE RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSMISIÓN DE DATOS A TRAVÉS DE LA RED CELULAR PARA CONTADORES ELECTRÓNICOS MONOFÁSICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por la Ing. Yesirée Echenique  
para optar al Título de  
Especialista en Instrumentación

Caracas, 2008

©Echenique, Yesirée 2008  
Hecho el Depósito de Ley  
Depósito Legal lft4872008620325

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **DISEÑO Y DESARROLLO DE UN MÓDULO DE RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSMISIÓN DE DATOS A TRAVÉS DE LA RED CELULAR PARA CONTADORES ELECTRÓNICOS MONOFÁSICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

TUTOR: Prof. Rafael Rivero

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por la Ing. Yesirée Echenique  
para optar al Título de  
Especialista en Instrumentación

Caracas, 2008

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**VEREDICTO**

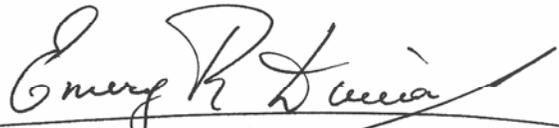
Quienes suscriben, miembros del Jurado designado por el Consejo de la Facultad de Ingeniería para examinar el Trabajo Especial presentado por la Ing. Yesirée Echenique. Cédula de Identidad número V-13.909.010, y titulado "***DISEÑO Y DESARROLLO DE UN MODULO DE RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSMISIÓN DE DATOS A TRAVES DE LA RED CELULAR PARA CONTADORES ELECTRÓNICOS MONOFÁSICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA***", a los fines de cumplir con el requisito legal para optar al título de ***ESPECIALISTA EN INSTRUMENTACION*** dan fe de lo siguiente:

1. Una vez leído como fue, dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, el coordinador del jurado convocó para efectuar la defensa en forma pública el día miércoles nueve de julio de dos mil ocho, a las 04:00 p.m., en el Aula E-308 del Edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería.
2. La defensa comenzó a las 04:15 p.m. en el sitio y fecha antes señalados. El aspirante hizo un resumen oral de su Trabajo Especial, luego de lo cual respondió satisfactoriamente las preguntas que le fueron formuladas por el Jurado, todo ello conforme a lo dispuesto en el artículo 44 del Reglamento de Estudios de Postgrado de la Universidad Central de Venezuela.
3. Finalizada la defensa pública, el jurado deliberó en privado y por unanimidad decidió **APROBAR** el Trabajo por considerar, sin hacerse solidario de las ideas expuestas por el autor, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento antes citado. Para dar este veredicto, el Jurado consideró que el trabajo representa un aporte al diseño y desarrollo de sistemas automáticos de medición de energía eléctrica en la industria nacional en lo concerniente a la recolección y transmisión de datos.

En fé de lo cual se levanta la presente acta, en original y tres copias, en Caracas, a los nueve días del mes de julio de dos mil ocho, dejándose constancia que conforme a la normativa jurídica vigente, actuó como coordinador del jurado, el Profesor Rafael Rivero tutor del trabajo.



Dr. Simón J. Morales M.



Dr. Emery Dunia



M.Sc. Rafael Rivero N.  
Coordinador

**Dedicatoria**

A mi familia

## **Agradecimientos**

Al Profesor Rafael Navarro por su guía durante todo el proyecto. A la empresa Electrónica y Telecomunicaciones Generales por hacer posible la realización de este prototipo, en especial, al Ing. Francisco Brando, por ofrecer todos sus conocimientos. Al Ing. Jorge Nakandakari por todo el tiempo invertido. Y a todos aquellos que directa o indirectamente colaboraron para la culminación de este trabajo. Muchas gracias.

**Echenique G., Yesirée A.**

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN MÓDULO DE RECOLECCIÓN,  
ALMACENAMIENTO Y TRANSMISIÓN DE DATOS A TRAVÉS DE LA  
RED CELULAR PARA CONTADORES ELECTRÓNICOS MONOFÁSICOS  
DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

**Tutor: Prof. Ing. Rafael Rivero, MSc., Caracas. U. C. V. Facultad de Ingeniería.  
Escuela de Ingeniería Eléctrica. Especialista en Instrumentación. Institución:  
Electrónica y Telecomunicaciones Generales. 2008. Trabajo de Grado. Pág. 96 +  
anexos.**

**Palabras Claves:** Sistemas de medición automatizados (AMR), Protocolo Modbus, GSM, módulos OEM o embebidos, contadores de energía.

**Resumen:** En el siguiente trabajo se presenta el diseño y desarrollo de un módulo concentrador de datos para contadores electrónicos de energía eléctrica, encargado de la recolección, almacenamiento y transmisión de datos a través de la red GSM (Global System for Mobile communication). En la etapa de recolección se implementó el protocolo Modbus RTU sobre una interfaz física RS-485 para la lectura de los datos provenientes de los contadores de energía y estos datos son almacenados en una memoria de alta capacidad. Las variables guardadas en el concentrador son las siguientes: tensión, corriente, energía activa, energía reactiva, energía aparente, factor de potencia, dirección Modbus, serial del equipo, fecha y hora de la lectura. La transmisión de los datos se implementó a través de un módulo embebido para enviar la información vía GPRS con protocolo TCP/IP sobre la red GSM a una interfaz de prueba. Estos sistemas de medición remota han tomado un gran auge últimamente y su implementación representa un ahorro significativo para las empresas de servicio, sean de gas, agua o de energía eléctrica, ya que ayudan en la recolección de información de cada medidor y permiten conocer al consumidor y a las empresas de servicio las irregularidades presentes en la red y así pueden las empresas tomar las acciones correctivas y/o preventivas para prestar un servicio de calidad. La implementación de este tipo de desarrollos en Venezuela es de gran importancia para el impulso tecnológico nacional.

# ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
<b>Dedicatoria</b>	II
<b>Agradecimientos</b>	III
<b>Resumen</b>	IV
<b>Índice General</b>	V
<b>Índice de Figuras y/o Gráficos</b>	VIII
<b>Índice de Tablas</b>	XI
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>3</b>
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	3
1.1 Descripción de la empresa. Electrónica y Telecomunicaciones Generales.....	3
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>5</b>
OBJETIVOS DEL TRABAJO.....	5
2.1 Objetivo General.....	5
2.2 Objetivos Específicos .....	5
2.3 Justificación e Importancia.....	6
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>7</b>
PRELIMINARES.....	7
3.1 Antecedentes.....	7
3.2 Bases Teóricas .....	9
3.2.1 Sistemas AMR .....	9
3.2.2 Comunicaciones de datos.....	11
3.2.2.1 Interfaz Serial RS-232.....	12
3.2.2.2 Interfaz Serial RS-485.....	13
3.2.2.3 Interfaz Inalámbrica Celular .....	14
3.2.2.3.1 Red GSM.....	14
3.2.2.3.1.1 GPRS.....	15
3.3 Análisis de requerimientos del sistema .....	15
3.3.1 Recolección de datos.....	16
3.3.2 Almacenamiento .....	16
3.3.3 Transmisión de datos.....	16
3.3.4 Alimentación del sistema .....	16
3.3.5 Alarmas .....	17
3.4 Bases Legales .....	17
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>18</b>
DEFINICIÓN DEL SISTEMA.....	18
4.1 Definición del equipo .....	18

<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>20</b>
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	20
5.1 Descripción general del hardware .....	20
5.1.1 Fuente de alimentación con respaldo .....	20
5.1.2 Estructura principal .....	21
5.1.3 Estructura para la recolección de datos. Interfaz RS-485. ....	22
5.1.4 Estructura para el almacenamiento de datos. Memoria MMC.....	23
5.1.4.1 Modo MMC (MultimediaCard) .....	24
5.1.4.2 Modo SPI (Serial Peripheral Interface).....	25
5.1.5 Estructura para la transmisión de datos a través de la red celular GSM.	
Módulo G24. ....	27
5.1.6 Estructura de alarmas .....	31
5.1.6.1 Apertura de equipo.....	31
5.1.6.2 Supervisión de la temperatura interna. ....	31
5.2 Descripción general del software .....	32
5.2.1 Módulo de recolección de datos. Protocolo Modbus .....	33
5.2.1.1 Trama Modbus .....	34
5.2.1.2 Comandos Modbus .....	35
5.2.1.3 Estructura de registros en los contadores electrónicos monofásicos de energía eléctrica .....	41
5.2.1.4 Diagramas de flujo de las rutinas de transmisión y recepción implementadas para el protocolo Modbus en Modo Maestro .....	44
5.2.2 Módulo de almacenamiento de datos.....	47
5.2.2.1 Comando de inicialización en la memoria MMC .....	47
5.2.2.2 Comandos de lectura/escritura en la memoria MMC .....	47
5.2.2.3 Estructura del almacenamiento de los datos .....	47
5.2.3 Módulo de transmisión de datos .....	51
5.2.3.1 Comandos AT .....	51
5.2.3.2 Implementación del módulo de Comandos AT .....	52
5.2.3.3 Transmisión de los datos.....	55
5.2.4 Módulo de alarmas.....	56
5.2.4.1 Apertura de equipo.....	56
5.2.4.2 Supervisión de la temperatura interna.....	58
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	<b>60</b>
DISEÑO Y MONTAJE DEL PROTOTIPO.....	60
6.1 Diseño de los circuitos impresos .....	60
6.1.1 Circuito impreso para la fuente de alimentación.....	60
6.1.2 Circuito impreso para el módulo concentrador .....	62
6.2 Montaje y pruebas del circuito impreso .....	63
6.3 Caja de resguardo para el equipo.....	64
<b>CAPÍTULO VII</b> .....	<b>67</b>
VALIDACIÓN DEL SISTEMA.....	67
7.1 Pruebas fuente de alimentación y respaldo de baterías .....	67
7.2 Pruebas de la recolección de Datos. Interfaz RS485 .....	68

7.3	Pruebas del almacenamiento de datos. Memoria MMC.....	70
7.4	Pruebas del módulo OEM y la transmisión de datos a través de la red celular.	75
7.5	Pruebas de las alarmas.....	78
7.5.1	Pruebas de la alarma por apertura de equipo.....	78
7.5.2	Pruebas alarma de supervisión de la temperatura interna del equipo .....	78
7.6	Interfaz de Usuario Final .....	79
7.6.1	Descripción de las secciones de la interfaz de usuario.....	80
7.6.1.1	Sección I. Recepción de los datos vía Ethernet.....	80
7.6.1.2	Sección II. Validación de los datos .....	81
7.6.1.3	Sección III. Recepción y almacenamiento de alarmas.....	82
7.6.1.4	Sección IV. Almacenamiento de los datos.....	83
7.6.2	Pruebas realizadas del sistema con la interfaz de usuario .....	85
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>89</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>92</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>94</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍAS .....</b>	<b>96</b>
	<b>ANEXO I.....</b>	<b>97</b>
	MANUAL DE USUARIO .....	97
	<b>ANEXO II .....</b>	<b>107</b>
	CIRCUITO ESQUEMÁTICO Y CIRCUITO IMPRESO FUENTE DE ALIMENTACIÓN .....	107
	<b>ANEXO III.....</b>	<b>111</b>
	CIRCUITO ESQUEMÁTICO Y CIRCUITO IMPRESO CONCENTRADOR DE DATOS .....	111
	<b>ANEXO IV .....</b>	<b>115</b>
	CÁLCULO DEL TIEMPO DE DESCARGA DEL CONDENSADOR DE RESPALDO DEL DS1340 (RELOJ DE TIEMPO REAL).....	115
	<b>ANEXO V .....</b>	<b>117</b>
	PRUEBAS DEL PROTOCOLO MODBUS .....	117
	<b>ANEXO VI.....</b>	<b>121</b>
	PRUEBAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS .....	121
	<b>ANEXO VII .....</b>	<b>127</b>
	PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DE LOS DATOS RECOLECTADOS .....	127
	<b>ANEXO VIII.....</b>	<b>138</b>
	DIAGRAMAS AUXILIARES DE LA TARJETA DEL CONCENTRADOR.....	138
	<b>ANEXO IX.....</b>	<b>140</b>
	COSTOS APROXIMADOS DE FABRICACIÓN DEL EQUIPO CONCENTRADOR DE DATOS .....	140

## ÍNDICE DE FIGURAS Y/O GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
FIGURA 3.1 Esquema general de los sistemas AMR .....	10
FIGURA 3.2 Esquema general de un sistema AMR de energía eléctrica .....	11
FIGURA 4.1 Esquema general del sistema Concentrador – Medidores de energía eléctrica de la empresa ETG .....	19
FIGURA 4.2 Esquema de recolección y transmisión del sistema .....	19
FIGURA 5.1 Diagrama de bloques del hardware .....	20
FIGURA 5.2 Estructura de la fuente de alimentación .....	21
FIGURA 5.3 Configuración de la interfaz serial EIA/TIA - 485 .....	23
FIGURA 5.4 Tamaños de la MMC (normal y RS (reduced small)).....	24
FIGURA 5.5 Esquema de conexión del módulo G24 y la red de Internet.....	30
FIGURA 5.6 Diagrama de bloques del software .....	33
FIGURA 5.7 Comunicación maestro - esclavo en modo único.....	34
FIGURA 5.8 Estructura de la trama general Modbus implementada .....	34
FIGURA 5.9 Estructura del direccionamiento de los esclavos.....	35
FIGURA 5.10 Estructura de trama comando 0x03 Maestro.....	36
FIGURA 5.11 Estructura de trama comando 0x03 Esclavo .....	36
FIGURA 5.12 Estructura de trama comando 0x04 Maestro.....	37
FIGURA 5.13 Estructura de trama comando 0x04 Esclavo .....	37
FIGURA 5.14 Estructura de trama comando 0x06 Maestro.....	37
FIGURA 5.15 Estructura de trama comando 0x06 Esclavo .....	38
FIGURA 5.16 Estructura de trama comando 0x08 Maestro.....	38
FIGURA 5.17 Estructura de trama comando 0x08 Esclavo .....	38
FIGURA 5.18 Estructura de trama comando 0x10 Maestro.....	39
FIGURA 5.19 Estructura de trama comando 0x10 Esclavo .....	39
FIGURA 5.20 Estructura de trama comando 0x11 Maestro.....	39
FIGURA 5.21 Estructura de trama comando 0x11 Esclavo .....	40
FIGURA 5.22 Estructura de trama de la respuesta de excepción .....	40
FIGURA 5.23 Diagrama de flujo del programa de transmisión de datos hacia los esclavos .....	44
FIGURA 5.24 Diagrama de flujo del programa de recepción de datos de los esclavos .....	45
FIGURA 5.25 Diagrama de flujo de los contadores implementados en la recepción de los esclavos .....	46
FIGURA 5.26 Diagrama de flujo del programa de almacenamiento de datos .....	50
FIGURA 5.27 Diagrama de flujo del proceso de detección de alarma por apertura de equipo.....	57

FIGURA 5.28 Diagrama de flujo del proceso de supervisión de la temperatura interna.....	59
FIGURA 6.1 Diagrama esquemático de la fuente de alimentación .....	61
FIGURA 6.2 Placa impresa de la fuente de alimentación (cara superior e inferior) ..	61
FIGURA 6.3 Placa impresa del concentrador de datos (cara superior e inferior) .....	63
FIGURA 6.4 Prensaestopa colocada en la caja de resguardo .....	66
FIGURA 6.5 Equipo completo en forma abierta y en forma cerrada .....	66
FIGURA 7.1 Interfaz realizada en Labview para comprobar la recolección y el almacenamiento de los datos.....	70
FIGURA 7.2 Visor del puerto RS – 232.....	71
FIGURA 7.3 Almacenamiento de dos períodos de tiempo.....	71
FIGURA 7.4 Primer período de almacenamiento.....	72
FIGURA 7.5 Segundo período de almacenamiento.....	73
FIGURA 7.6 Registros almacenados en memoria dirección 0 .....	75
FIGURA 7.7 Kit básico de desarrollo del módulo G24.....	76
FIGURA 7.8 Tramas recibidas del microcontrolador y tramas enviadas para la verificación de comandos.....	77
FIGURA 7.9 Interfaz de usuario .....	80
FIGURA 7.10 Visualización de los datos en la pantalla principal .....	81
FIGURA 7.11 Falla de rango erróneo o variable no leída .....	81
FIGURA 7.12 Visualización en la pantalla principal de la recepción de alarmas .....	82
FIGURA 7.13 Configuración de la opción del almacenamiento en archivos de texto.....	83
FIGURA 7.14 Base de datos que contiene la información de las alarmas .....	83
FIGURA 7.15 Base de datos que contiene la información de los datos recolectados .....	84
FIGURA 7.16 Archivo de texto versión cruda .....	84
FIGURA 7.17 Archivos de texto versión normal .....	85
FIGURA 7.18 Archivos de base de datos de la transmisión en un intervalo de tiempo de 8 horas .....	88
FIGURA V.1 Configuración de la interfaz para interrogar a los esclavos .....	120
FIGURA V.2 Configuración de la interfaz para interrogar al concentrador sobre sus parámetros.....	120
FIGURA VI.1 Archivo de Base de Datos Prueba 1 .....	121
FIGURA VI.2 Archivo de Texto de Datos Prueba 1 .....	122
FIGURA VI.3 Archivo de Base de Datos Prueba 2.....	123
FIGURA VI.4 Archivo de Texto de Datos Prueba 2 .....	124
FIGURA VI.5 Archivo de Base de Datos Prueba 3.....	125
FIGURA VI.6 Archivo de Texto de Datos Prueba 3 .....	126
FIGURA VII.1 Gráfica de Tensión Prueba 1 .....	127
FIGURA VII.2 Gráfica de Corriente Prueba 1 .....	128
FIGURA VII.3 Gráfica de Energía Activa Prueba 1 .....	128
FIGURA VII.4 Gráfica de Energía Reactiva Prueba 1 .....	129
FIGURA VII.5 Gráfica de Energía Aparente Prueba 1 .....	129
FIGURA VII.6 Gráfica del Factor de Potencia Prueba 1.....	130
FIGURA VII.7 Gráfica de Tensión Prueba 2 .....	131

FIGURA VII.8 Gráfica de Corriente Prueba 2 .....	131
FIGURA VII.9 Gráfica de Energía Activa Prueba 2 .....	132
FIGURA VII.10 Gráfica de Energía Reactiva Prueba 2 .....	132
FIGURA VII.11 Gráfica de Energía Aparente Prueba 2 .....	133
FIGURA VII.12 Gráfica del Factor de Potencia Prueba 2.....	133
FIGURA VII.13 Gráfica de Tensión Prueba 3.....	134
FIGURA VII.14 Gráfica de Corriente Prueba 3 .....	135
FIGURA VII.15 Gráfica de Energía Activa Prueba 3 .....	135
FIGURA VII.16 Gráfica de Energía Reactiva Prueba 3 .....	136
FIGURA VII.17 Gráfica de Energía Aparente Prueba 3 .....	136
FIGURA VII.18 Gráfica del Factor de Potencia Prueba 3.....	137
FIGURA IX.1 Conexiones externas de la tarjeta.....	138
FIGURA IX.2 Etapas funcionales del sistema distribuidas en la tarjeta del concentrador.....	139

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
TABLA 5.1 Descripción de terminales en el modo MMC .....	25
TABLA 5.2 Registros de información en modo MMC .....	25
TABLA 5.3 Comparación de terminales en los dos modos de funcionamiento.....	26
TABLA 5.4 Registros de información en el modo SPI .....	27
TABLA 5.5 Comparación entre módulos embebidos (Motorola - Wavecom).....	28
TABLA 5.6 Comparación entre los protocolos UDP y TCP .....	29
TABLA 5.7 Descripción de terminales del sensor TC1046 .....	32
TABLA 5.8 Comandos implementados en el sistema .....	36
TABLA 5.9 Registros de lectura/escritura en los contadores monofásicos de energía eléctrica .....	42
TABLA 5.10 Registros de solo lectura en los contadores monofásicos de energía eléctrica .....	43
TABLA 5.11 Variables almacenadas.....	48
TABLA 5.12 Ordenamiento en la memoria MMC.....	49
TABLA 5.13 Comandos AT a implementar en el diseño.....	52
TABLA 5.14 Forma de transmisión completa de los comando AT implementados ..	54
TABLA 5.15 Trama recibida .....	55
TABLA 6.1 Grados de protección IP primera cifra característica.....	65
TABLA 6.2 Grados de protección IP segunda cifra característica .....	65
TABLA 7.1 Resultado de la prueba de transmisión por paquetes .....	86
TABLA 7.2 Resultado de la prueba de transmisión en un intervalo determinado .....	87
TABLA V.1 Pruebas de transmisión recepción.....	118
TABLA V.2 Comandos de la interfaz de prueba del protocolo Modbus .....	119
TABLA IX.1 Costos aproximados de fabricación.....	140

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, para obtener los datos de los contadores de energía, la empresa eléctrica debe enviar un personal autorizado a recolectar la información de cada medidor, esto es un proceso problemático, principalmente, en las zonas de alta densidad o donde el acceso es limitado, porque en muchos casos las lecturas no pueden ser realizadas y se termina estimando el consumo de energía de los usuarios a partir de consumos previos. Debido a esto, se presenta en este trabajo la opción de aplicar sistemas que puedan ayudar en ésta recolección de datos de manera remota.

Los nuevos avances tecnológicos a nivel de comunicaciones y transmisión de datos permiten la mejora de los sistemas de distribución y dan la apertura a sistemas automatizados de mediciones o sistemas AMR (Automatic Meter Reading), que se encargan de recolectar los datos de medidores (pueden ser de energía, de agua, de gas, etc.) y transmitir la información a un centro de control. Estos sistemas presentan muchas ventajas, por ejemplo, en el área de energía eléctrica, permite a los usuarios conocer sus perfiles de carga y necesidades de energía por tiempo [1], logrando estructurar la disponibilidad económica para el servicio, y permite a la empresa ofrecer diferentes tarifas a diferentes horas del día [1]. Los sistemas AMR ayudan a generar una mayor confianza en los usuarios, ya que a través de dichos sistemas se logran identificar las fallas del servicio de manera rápida, ayudando a disminuir los tiempos de desconexión del servicio y colaborando en la aplicación de métodos preventivos y correctivos. La apertura de los mercados de energía a nivel internacional y la posible entrada en vigencia de la norma de Calidad en la Prestación del Servicio de Energía Eléctrica a nivel nacional, fomentan la necesidad de implementar estos tipos sistemas remotos en el país.

Los sistemas AMR se constituyen de tres partes: instalación de medición (concentrador de mediciones y medidores), medios de comunicación y centro de

control [2]. En este trabajo se diseñó un concentrador de mediciones eléctricas, es decir, un módulo que se encarga de la recolección, almacenamiento y transmisión de datos a través de la red celular GSM (Global System for Mobile communication), estos datos son obtenidos de los contadores de energía instalados en el sistema de distribución y son adquiridos por medio de un bus de campo tipo Modbus a través de una interfaz serial RS-485; el almacenamiento se lleva a cabo en una memoria no volátil del tipo MMC (MultiMedia Cards) de alta capacidad y la transmisión se realiza cada cierto período, a través de la red GSM por medio de la tecnología GPRS (General Packet Radio Service) sobre el protocolo TCP/IP. Finalmente para la verificación del sistema (hardware y software) se implementó una interfaz de prueba, que consiste en un programa realizado en Labview en donde se recogen vía TCP/IP los datos enviados por el concentrador, para su visualización, verificación y almacenamiento.

# CAPÍTULO I

## DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

En este capítulo se realiza una descripción de la empresa Electrónica y Telecomunicaciones Generales, en la cual se llevó a cabo el diseño y desarrollo del equipo.

### **1.1 Descripción de la empresa. Electrónica y Telecomunicaciones Generales**

Electrónica y Telecomunicaciones Generales es una empresa de tecnología orientada a la investigación, diseño, soporte, desarrollo de productos y servicios en el área de la electrónica. Fue fundada en 1992. En la actualidad posee sedes en Miami, Caracas, Hong Kong, República Dominicana, Costa Rica y Guatemala. El objetivo principal de la empresa es diseñar, desarrollar, producir y/o reparar productos, piezas y componentes a satisfacción de los clientes.

Entre los productos más importantes desarrollados y en el mercado se encuentran los siguientes:

- Lector universal de tarjetas chip comerciales, completamente compatible con las tres tecnologías actuales de teléfonos públicos instalados en Venezuela por CANTV: Amper, GPT y Schlumberger.
- Dispositivo antifraude multifrecuencial: Dispositivo que evita que se efectúen llamadas fraudulentas utilizando códigos DTMF en teléfono públicos CANTV, mediante la interceptación o derivación de una línea pública con servicio de llamadas pagadas por el abonado (servicios 800).

- Cargador de Pilas de Niquel-Cadmio: Sistema que permite reacondicionar baterías Ni-Cad, alargando la vida útil a través de la eliminación del efecto de memoria, mediante el empleo de un software propietario que simula todos los ciclos electroquímicos necesarios para lograr la rehabilitación de la batería por completo.
- Verificador-Cargador Portátil: Este equipo permite verificar los parámetros de una línea de telefonía pública, pulsos de cobro y señal de repique, además de cargar los condensadores y las baterías (tensión inicial) ubicadas en diferentes tarjetas analógicas.
- Teléfonos Públicos de Tarjeta magnética deslizante con comunicación a plataforma central a través de DTMF (Dual Tone Multi Frequency) para reportar su estado actual.
- Contadores electrónicos de energía eléctrica (monofásico, bifásico, trifásico).

Entre los principales clientes se encuentran: CANTV (Venezuela), Telgua Guatemala (Telmex), Metro de Caracas (Venezuela), Telefónica de Guatemala y El Salvador, Milicom (Comcel) y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

## **CAPÍTULO II**

### **OBJETIVOS DEL TRABAJO**

#### **2.1 Objetivo General**

Diseñar y desarrollar un equipo concentrador de datos para los contadores de energía eléctrica instalados en el sistema de distribución, éste se encargará de la recolección de datos a través de un bus de campo, de realizar el almacenamiento por un período de tiempo programado y de transmitir la información recolectada a una estación maestra mediante la red de telefonía celular GSM.

#### **2.2 Objetivos Específicos**

- Definir las especificaciones técnicas y requerimientos para el desarrollo del sistema.
- Diseñar hardware, para el almacenamiento y el manejo de los datos recolectados.
- Implementar una interfaz serial RS485, con protocolo Modbus RTU (protocolo abierto y estandarizado) para la recolección de los datos.
- Elegir e implementar la unidad de almacenamiento de alta capacidad para el sistema.
- Analizar los módulos OEM (Original Equipment Manufacturer) para la tecnología celular GSM, y los protocolos que se pueden manejar para la transmisión de datos a través de ésta red (TCP/IP, UDP/IP, SMS).

- Desarrollar una interfaz de prueba, realizada con el programa Labview de National Instruments, que contendrá la visualización de los datos obtenidos del sistema de distribución.
- Elaborar el manual de funcionamiento y operación del equipo

### **2.3 Justificación e Importancia**

Las empresas de energía eléctrica observan cada día como la supervisión constante de los sistemas de distribución permiten la detección de fallas de forma casi inmediata y esto les permite tomar las acciones correctivas y/o preventivas para prestar un servicio de calidad. Por lo antes expuesto, la calidad de servicio eléctrico tiene como consecuencia la necesidad de realizar mediciones en cualquier parte del país, en zonas de alta y baja densidad, en donde la recolección de datos de los sistemas de distribución se hace costosa. En vista de lo anterior, desarrollar un equipo que ayude a resolver el problema y además colabore con la eficiencia del sistema, será una solución. En este caso las tecnologías inalámbricas emergen como la opción para obtener las mediciones, sin embargo, muchas de ellas son de corto alcance como: Bluetooth, Zigbee, WiFi, incluso WiMax entendiéndose como una red de área metropolitana de 50 km de alcance (ya que aumentar esta distancia implica un aumento significativo de costos). Partiendo de esto, la comunicación a través de la red celular (aunado con la expansión en telecomunicaciones) se presenta como opción.

En el mercado ya existen equipos que presentan una solución a este problema, sin embargo, la falta de servicio técnico, el alto costo y la poca disponibilidad inmediata son algunos de los inconvenientes que se tienen con las unidades importadas, por lo que el diseño e implementación de equipos desarrollados a nivel nacional, de bajo costo y disponibilidad inmediata es imprescindible, así como personal técnico capacitado para resolver cualquier problema que se pueda presentar.

## **CAPÍTULO III**

### **PRELIMINARES**

#### **3.1 Antecedentes**

La necesidad de sistemas automatizados para mediciones en el país no se había dado hasta finales de los años 90, en donde la propuesta de Ley en el Sector Eléctrico promueve normativas para una Calidad del Servicio Eléctrico. A partir de entonces las compañías eléctricas están buscando invertir en estos desarrollos y diferentes empresas de productos electrónicos están trabajando en sistemas que puedan reducir los costos y realizar de forma confiable y segura la transmisión de los datos de energía a los centros de control.

En otros países, como Inglaterra, está necesidad de sistemas automatizados surgió antes, permitiendo la apertura del mercado energético a muchas empresas y la cotización de la energía por horas [1]. Argentina es uno de los países en Latinoamérica que comenzó sus estudios en Calidad de Energía Eléctrica a tiempo temprano, siendo hoy uno de los países que tiene mayores estudios y empresas con productos automatizados, un ejemplo es la empresa Systelab que cuenta con el concentrador de datos DTC 1000 y además ofrece toda la estructura para los sistemas automatizados de mediciones. En México, el Instituto de Investigaciones Eléctricas también realiza estudios y desarrollos en el área de sistemas automatizados.

En Venezuela, solo las empresas de servicio y las universidades han intentado el desarrollo de productos de sistemas automatizados, debido a que hay muy pocas empresas privadas de desarrollo electrónico que se dediquen a realizar estos diseños. Aunque a nivel mundial se ha avanzado de manera muy rápida y en el mercado se consiguen una amplia variedad de productos se encontraron pocas investigaciones

relacionadas con sistemas de medición de energía y sistemas transmisión de datos de manera inalámbrica, los dos más importantes se resumen a continuación.

Alex Dávila y Patricio Chico, presentaron en el año 2006 ante la Escuela Politécnica Nacional en Quito – Ecuador, un trabajo titulado “Diseño y Construcción de un prototipo para medición y transmisión inalámbrica del consumo de energía eléctrica de un sistema monofásico bifilar” y los aportes fueron los siguientes: en este trabajo se diseñó y construyó un dispositivo esclavo encargado de medir en un sistema monofásico bifilar las variables de tensión, frecuencia, energía activa, energía aparente y temperatura del dispositivo, transmitiendo estas variables de forma inalámbrica por medio de radio frecuencia de corto alcance a un dispositivo maestro. También desarrollaron un dispositivo maestro encargado de realizar la comunicación inalámbrica y enviar los datos recolectados a una computadora personal vía serial RS232 y luego diseñaron una interfaz de usuario en donde se puede realizar lecturas y/o configuración remota al esclavo. La aplicación permite la visualización y almacenamiento los datos recolectados. Los autores indican en sus recomendaciones la implementación de este sistema bajo la red celular.

Giancarlo Berenz Peña, Luis Grande Reyes y Omar Pariona Pariona, presentaron ante la Universidad Nacional de Ingeniería, en la Facultad de Ingeniería Mecánica, para la Especialidad de Ingeniería Mecatrónica en Lima – Perú, un trabajo titulado “Lectura Remota de las variables de un invernadero usando telemetría” desarrollando un sistema de lectura de las variables de temperatura y niveles de luminosidad de un invernadero. Se realizó un módulo de control para la recepción de las variables y un módulo de transmisión para enviarlas a un computador personal a través de la red celular CDMA. El dispositivo utilizado para las comunicaciones inalámbricas fue el celular Kyocera 2135, que se puede manejar a través del puerto serial por medio de comandos AT. Para la interfaz de usuario se implementó un software tipo TAPI (Telephony Application Programming Interface) que se encarga de recibir la llamada de datos y visualizar las variables del invernadero. Como recomendación los autores proponen la realización del sistema en la red GSM con

módulos embebidos, mencionando el módulo Telit GM862 para la conexión con la red celular.

## **3.2 Bases Teóricas**

A continuación se presentan una serie de conceptos fundamentales para el entendimiento del trabajo realizado.

### **3.2.1 Sistemas AMR**

La apertura del mercado energético en los últimos años ha traído como consecuencia nuevas tendencias tecnológicas para la regulación de la energía, ya que se creó la necesidad de conocer en forma correcta, tanto para el usuario como para la empresa de servicio, cuanta energía se consume, en qué tiempo y en qué lugar [1]. El nacimiento del concepto de sistemas AMR (Automatic Meter Reading) o lectura automatizada remota ayuda en la solución de ésta necesidad.

Un sistema AMR es aquel que recolecta datos de los medidores de los usuarios y los envía a la empresa de servicio. Está constituido por las siguientes etapas: instalación de medición (concentrador de mediciones y medidores), medios de comunicación y centro de control. En el centro de control se maneja toda la administración del sistema de medición, está integrado por servidores con sus bases de datos, interfaces de comunicación y sistema de aplicaciones. Los medios de comunicaciones contienen los protocolos y canales de comunicación, ellos son el enlace entre el centro de control y las instalaciones de medición, en donde se realiza la adquisición de los datos a través de medidores y concentradores [2]. Estos equipos medidores actualmente son de tipo avanzado, por que además de realizar la lectura de las variables pertinentes, permiten la transmisión de los datos al concentrador. Los sistemas AMR son aplicados principalmente en instalaciones de agua, gas y electricidad. Un esquema general se muestra en la figura 3.1.

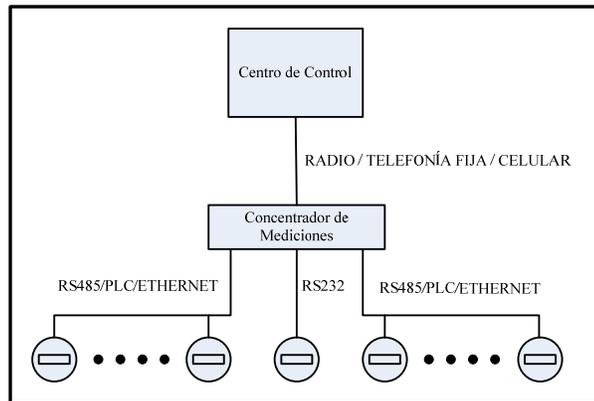


FIGURA 3.1 Esquema general de los sistemas AMR

La comunicación entre los concentradores y los medidores de energía se puede realizar a través de diversas tecnología como: PLC (Power Line Carrier u onda portadora a través de la línea de distribución (OPLD)), radio de corto alcance, red Ethernet, o redes seriales (RS485/RS232). La comunicación entre el concentrador y centro de control normalmente se realiza a través de línea telefónica, red celular, PLC o radio de medio y largo alcance. Al centro de control alternativamente le pueden llegar datos de dispositivos de recolección manual (handheld) o de sistemas de recolección móviles vehiculares [1][2]. En la figura 3.2, se observa un esquema de un sistema AMR de energía eléctrica.

Este tipo de sistemas ofrece beneficios tanto al proveedor del servicio como a los usuarios, con su implementación se pueden aplicar medidas preventivas y correctivas para la disminución de las fallas (interrupciones continuas del servicio, distorsión en las mediciones, desconexiones no adecuadas, etc) y está disminución trae como consecuencia calidad, seguridad y confiabilidad de las mediciones, reducción de los costos, la empresa de servicio puede ofrecer productos innovadores y personalización de las tarifas.

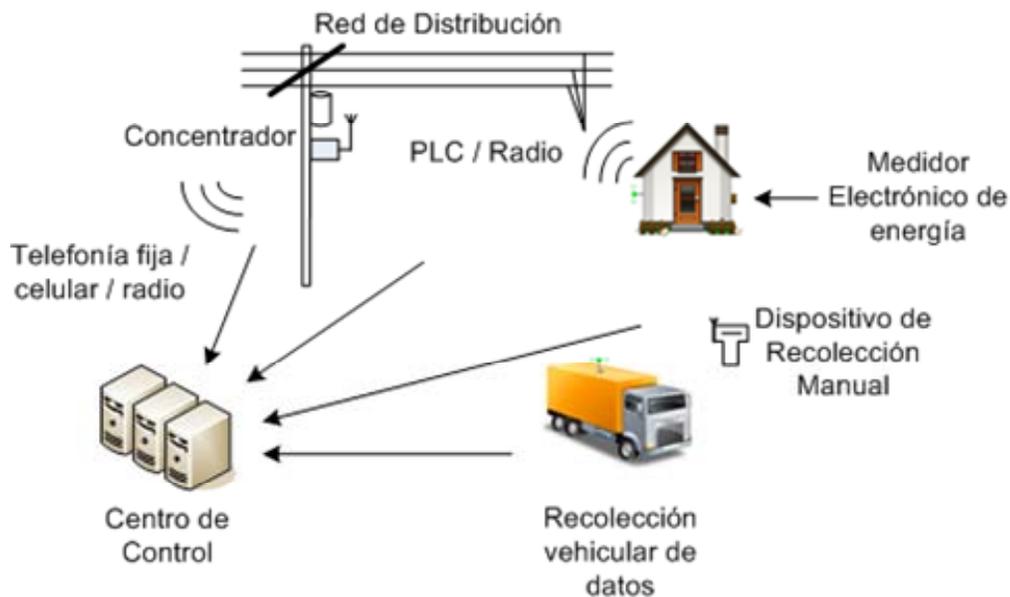


FIGURA 3.2 Esquema general de un sistema AMR de energía eléctrica

Como se observó, en la implementación de sistemas AMR es muy importante la comunicación de los datos, tanto del medidor al concentrador, como del concentrador al centro de control, a continuación se definen algunos términos resaltantes de las comunicaciones utilizadas en el desarrollo del equipo.

### 3.2.2 Comunicaciones de datos

En la actualidad es importante la transferencia de información entre todos los dispositivos en un sistema para un adecuado funcionamiento. Esta transferencia se realiza mediante las comunicaciones, e implica procesos de transmisión (propagación y procesado de la señal analógica o digital), medios de transmisión y codificación, hasta llegar a la interfaz final que es la utilizada por el usuario. Las interfaces más importantes utilizadas en este trabajo son RS-232, RS485, e inalámbricas (red celular). A continuación se presenta una descripción de cada interfaz.

### 3.2.2.1 Interfaz Serial RS-232

Este estándar fue diseñado en los 60, por la EIA (Electronics Industries Association de los Estados Unidos) por eso se conoce también como EIA-232, para comunicar un equipo terminal de datos o DTE (Data Terminal Equipment) y un equipo de comunicación de datos o DCE (Data Communication Equipment).

Las características más resaltantes de esta interfaz son las siguientes:

- Conexión punto a punto, vía cable, tipo Half duplex (envío bidireccional no simultáneo) o Full duplex (envío bidireccional simultáneo).
- Tiene un alcance corto de aproximadamente 1,5 m de cable.
- Puede transmitir hasta 20 kbps, con el alcance anterior.
- Los voltajes para un nivel lógico alto están entre -3V y -15V. Un nivel lógico bajo tendrá un voltaje entre +3V y +15V. Los voltajes más usados son +12V y -12V. La región entre +3 y -3 voltios está sin definir

Las señales utilizadas se listan a continuación:

- DTR (Data-Terminal-Ready): El DTE indica al DCE que esta encendido y listo para enviar datos.
- DSR (Data-Set-Ready): El DCE indica al DTE que esta encendido y listo para transmitir o recibir datos.
- RTS (Request-To-Send): El DTE pone esta señal a 1 cuando tiene un caracter listo para ser enviado.
- CD (Carrier-Detect): El DCE pone esta señal a 1 cuando ha detectado el DTE.

- CTS (Clear-To-Send): El DCE esta preparado para transmitir datos. El DTE empezará a enviar datos al DCE.
- TxD: El DCE recibe datos desde el DTE.
- RxD: El DCE transmite datos al DTE.

El conector estándar RS-232 sea hembra ó macho, es el DB-25, aunque también se usa el DB-9.

### **3.2.2.2 Interfaz Serial RS-485**

Esta interfaz se convirtió en estándar en 1983 por la EIA (Electronics Industries Association de los Estados Unidos) por eso se conoce también como EIA-485 y desde el año 2003 es administrado por la TIA (Telecommunications Industry Association) y nombrado TIA-485-A.222. Es un bus de transmisión multipunto, que permite altas velocidades a largas distancias y canales ruidosos. Existen dos configuraciones físicas para la transmisión: 2 hilos y 4 hilos (2 o 4 canales conductores) tipo par trenzado, la norma permite hasta 32 dispositivos conectados sobre el bus de dos hilos funcionando a una velocidad máxima de 19,2 kbps con una comunicación Half duplex. Mientras uno de los dispositivos transmite los datos, todos los demás pueden estar escuchando simultáneamente. Esto evita las colisiones y permite muchos puntos en un solo nodo.

Todos los sistemas bajo esta interfaz usualmente son maestros/esclavos, cada dispositivos tiene una única dirección y responde un mensaje que haya sido direccionado correctamente desde el maestro.

Sus características más resaltantes son las siguientes:

- Los niveles de tensión están entre  $-7V$  a  $+12V$ .
- Conexión punto a punto, multipunto, y comunicación half duplex.

- Velocidad de comunicación hasta de 10 Mbps, dependiendo de la longitud del cable:
  - 1000m hasta 100 kbps.
  - 50m hasta 2 Mbps.
  - 10m hasta 10 Mbps.
- Gran inmunidad al ruido.

### **3.2.2.3 Interfaz Inalámbrica Celular**

Como se mencionó anteriormente las redes inalámbricas celulares constituyen una de las formas de transmisión de datos de los sistemas AMR, ésta interfaz ha tenido un gran auge en los últimos años [3]. En la actualidad, la tecnología celular se presenta principalmente en dos grandes tendencias: GSM (Global System for Mobile Communications o sistema global para comunicaciones móviles) y CDMA (Code Division Multiple Access o Multiplexación por división de código). En el trabajo se implementó la interfaz inalámbrica celular a través de la Red GSM.

#### **3.2.2.3.1 Red GSM**

La red GSM es un sistema digital de telefonía móvil para la transmisión de voz y datos, utiliza la tecnología TDMA (Time Division Multiple Access). Puede trabajar en cuatro bandas: 800 MHz, 850 MHz, 1800 MHz y 1850 MHz. [4]. Esta red con tecnología digital presenta para la transmisión de datos las tecnologías GPRS (General Packet Radio) y EDGE (Enhanced Data Rate for GSM Evolution). Para la transmisión de datos en el trabajo se utilizó la tecnología GPRS que se describe a continuación.

### **3.2.2.3.1.1 GPRS**

GPRS (General Packet Radio Service) es una tecnología para la transmisión de datos en la redes GSM que trabaja a través de paquetes de datos, permitiendo así altas velocidades de transmisión (110 kbps). Los intervalos de tiempo de uso del canal de datos están gobernados por los paquetes, por lo tanto, si no se envía o se recibe ningún paquete, la línea está disponible para ser utilizada por otro usuario. El cobro se realiza también por paquete enviado o recibido. Este sistema también permite que la red no se sature. Esta forma de transmisión de datos es ideal para el manejo de Internet, ya que permite trabajar con el protocolo IP (Internet Protocol) y con TCP (Transmisión Control Protocol) o UDP (User Datagram Protocol) [5]. La conexión entre la red GPRS y la red Internet se realiza por medio de un gateway que hace la conversión de niveles y protocolos. Este gateway se encuentra en la empresa de telecomunicaciones que origina el servicio de Internet sobre GPRS. El gateway dispone de un nombre conocido como APN (Access Point Name). El inicio de sesión en el gateway es validado por un nombre de usuario y después éste otorga una dirección IP privada dentro de la red GPRS y asociará a este una IP pública de Internet.

### **3.3 Análisis de requerimientos del sistema**

Para el desarrollo del equipo se determinaron tres etapas básicas: recolección, almacenamiento y transmisión de los datos, y de manera adicional dos etapas para complementar el funcionamiento: una etapa de alimentación del sistema y una etapa de alarmas. Para todo este sistema, de modo general, los requisitos funcionales del diseño es que debe ser robusto y de fácil configuración, con bajo consumo de energía y con capacidad de expansión. Es importante acotar que el concentrador sólo funcionará con medidores de la empresa ETG, y en base a estos equipos es que se dictaminarán las pruebas de diseño del concentrador. Partiendo de estas exigencias

generales, para cada una de las etapas se presentan requisitos específicos para el desarrollo del prototipo.

### **3.3.1 Recolección de datos**

Debe implementarse el protocolo Modbus RTU a través de la interfaz serial RS-485 y los datos provenientes de los contadores de energía deben cumplir con las especificaciones del protocolo como son: debe ser un protocolo tipo maestro – esclavo, en donde, el concentrador es el maestro y el contador de energía es el esclavo, debe cumplir con la estructura y longitudes de trama impuestas por los comandos a implementar y su respectivo chequeo de errores.

### **3.3.2 Almacenamiento**

La memoria debe ser seleccionada por capacidad y es un dispositivo fijo (no removible) dentro del sistema. El tiempo para el almacenamiento de las variables debe ser suficiente para que los datos extraídos de los contadores de energía representen una información confiable para la empresa de energía. Por norma (Normas de Calidad de Servicio de Distribución Gaceta Oficial N° 37825 de Fecha 25 de Noviembre de 2003. Artículo 18), los registros de medición de los niveles de tensión, perturbaciones de tensión y energía suministrada deben realizarse cada 10 minutos.

### **3.3.3 Transmisión de datos**

Se utilizará un módulo embebido que se encargará de la transmisión de datos a la estación maestra. No se ejercerá control a través de este módulo.

### **3.3.4 Alimentación del sistema**

La elección de la batería está sujeta al consumo máximo que tiene el equipo cuando el módulo está operativo y debe ser recargable. El equipo será alimentado de

manera externa y la batería debe actuar solamente como respaldo y no como alimentación constante.

### **3.3.5 Alarmas**

Deben ser implementadas para suministrar información del estado físico del equipo y serán de manera informativa para la empresa de energía eléctrica, sin la capacidad de realizar acciones de control.

## **3.4 Bases Legales**

El equipo desarrollado no presenta unas bases legales establecidas para su implementación, sin embargo, para el diseño del prototipo se consideraron algunos estándares: para el diseño completo, se tomaron las recomendaciones de estructuración de sistemas automatizados de la AMRA (Automatic Meter Reading Association), para la implementación del protocolo Modbus, las especificaciones de protocolo de la Modbus- IDA, asociación de un grupo independiente de usuarios y fabricantes del protocolo Modbus, para la implementación de la lectura y escritura de las memorias MMC (Multimedia Cards) las especificaciones del Comité Técnico MMCA (Multimedia Cards Association). La protección IP fue considerada para la selección de la caja que contiene la electrónica del prototipo y también las normativas de diseño de circuito impreso de cada integrado para su mejor funcionamiento. También se deben nombrar las Normas de Calidad de Servicio de Distribución que promueve las normativas para una Calidad del Servicio en las empresas eléctricas.

## **CAPÍTULO IV**

### **DEFINICIÓN DEL SISTEMA**

#### **4.1 Definición del equipo**

El equipo a desarrollar es un módulo de recolección, almacenamiento y transmisión de datos a través de la red celular GSM, estos datos serán obtenidos de los contadores electrónicos monofásicos de energía de la empresa ETG que actúan en el sistema de distribución. Ha sido pensado inicialmente para ser utilizado en edificios, en donde todos los medidores se encuentran en una distancia cercana. Tomando el concepto de sistema AMR, este equipo cumplirá las funciones del concentrador de datos. El sistema recogerá la información a través de una interfaz serial RS485 por medio del protocolo Modbus cada 10 minutos, almacenará los datos en una memoria de alta capacidad tipo MMC por un período de 15 días y transmitirá los datos a una estación receptora (en donde habrá una interfaz de usuario para recibir los datos) por medio de la red GSM a través de la tecnología GPRS y el protocolo TCP/IP. En las figuras 4.1 y 4.2 se observa un esquema general del sistema concentrador – contadores de energía eléctrica de la empresa ETG y el esquema de recolección y transmisión.

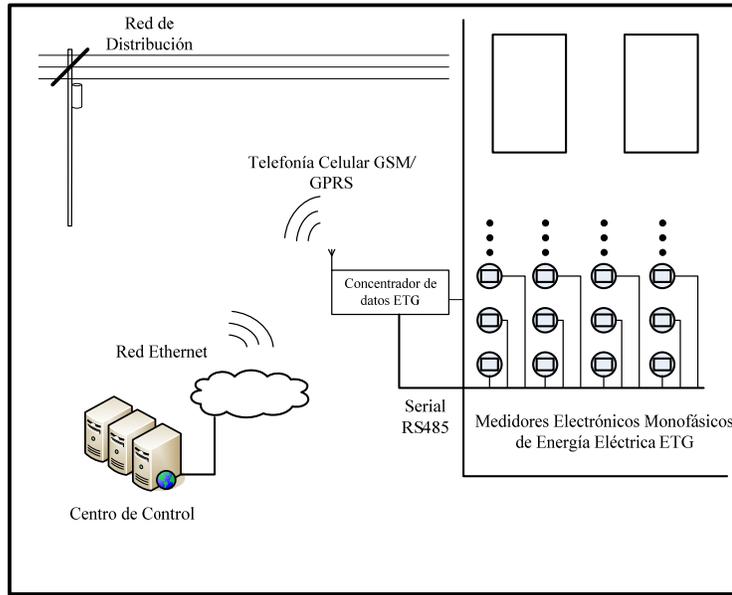


FIGURA 4.1 Esquema general del sistema Concentrador – Medidores de energía eléctrica de la empresa ETG

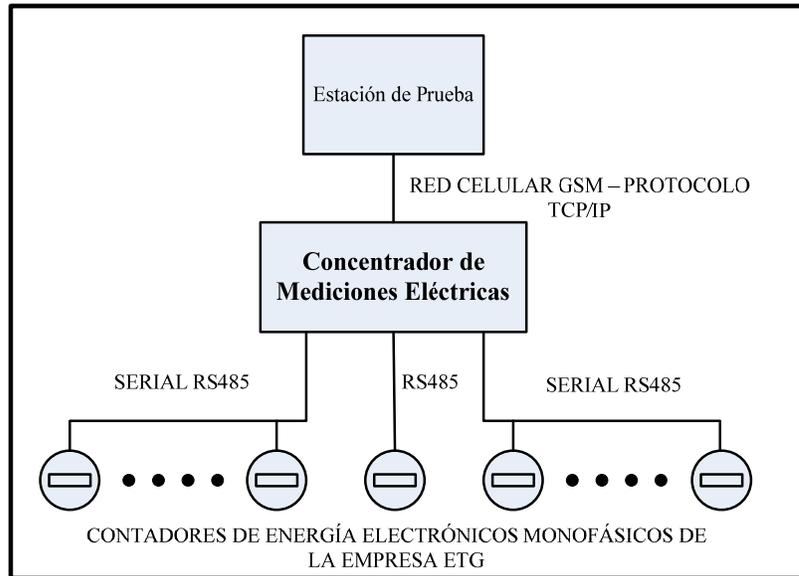


FIGURA 4.2 Esquema de recolección y transmisión del sistema

# CAPÍTULO V

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En este capítulo se explica con detalle la realización completa del hardware y el software desarrollado para el equipo.

### 5.1 Descripción general del hardware

En la figura 5.1 se observa un diagrama de bloques del hardware del equipo, está conformado por seis etapas y a continuación se dará una explicación de la estructura de cada una de ellas.

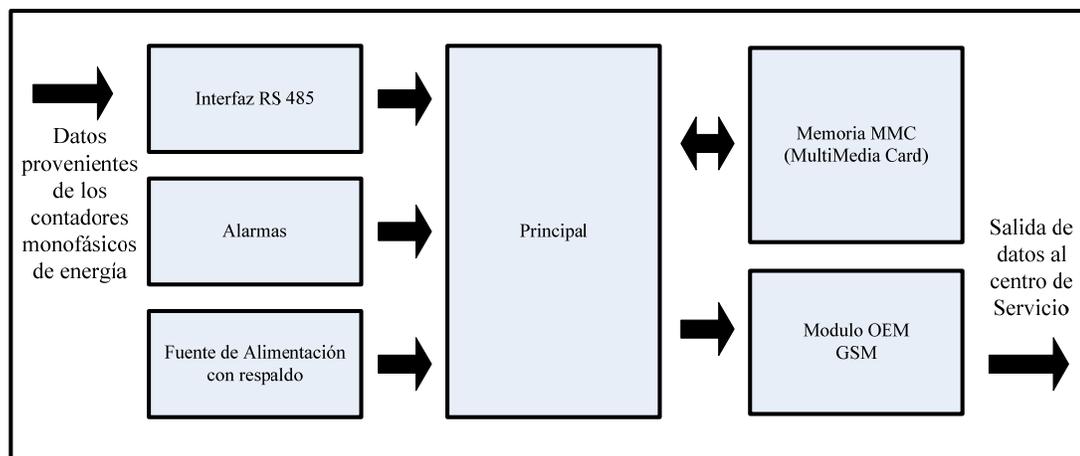


FIGURA 5.1 Diagrama de bloques del hardware

#### 5.1.1 Fuente de alimentación con respaldo

Para la alimentación del equipo completo se diseñó una fuente con una salida de 5 V<sub>DC</sub> con respaldo de batería. El circuito implementado posee dos entradas de

energía, una de  $12V_{AC}$  (a través de un transformador de tensión alterna 120/12  $V_{AC}$ ) y otra por medio de la batería que se utilizará de respaldo. La electrónica es un puente rectificador con un regulador de voltaje y se realiza una adaptación con un circuito interruptor (utilizando un transistor de potencia tipo Darlington) que permite la recarga de la batería cuando existe una tensión por el circuito de entrada a la tarjeta del transformador y el cambio para que el circuito principal se alimente de la batería en caso de no estar el transformador. En la figura 5.2 se muestra la estructura de la fuente de alimentación implementada.

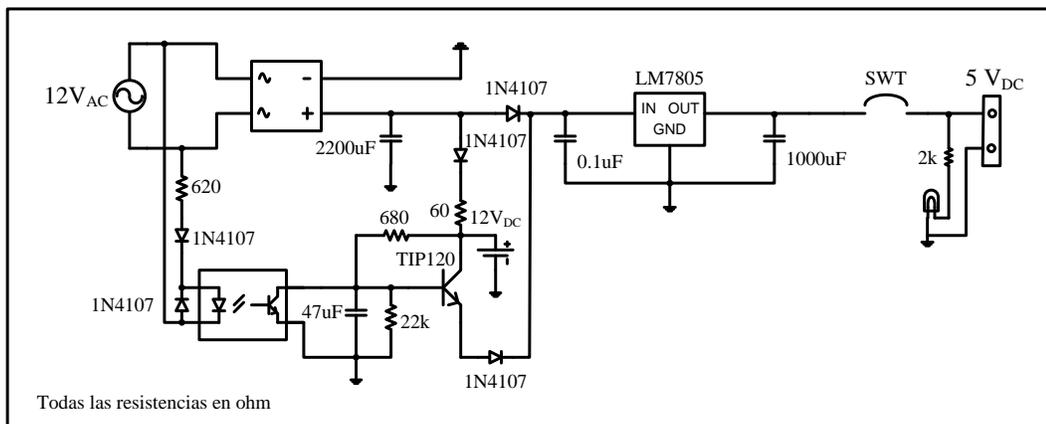


FIGURA 5.2 Estructura de la fuente de alimentación

La selección de la batería se realizó tomando en cuenta que el sistema debe manejar una corriente aproximada de 1A a una tensión de 12  $V_{DC}$ , debe ser recargable, portátil y con disponibilidad. Revisando las opciones en el país, se escogió la marca ROCKET, que son baterías elaboradas con componente de gel, que facilita el sistema de recarga y aumenta la vida útil de las misma, sin embargo su costo es un poco más elevado que otras, como por ejemplo las tipo Níquel – Cadmio o las de Lithium, que cumplen los requisitos pero su sistema de recarga es complejo.

### 5.1.2 Estructura principal

El diseño físico del sistema principal está formado por un microcontrolador y un reloj de tiempo real. El microcontrolador elegido fue el PIC18F6527 de la empresa

Microchip, que presenta ventajas como: capacidad de memoria ROM (48k), manejo de varios puertos seriales (TTL, I<sup>2</sup>C, SPI), costos, programación y disponibilidad. Para el reloj de tiempo real (Real Time Clock (RTC)) se usó el dispositivo DS1340C de la empresa MAXIM, que presenta un circuito interno para el oscilador e incluye un juego de interruptores para adecuar la corriente de la alimentación de respaldo (Trickle Charger Circuit), este respaldo puede ser batería o un “super condensador”. En este caso se utilizó un “super condensador” de la marca Cooper Bussmann Serie P, es un condensador de alta capacidad (0,47 F), para un tiempo de respaldo calculado de 18 días (ver Anexo IV para los cálculos). Este RTC fue implementado para llevar el intervalo de tiempo en el cual debe realizarse la transmisión de los datos, porque presenta mayor exactitud que de haber sido manejado con un contador del microcontrolador.

### **5.1.3 Estructura para la recolección de datos. Interfaz RS-485.**

La recolección de datos por requisitos de diseño fue implementada mediante el protocolo Modbus RTU, el estándar presenta varias opciones para la realización de la capa física, entre ellas: EIA/TIA-232, EIA/TIA-485, radio, fibra para protocolos Maestro – Esclavos, Ethernet II para protocolos Ethernet, etc. Se seleccionó el protocolo maestro – esclavo y la capa EIA/TIA-485, debido a que es de fácil montaje, existen diversidad de componentes para establecer su estructura y es un sistema multipunto.

Se instaló un bus de dos hilos sin neutro, en los cuales cada esclavo se conecta de manera directa, se colocaron las protecciones adecuadas para evitar pérdida de información por ruido o daño en los dispositivos por sobrecarga en el bus. En la figura 5.3 se observa la configuración de la interfaz serial.

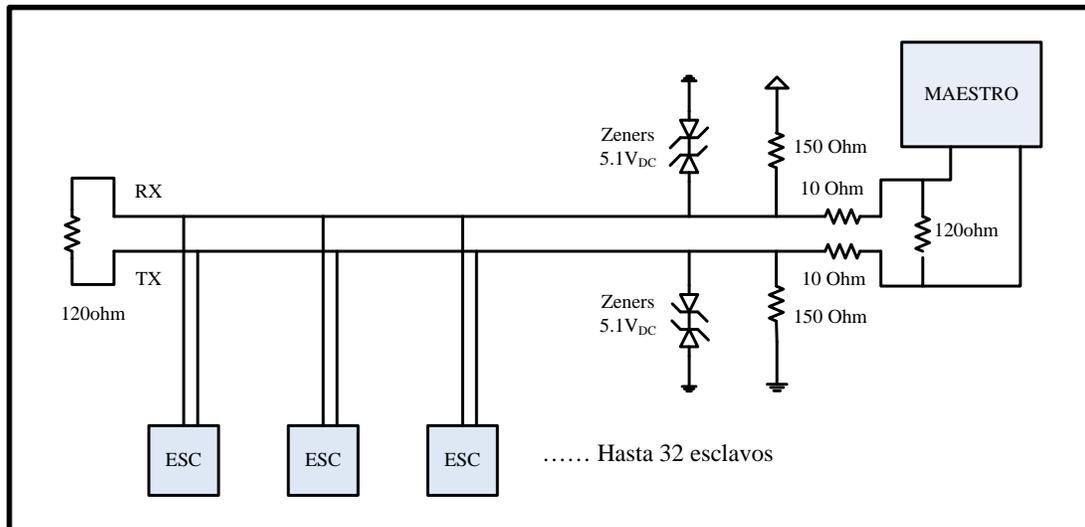


FIGURA 5.3 Configuración de la interfaz serial EIA/TIA - 485

#### 5.1.4 Estructura para el almacenamiento de datos. Memoria MMC

El módulo realiza la recolección de datos y luego un almacenamiento de los mismos a manera de histórico, éste lo hace en una memoria MMC (MultiMediaCard). Fue seleccionada esta memoria porque tiene alta movilidad, bajo consumo, alta capacidad y un tiempo rápido de escritura por bloque de bytes.

El concepto de las memorias MMC está basado en la transferencia de datos a través de un mínimo número de señales, bajo un bus de 7 terminales que opera a una tensión aproximada de 3.6V (Figura 5.4). Posee dos protocolos de comunicación, uno conocido como Modo MultiMediaCard (es el estándar en estas memorias), y uno alterno basado en el estándar SPI (Serial Peripheral Interface), ideal para aplicaciones con microcontroladores [6][7]. Se explicarán a continuación ambos modos de operación.

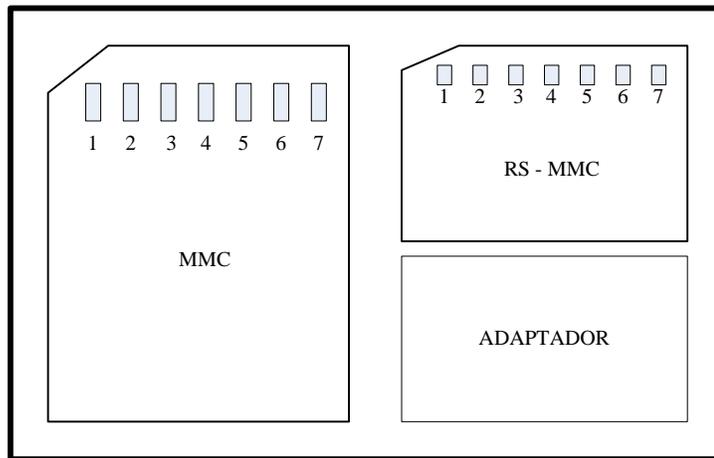


FIGURA 5.4 Tamaños de la MMC (normal y RS (reduced small))

#### 5.1.4.1 Modo MMC (MultimediaCard)

En modo MMC las señales de comunicación son las siguientes:

- CLK: con cada ciclo de esta señal un bit (por defecto, esto puede variar) es transmitido sobre la línea de datos. La frecuencia puede variar entre cero y el máximo permitido (20MHz).
- CMD: es un canal de comandos bidireccionales usado para la inicialización y transmisión de comandos hacia la tarjeta. Tiene dos modos de operación: colector abierto (open drain) para la inicialización, y levantamiento (push pull) para los comandos de transmisión.
- DAT: es un canal de data bidireccional. Opera en modo de levantamiento. Esta señal es manejada en determinado momento solo por una tarjeta.

La descripción de terminales en este modo se observa en la tabla 5.1.

TABLA 5.1 Descripción de terminales en el modo MMC

Nº DE PIN	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	RSV	Reservado para uso futuro
2	CMD	Señal de Comando - Respuesta
3	Vss1	Voltaje de Referencia
4	Vdd	Voltaje de Alimentación
5	CLK	Señal de Reloj
6	Vss2	Voltaje de Referencia
7	DAT	Señal de Datos

Cada tarjeta tiene registros de información que se encargan de almacenar los datos importantes (identificación, direccionamiento, condiciones generales y de operación), y están divididos según la tabla 5.2 (se observa la implementación en el modo MMC).

TABLA 5.2 Registros de información en modo MMC

NOMBRE	ANCHO (bits)	DESCRIPCIÓN	IMPLEMENTACIÓN
CID	128	Card Identification Number Identificación por tarjeta	Obligatoria
RCA	16	Relative Card Address, dirección de la tarjetas, dinámicamente asignada por el Lector durante la inicialización	Obligatoria
DSR	16	Driver Stage Register, para configurar la tarjeta desde controladores externos	Opcional
CSD	128	Card Specific Data, información sobre las condiciones de operación	Obligatoria
OCR	32	Operation Condition Register, comando de llamado general para identificar el tipo de voltaje de la tarjeta	Obligatoria

#### 5.1.4.2 Modo SPI (Serial Peripheral Interface)

El modo SPI es un protocolo de comunicación opcional que ofrecen las tarjetas MMC, y es seleccionado durante el primer comando de reset después de levantar la tarjeta. Este estándar define una capa física y no un protocolo completo de

transmisión de datos. El modo SPI implementa un grupo de comandos del protocolo MMC. Es usado cuando hay poca cantidad de tarjetas (generalmente una) y para baja velocidad en la transmisión de datos.

El modo SPI consiste en cuatro (4) señales:

- CS: Señal de selección de tarjeta.
- CLK: Señal de reloj, sincronización.
- DataIn: Entrada de datos de la tarjeta.
- DataOut: Salida de datos de la tarjeta.

La asignación de terminales de la memoria MMC en el Modo SPI y su comparación con el modo MMC se observa en la tabla 5.3. Los registros de direccionamiento (CID) son reemplazados por la señal de CS. Para cada comando la tarjeta es seleccionada por la señal de CS que se activa en modo bajo. Las líneas CMD y DAT son reemplazados por las señales DataIn y DataOut, unidireccionales, por lo tanto solo puede operar en bloques simples o múltiples para los comandos de lectura/escritura.

TABLA 5.3 Comparación de terminales en los dos modos de funcionamiento

Nº DE PIN	Modo MMC		Modo SPI	
	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	RSV	Reservado para uso futuro	CS	Selección de dispositivo
2	CMD	Señal de Comando - Respuesta	DI	Señal de Entrada de Datos
3	Vss1	Voltaje de Referencia	Vss1	Voltaje de Referencia
4	Vdd	Voltaje de Alimentación	Vdd	Voltaje de Alimentación
5	CLK	Señal de Reloj	SCLK	Señal de Reloj
6	Vss2	Voltaje de Referencia	Vss2	Voltaje de Referencia
7	DAT	Señal de Datos	DO	Señal de Salida de Datos

Los registros de información y su implementación en este modo se observan en la tabla 5.4.

TABLA 5.4 Registros de información en el modo SPI

NOMBRE	ANCHO (bytes)	DESCRIPCIÓN	IMPLEMENTACIÓN
CID	16	Card Identification Number Identificación por tarjeta	Obligatoria
RCA	-	-	No implementada
DSR	-	-	No implementada
CSD	16	Card Specific Data, información sobre las condiciones de operación	Obligatoria
OCR	32	Operation Condition Register, comando de llamado general para identificar el tipo de voltaje de la tarjeta	Obligatoria

En el diseño del equipo se implementó el modo SPI que es el apropiado cuando se trabaja a nivel de microcontroladores. Para esta interfaz, se realizó un bus serial SPI para comunicar la memoria con el microcontrolador principal. Como se mencionó anteriormente, éste es un bus compuesto de cuatro hilos: Una señal de datos de entrada al microcontrolador (SDI), una señal de datos de salida del microcontrolador (SDO), una señal de sincronización (SCLK) y una cuarta señal que es la selección del dispositivo con el que se habla (CS). A través de este bus y la programación adecuada de los comandos de la tarjeta MMC, se logra almacenar datos en estas memorias de gran capacidad.

#### **5.1.5 Estructura para la transmisión de datos a través de la red celular GSM. Módulo G24.**

Para la transmisión de datos a través de la red celular, se utilizó el módulo OEM G24 de la empresa Motorola. En general, a nivel de funcionamiento, los módulos embebidos para comunicación de datos presentan características muy similares, se decidió implementar este módulo porque presenta ventajas tipo costos-beneficios en comparación con otros (por ejemplo los de Wavecom, ver tabla comparativa 5.5). Se enumeran a continuación las ventajas:

- El distribuidor de Motorola se encuentra en el país, por lo tanto, su adquisición fue rápida y expedita.
- Trabaja en la banda de 900MHz y se encuentra homologado en Venezuela para trabajar con la red de la empresa DIGITEL y en la versión cuatro bandas puede trabajar con MOVISTAR.
- El módulo es compacto, robusto y de reducido tamaño (24,4 mm x 45,2mm).
- Tiene un rango de temperatura de funcionamiento amplio (-20°C – 70°C) lo que permite que pueda ser utilizado en aplicaciones de gran exigencia térmica [8].
- Dispone de protocolos ya predefinidos y con implementación por medio de comandos para la transmisión de datos a través de la red celular (TCP/IP, UDP/IP).
- Es compatible físicamente con el módulo C18 de la misma empresa, que trabaja para redes CDMA y por lo tanto, facilitaría cualquier diseño a futuro en esta tecnología.

TABLA 5.5 Comparación entre módulos embebidos (Motorola - Wavecom)

<b>MODULO G24 MOTOROLA</b>	<b>MODULO Q2686 WAVECOM</b>
Distribuidor y soporte técnico en Venezuela	Distribuidor y soporte técnico en Colombia
Dimensión 45,2mmx24,4mm	Dimensión 40mmx32,2mm
Modelos en dos y cuatro bandas (850MHz, 900MHz, 1800MHz, 1900MHz)	Modelo en cuatro bandas (850MHz, 900MHz, 1800MHz, 1900MHz)
Transmisión de datos a través de GPRS, con stack TCP/IP	Transmisión de datos a través de GPRS, con opción de programación en Open AT
Precio: \$50 para cantidades de 1000	Precio: \$70 para cantidades de 1000

El módulo dispone del servicio GPRS para transmisión de datos, compatible con la empresa DIGITEL y dispone de 2 protocolos de transporte sobre esta red: TCP/IP y UDP/IP, ambos protocolos para comunicación sobre la red de Internet.

También ofrece el servicio SMS (Short Message Service) perteneciente a mensajes cortos de texto.

En el diseño del concentrador se decidió implementar el protocolo TCP sobre el servicio GPRS, ya que presenta varias ventajas en comparación con el protocolo UDP (ver tabla comparativa 5.6), como verificación de llegada de datos (creando seguridad en la recepción de los mismos) y soporta grandes cantidades de bytes de envíos. El servicio SMS fue descartado de inmediato, ya que no presenta garantía del tiempo que tarda en llegar los mensajes, dependen del servidor SMS y no presenta seguridad en los datos transmitidos.

TABLA 5.6 Comparación entre los protocolos UDP y TCP

PROTOCOLO UDP	PROTOCOLO TCP
- No hay señalizaciones, ni control en el orden de recepción de los datos, ni verificación de entrega.	- Tiempo de entrega entre datos.
- No hay sincronización.	- Existe sincronización, pero causa una latencia en la entrega de los datos, además de ocupar más recursos de la red.
- Rápidez de entrega de paquetes de datos.	- Fiabilidad de los paquetes entregados

La comunicación a través del stack TCP/IP en el módulo G24 consta de 4 elementos de importancia [9]:

- El equipo remoto: que será el concentrador de datos, que realizará la conexión TCP/IP para la transmisión de los datos.
- La Red GSM: que debe cumplir con el requisito de tener la capacidad de la tecnología GPRS para transmisión de datos, así como buena cobertura en el lugar en donde se conecte el módulo y el mismo estar homologado por la empresa de telecomunicaciones.
- El Gateway: el gateway cumple con la función de asignar una IP privada en la red GSM y realiza la conversión de paquetes desde la red GSM hacia la red

de Internet. El gateway dispone de un nombre conocido como APN (Access Point Name). El inicio de sesión en el gateway es validado por un nombre de usuario y después éste otorga una dirección IP privada dentro de la red GPRS y asociará a este una IP pública de Internet. Para la empresa DIGITEL en Venezuela, el APN público es “gprswb.digitel.ve”.

- El servidor: que debe poseer una IP fija y un puerto en modo escucha para recibir los paquetes.

En la figura 5.5 se muestra el esquema de conexión entre el módulo G24 y la red de Internet.

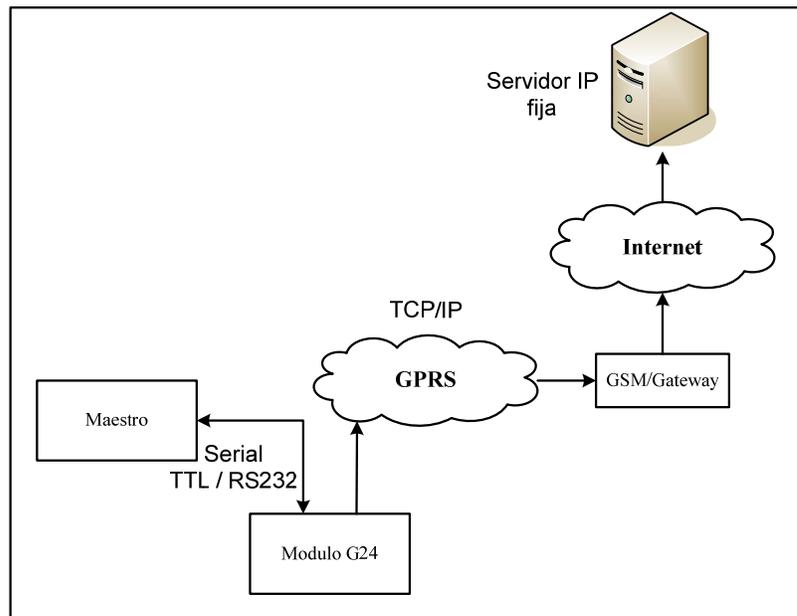


FIGURA 5.5 Esquema de conexión del módulo G24 y la red de Internet

La desventaja de trabajar con el protocolo TCP/IP es que la conexión entre GPRS e Internet se realiza por medio del Gateway, por lo tanto, la información debe recibirse en una IP fija y sin protecciones. Esta conexión trae también como consecuencia que los módulos G24 de Motorola tienen que ser maestros para realizar la conexión inicial. El sistema en donde se reciben los datos recabados por el

concentrador debe tener un puerto abierto en modo escucha. Esto limita en un principio la bidireccionalidad del sistema, porque solo puede levantar el canal de comunicaciones el módulo, la bidireccionalidad existe después que se realiza la conexión. Por esto, se decidió para el diseño del equipo, que el concentrador funcione como maestro y la comunicación sea en un solo sentido concentrador – interfaz de datos.

### **5.1.6 Estructura de alarmas**

La implementación de alarmas es necesaria para cuando el equipo presente algún inconveniente que pueda ocasionar un mal funcionamiento y así la empresa de servicio de energía puede tomar las acciones correctivas y/o preventivas. Se diseñaron dos tipos de alarmas: por apertura del equipo y supervisión de la temperatura interna. Al activarse cualquier alarma se envía un reporte al servidor.

#### **5.1.6.1 Apertura de equipo**

Para implementar la estructura de esta alarma, se utilizó un interruptor en condición normalmente cerrado, conectado a la puerta y una electrónica de lógica invertida que se activa cuando está se abre.

#### **5.1.6.2 Supervisión de la temperatura interna.**

Está alarma se realizó debido a que el concentrador está constituido de dispositivos electrónicos sensibles a las temperaturas extremas, por ejemplo, el módulo G24 para la transmisión de los datos. Si se detecta que la temperatura interna del dispositivo es alta (mayor a 60°C) y se observan las tablas de históricos de datos, se pueden localizar a tiempo posibles fallas en la recolección o en la transmisión de datos. Como sensor se utilizó el TC1046 de la empresa Microchip. Es un sensor lineal de temperatura, con una salida de voltaje proporcional a la temperatura medida según la ecuación 1.

$$V_{OUT} = (6.25 \frac{mV}{^{\circ}C})(Temperatura^{\circ}C) + 424mV \quad (1)$$

La descripción de terminales del sensor se observa en la tabla 5.7, presenta entrada de alimentación, salida de tensión proporcional a la temperatura leída y tierra. La conexión entre el microcontrolador y el sensor es directa por medio de un canal analógico.

TABLA 5.7 Descripción de terminales del sensor TC1046

Número	Referencia	Descripción
1	Vdd	Tensión de alimentación
2	Vout	Salida del sensor de temperatura
3	Vss	Tierra

## 5.2 Descripción general del software

El software está realizado de forma modular, esto permite tener el control directo sobre cada subsistema del equipo y además ofrece flexibilidad para futuras expansiones y mejoras. En la figura 5.6 se observan los módulos establecidos en el diseño; de manera básica, son los controladores asociados de cada estructura hardware. Todos estos módulos se enlazan pertinentemente en una plataforma principal, que se encarga de la recepción, ensamblaje y verificación de los datos. A continuación se explica cada uno de los controladores asociados.

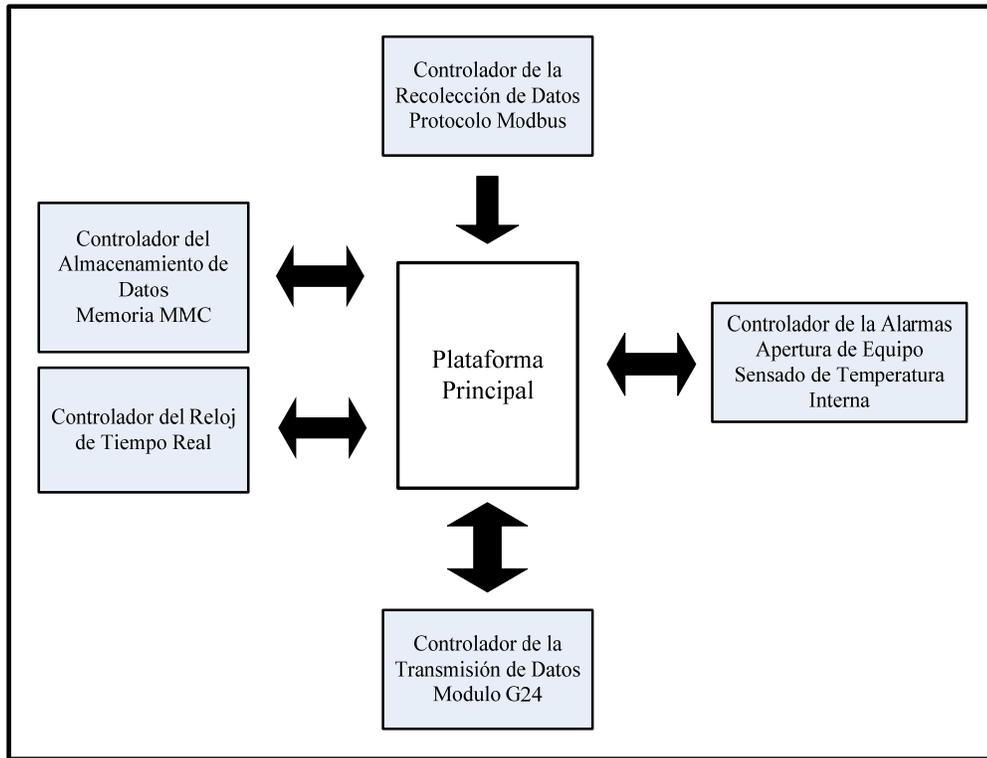


FIGURA 5.6 Diagrama de bloques del software

### 5.2.1 Módulo de recolección de datos. Protocolo Modbus

El sistema maneja la recolección de datos de los contadores monofásicos de energía eléctrica a través del protocolo Modbus RTU. Éste provee una comunicación tipo maestro-esclavo. El módulo está conectado como maestro a un bus serial y se pueden conectar 32 nodos de esclavos al mismo bus. La comunicación siempre es iniciada por el maestro y los esclavos generan una respuesta hacia éste. Los esclavos no pueden comunicarse entre ellos.

El maestro puede comunicarse con los esclavos en modo único con lo cual, el esclavo recibe, procesa la pregunta y envía una respuesta.

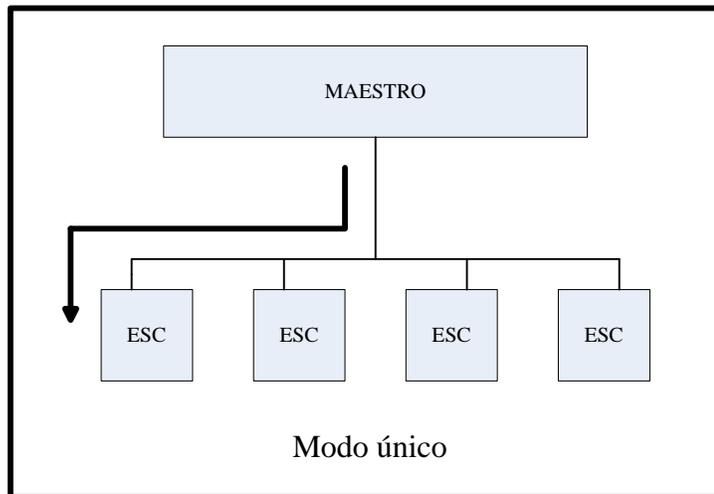


FIGURA 5.7 Comunicación maestro - esclavo en modo único

### 5.2.1.1 Trama Modbus

La trama general implementada en el sistema contiene los siguientes campos: dirección del esclavo, código de función o comando, datos y chequeo de errores por redundancia cíclica. El estándar establece que el máximo tamaño que puede alcanzar la trama es de 256 bytes y el campo de chequeos de errores debe ser el método CRC (Ciclical Redundancy Checking), de 16 bits, dos bytes de 8 bits [10][11]. La estructura del campo de datos varía según el código de función ejecutado. La trama general se observa en la figura 5.8.

DIRECCIONAMIENTO	CÓDIGO DE FUNCIÓN	DATOS	CRC (LRC)
1 Byte	1 Byte	0 – 252 Bytes	2 Bytes

FIGURA 5.8 Estructura de la trama general Modbus implementada

El protocolo precisa un byte de direccionamiento, 256 números disponibles (1 byte =  $2^8 = 256$ ) solo para nombrar a los esclavos y cada dirección es única. Las direcciones están estructuradas como se observa en la figura 5.9, la dirección 0 es la

de llamado general (broadcast en inglés), desde el número 1 hasta el 247 son direcciones individuales, pueden ser utilizadas una por equipo sin restringir su orden; y las direcciones entre 248 y 255 son reservadas por el estándar.

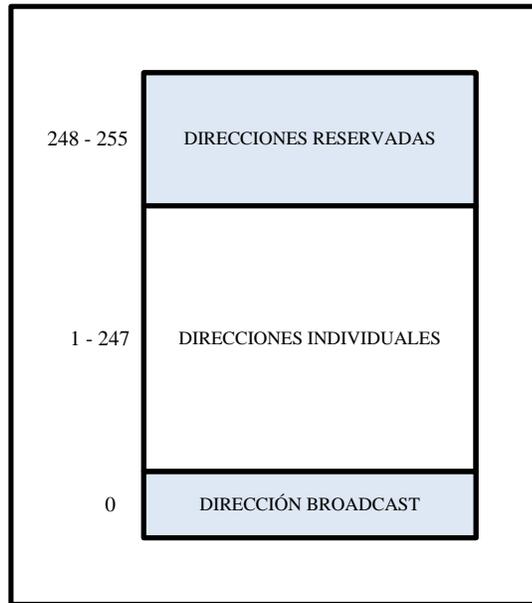


FIGURA 5.9 Estructura del direccionamiento de los esclavos

### 5.2.1.2 Comandos Modbus

El estándar establece más de veinte (20) códigos de función que pueden ser implementados. Debido a que el módulo solo tiene que recoger información puntual, que viene orientada a bytes y en algún momento puede cargar parámetros a los esclavos, se escogieron solo seis comandos para utilizar en el sistema, son mostrados en la tabla 5.8.

TABLA 5.8 Comandos implementados en el sistema

COMANDOS	DESCRIPCIÓN
0x03	Lectura de los registros de escritura/lectura
0x04	Lectura de los registros de solo lectura
0x06	Escritura de registros
0x08	Lectura de registros de diagnósticos
0x10	Escritura de múltiples registros
0x11	Lectura de reporte de identificación del esclavo

El módulo utiliza como base los comandos 0x03 y 0x04 para realizar la recolección de los datos, sin embargo, tiene la capacidad de recepción de los demás comandos. La estructura de la trama para cada comando se presenta a continuación.

#### Comando 0x03

Realiza la lectura de los registros que pueden ser de lectura/escritura en el esclavo, la estructura de las tramas es la siguiente:

Pregunta del maestro:

DIR	CÓDIGO DE FUNCIÓN	DATOS		CRC
1 - 32	0x03	Comienzo de dirección de registro (2 bytes)	Tamaño del registro (2 bytes)	2 Bytes

FIGURA 5.10 Estructura de trama comando 0x03 Maestro

Respuesta del esclavo:

DIR	CÓDIGO DE FUNCIÓN	DATOS		CRC
1 - 32	0x03	Contador de bytes (1 byte)	Valor del registro (N bytes)	2 Bytes

FIGURA 5.11 Estructura de trama comando 0x03 Esclavo

### Comando 0x04

Realiza la lectura de los registros que pueden ser de solo lectura en el esclavo, la estructura de las tramas es la siguiente:

Pregunta del maestro:

DIR	CÓDIGO DE FUNCIÓN	DATOS		CRC
1 - 32	0x04	Comienzo de dirección de registro (2 bytes)	Tamaño del registro (2 bytes)	2 Bytes

FIGURA 5.12 Estructura de trama comando 0x04 Maestro

Respuesta del esclavo:

DIR	CÓDIGO DE FUNCIÓN	DATOS		CRC
1 - 32	0x04	Contador de bytes (1 byte)	Valor del registro (N bytes)	2 Bytes

FIGURA 5.13 Estructura de trama comando 0x04 Esclavo

### Comando 0x06

Este comando realiza la escritura de registros individuales, la estructura de la trama es la siguiente:

Pregunta del maestro:

DIR	CÓDIGO DE FUNCIÓN	DATOS		CRC
1 - 32	0x06	Dirección de registro (4 bytes)	Valor del registro (N bytes)	2 Bytes

FIGURA 5.14 Estructura de trama comando 0x06 Maestro

Respuesta del esclavo:

DIR	CÓDIGO DE FUNCIÓN	DATOS		CRC
1 - 32	0x06	Dirección de registro (4 bytes)	Valor del registro (N bytes)	2 Bytes

FIGURA 5.15 Estructura de trama comando 0x06 Esclavo

Comando 0x08

Realiza el diagnóstico del equipo, puede contener el estado o dar la inicialización de contadores a través de subfunciones. En los medidores se aplica únicamente la subfunción 0x000A y se encarga de inicializar los contadores de comunicaciones respondidas por el esclavo, comunicaciones recibidas con error en el CRC y comunicaciones con respuestas de excepción.

La estructura de la trama es la siguiente:

Pregunta del maestro:

DIR	CÓDIGO DE FUNCIÓN	DATOS		CRC
1 - 32	0x08	Subfunción (2 bytes)	Datos (2 bytes)	2 Bytes

FIGURA 5.16 Estructura de trama comando 0x08 Maestro

Respuesta del esclavo:

DIR	CÓDIGO DE FUNCIÓN	DATOS		CRC
1 - 32	0x08	Subfunción (2 bytes)	Datos (2 bytes)	2 Bytes

FIGURA 5.17 Estructura de trama comando 0x08 Esclavo

### Comando 0x10

Este comando envía la escritura de un bloque de registros al esclavo. La estructura de la trama se muestra a continuación:

Pregunta del maestro:

DIR	CÓDIGO DE FUNCIÓN	DATOS				CRC
1 - 32	0x10	Comienzo de dirección de registro (2 bytes)	Cantidad de registros (2 bytes)	Contador de bytes (1 byte)	Valor de los registros (N bytes)	2 Bytes

FIGURA 5.18 Estructura de trama comando 0x10 Maestro

Respuesta del esclavo:

DIR	CÓDIGO DE FUNCIÓN	DATOS		CRC
1 - 32	0x10	Comienzo de dirección de registro (2 bytes)	Cantidad de registros (2 bytes)	2 Bytes

FIGURA 5.19 Estructura de trama comando 0x10 Esclavo

### Comando 0x11

Realiza un reporte de identificación del esclavo. La estructura de la trama es la siguiente:

Pregunta del maestro:

DIR	CÓDIGO DE FUNCIÓN	DATOS	CRC (LRC)
1 - 32	0x11	Sin Datos (0 bytes)	2 Bytes

FIGURA 5.20 Estructura de trama comando 0x11 Maestro

Respuesta del esclavo:

DIR	CÓDIGO DE FUNCIÓN	DATOS			CRC (LRC)
1 - 32	0x11	Contador de bytes (1 byte)	Identificación del Esclavo (4 bytes)	Estado de Encendido (1 byte)	2 Bytes

FIGURA 5.21 Estructura de trama comando 0x11 Esclavo

Adicionalmente cada comando puede generar otra respuesta, llamada respuesta de excepción. Esta respuesta envía el último bit del byte de función levantado a “1”. Por ejemplo, si se envía el comando 0x03 (b00000011), el código de respuesta de excepción es la 0x83 (b10000011).

Se tomaron del estándar para el sistema tres (3) posibles códigos por los cuales una respuesta de excepción es generada:

- Función ilegal (0x01): el comando recibido no es el adecuado, la estructura de la trama no es la correcta según el comando o el comando pedido no existe.
- Dirección ilegal (0x02): la dirección enviada en la trama no está especificada en los equipos.
- Valor ilegal (0x03): el valor recibido en la trama no está especificado o no es adecuado según el comando enviado.

La estructura general de la trama de respuesta de excepción es la siguiente:

DIR	CÓDIGO DE FUNCIÓN	CÓDIGO DE FUNCIÓN DE EXCEPCIÓN	CRC
1 - 32	b1xxx xxxx (1 byte)	Puede ser 0x01; 0x02; 0x03 (1 byte)	2 Bytes

FIGURA 5.22 Estructura de trama de la respuesta de excepción

Hay cuatro eventos posibles en las respuestas de una transmisión:

- Respuesta normal.
- No se devuelve respuesta.
- Devuelve un código de excepción.
- No se recibe la trama completa.

Por esto, la recepción de las tramas en el módulo, está condicionada con un tiempo de respuesta, para evitar que el equipo se quede esperando alguna trama que no llegará o esperando bytes en una trama incompleta.

### **5.2.1.3 Estructura de registros en los contadores electrónicos monofásicos de energía eléctrica**

La estructura de los registros asociados a los contadores monofásicos de energía eléctrica, se muestran en las tablas 5.9 y 5.10. En la tabla 5.9 se encuentran los registros de lectura/escritura y se observa la dirección y los registros enlazados a cada dirección, una breve descripción del registro e incluye también el tamaño, rango y unidad de cada uno. Este bloque se ha realizado para ejecutarse con los comando 0x03 (para lectura de registros tipo lectura/escritura), 0x06 (para escritura de registros individuales) y 0x10 (para escritura de registro en bloques), por lo tanto todos estos registros pueden ser modificados por el usuario. En la tabla 5.10 se muestran los registros de solo lectura teniendo acceso a ellos solo con el comando 0x04 y no pueden ser modificados.

TABLA 5.9 Registros de lectura/escritura en los contadores monofásicos de energía eléctrica

Dirección (h)	Descripción	Bytes	Rango	Unidades	Lectura/ Escritura
0000	Reloj de tiempo Real: MSB: Segundos LSB: Minutos	1	00 a 59	Segundos	L/E
		1	00 a 59	Minutos	L/E
0001	Reloj de tiempo Real: MSB: Hora LSB: Día	1	00 a 23	Hora	L/E
		1	01 a 31	Día	L/E
0002	Reloj de tiempo Real: MSB: Mes LSB: Año	1	01 a 12	Mes	L/E
		1	00 a 99	Año	L/E
0003...000F	RESERVADO				L/E
0010	Contador: N° de encendidos del esclavo	2	0 a 65565 dec		L/E
0011 0012	Contador: N° de comunicaciones MODBUS por el bus	4	0 a 4E9 dec		L/E
0013	Contador: N° de comunicaciones MODBUS respondidas por el esclavo	2	0 a 65565 dec		L/E
0014	Contador: N° de comunicaciones MODBUS recibidas con error en el CRC	2	0 a 65565 dec		L/E
0015	Contador: N° de comunicaciones MODBUS con respuesta de excepción	2	0 a 65565 dec		L/E
0016...00FF	RESERVADO				L/E

TABLA 5.10 Registros de solo lectura en los contadores monofásicos de energía eléctrica

Dirección (h)	Descripción	Bytes	Rango	Unidades	Lectura/ Escritura
0100 0101	Energía Activa	4	00000,000 a 99999,999	kWh	L
0102 0103	Energía Reactiva	4	00000,000 a 99999,999	kvarh	L
0104 0105	Energía Aparente	4	00000,000 a 99999,999	kVAh	L
0106	Tensión	2	0,00 a 150,00	V	L
0107	Corriente	2	0,000 a 40,000	A	L
0108 0109	Factor de Potencia	4	-1.000 a 1.000		L
010A 010B	Tensión Pico	4	---		L
010C 010D	Corriente Pico	4	---		L
010E..01FF	RESERVADO				L
1000 1001	Serial del equipo	4	0000000 a 9999999		L
1002	MSB: Reservado LSB: Dirección del equipo para comunicación MODBUS	1			L
		1	0 a 247 dec		L
1003	N° de Impulsos por cada kWh consumido	2	0 a 6400	Imp/kWh	L
1004	Tensión: MSB: N° de Fases del equipo LSB: Tensión	1	1	Fases	L
		1	120 a 240	V	L
1005	Corriente: MSB: Corriente Base LSB: Corriente Máxima	1	5 a 20	A	L
		1	5 a 80	A	L
1006	Constante de cálculo interna	2	0 a 65565 dec		L

### 5.2.1.4 Diagramas de flujo de las rutinas de transmisión y recepción implementadas para el protocolo Modbus en Modo Maestro

En las figuras 5.23 y 5.24 se muestran los diagramas de flujo del programa realizado para la implementación del protocolo Modbus en modo Maestro.

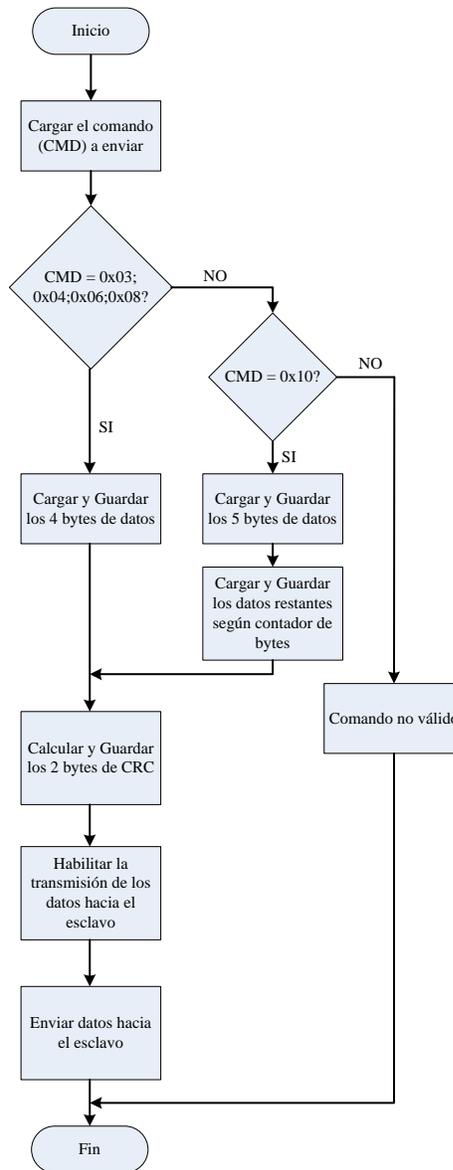


FIGURA 5.23 Diagrama de flujo del programa de transmisión de datos hacia los esclavos

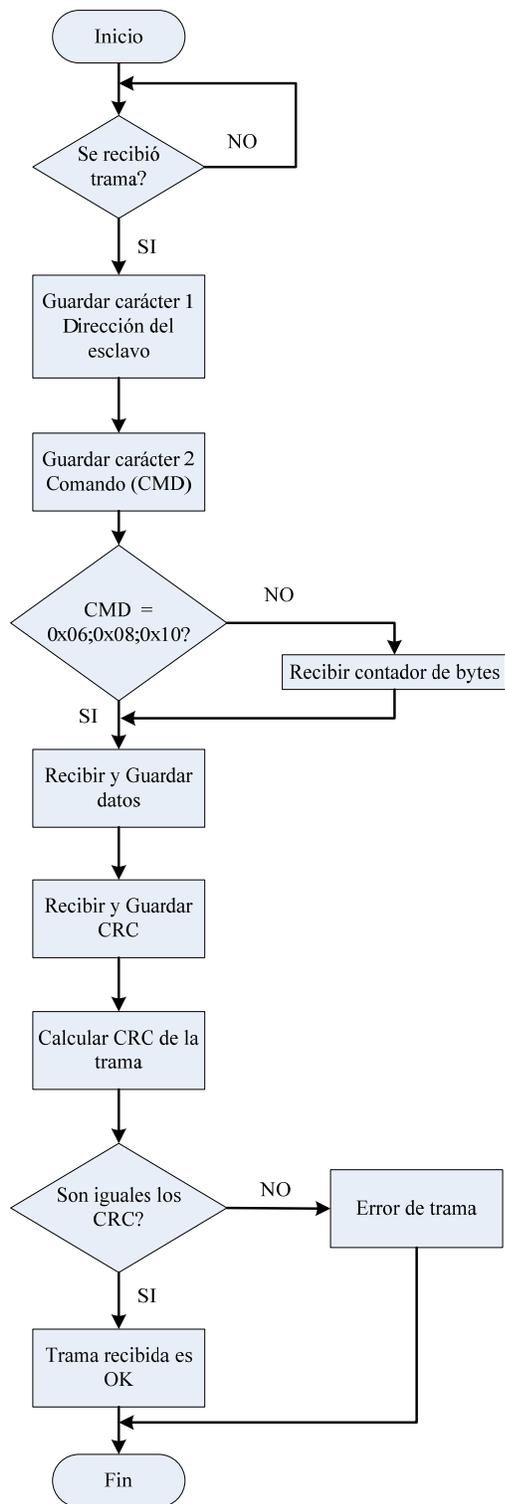


FIGURA 5.24 Diagrama de flujo del programa de recepción de datos de los esclavos

En la recepción de las tramas existe un condicionamiento por tiempo y está ejecutado en un contador, para cubrir los casos en donde la trama se envía y no se recibe ninguna respuesta o para cuando los caracteres recibidos no estén completos, aquí se esperan cinco (5) segundos y se inicializan los valores necesarios. En la figura 5.25 se observa el diagrama de flujo.

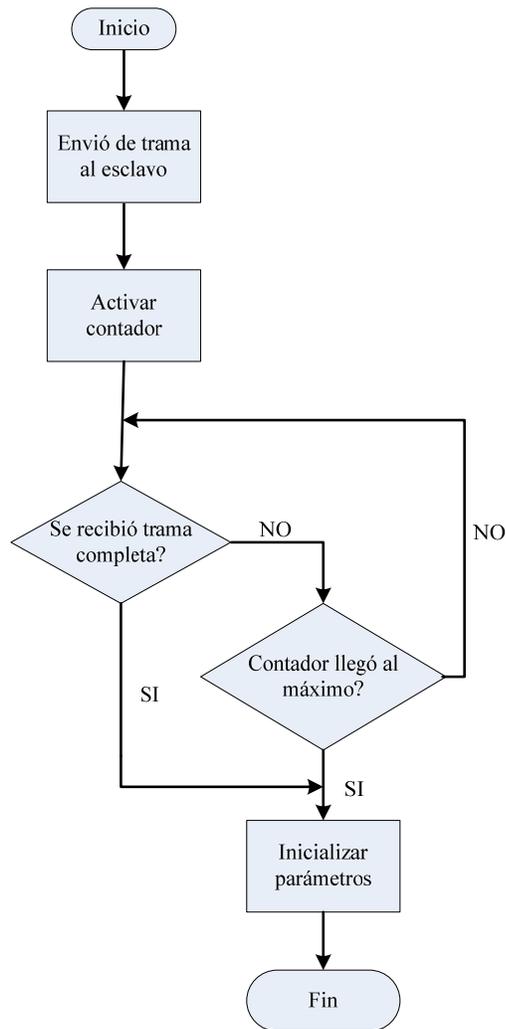


FIGURA 5.25 Diagrama de flujo de los contadores implementados en la recepción de los esclavos

## **5.2.2 Módulo de almacenamiento de datos**

En el diseño del módulo de almacenamiento de datos, se ejecutaron solo los comandos básicos de funcionamiento de las memorias MMC en modo SPI: inicialización de la memoria (especificando aquí que se va a utilizar en modo SPI) y los comandos de lectura/escritura orientado a bloques en la memoria MMC, éste permite la lectura/escritura en un formato sin especificaciones en bloques de 512 bytes, en este caso, no se le suministra información a la memoria del formato de archivo que se está guardando. Se utilizó el controlador recomendado por la casa Custom Computer Service, creadores del compilador CCS C Compiler para microcontroladores PIC.

### **5.2.2.1 Comando de inicialización en la memoria MMC**

Este comando se realiza para hacer un levantamiento de la memoria MMC, en él se especifica tres secuencias de puesta a cero (resets) para indicar el inicio y el modo en que trabajará la memoria.

### **5.2.2.2 Comandos de lectura/escritura en la memoria MMC**

Los comandos de lectura/escritura solo habilitan el puerto SPI del microcontrolador, comprueban que la dirección de la memoria sea válida (como se escribe en bloques de 512 bytes las direcciones válidas son equivalentes a  $512 \cdot n$  donde  $n$  pertenece a los números naturales  $n = 0, 1, 2, 3, \text{etc.}$ ), realizan la lectura/escritura en un bloque completo de 512 bytes y chequean que haya sido de manera correcta.

### **5.2.2.3 Estructura del almacenamiento de los datos**

El almacenamiento de los datos recolectados se realiza en forma automática por el equipo y por requerimientos para cumplir con las Normas de Calidad de Servicio de Distribución, Artículo 18, se ejecuta cada 10 minutos, con este tiempo se asegura que la información es adecuada para los registros de la empresa eléctrica.

El almacenamiento se realiza sobre un número determinado de esclavos y la cantidad de esclavos se define al encender el equipo. Se realiza un recorrido (en forma de “polling”) por los números de direcciones posibles (desde el número 1 hasta el número 147 es el máximo permitido por el equipo, definido hasta allí para realizar una validación de almacenamiento y transmisión de los datos) y a cada dirección se le transmite el comando de pedido de dirección Modbus (CMD 0x04, dirección de registro 1002), en caso de no responder, se le envía nuevamente, hasta un máximo de tres veces, si no responde no se reconoce esa dirección como un esclavo; con esto se logra obtener la cantidad y las direcciones de cada esclavo.

Se almacenan por esclavo 32 bytes, si se tienen los 32 esclavos conectados da un total máximo de 1024 bytes por barrido, esto puede ser menor dependiendo del número de esclavos conectados. De los contadores electrónicos monofásicos de energía eléctrica se toman las variables que van a ser almacenadas: dirección Modbus (1 byte), serial del equipo (4 bytes), energía activa (4 bytes), energía reactiva (4 bytes), energía aparente (4 bytes), tensión (2 bytes), corriente (2 bytes), factor de potencia (4 bytes), hora y fecha de recolección (6 bytes), para un total de 31 bytes, en el byte adicional para cubrir los 32 bytes se coloca la dirección del concentrador del cual son recolectados los datos (se colocará en la cabecera de la trama a almacenar). En la tabla 5.11 se observan las variables almacenadas y sus tamaños en bytes.

TABLA 5.11 Variables almacenadas

VARIABLE ALMACENADA	TAMAÑO (bytes)
Dirección Concentrador	1
Dirección Modbus	1
Serial del equipo	4
Energía Activa	4
Energía Reactiva	4
Energía Aparente	4
Tensión	2
Corriente	2
Factor de Potencia	4
Fecha de la muestra	6
Total Almacenado: 32 bytes	

Estas variables se van guardando en la memoria MMC hasta que se realice una transmisión de datos. Los datos van en orden registrándose como se muestra en la tabla 5.12.

TABLA 5.12 Ordenamiento en la memoria MMC

DIR MEM	ALMACENAMIENTO									
0 - 31	<b>MEDIDOR 1</b>									
	Dir. Concentrador	Dir. Modbus	Serial del equipo	Energía Activa	Energía Activa	Energía Activa	Tensión	Corriente	Factor de Potencia	Fecha del equipo
32 - 63	<b>MEDIDOR 2</b>									
	Dir. Concentrador	Dir. Modbus	Serial del equipo	Energía Activa	Energía Activa	Energía Activa	Tensión	Corriente	Factor de Potencia	Fecha del equipo
64 - 95	<b>MEDIDOR 3</b>									
	Dir. Concentrador	Dir. Modbus	Serial del equipo	Energía Activa	Energía Activa	Energía Activa	Tensión	Corriente	Factor de Potencia	Fecha del equipo
96 - 127	<b>MEDIDOR 4</b>									
	Dir. Concentrador	Dir. Modbus	Serial del equipo	Energía Activa	Energía Activa	Energía Activa	Tensión	Corriente	Factor de Potencia	Fecha del equipo
128 - 159	<b>MEDIDOR 5</b>									
	Dir. Concentrador	Dir. Modbus	Serial del equipo	Energía Activa	Energía Activa	Energía Activa	Tensión	Corriente	Factor de Potencia	Fecha del equipo
⋮	⋮									
992 - 1023	<b>MEDIDOR 32 (Máximo)</b>									
	Dir. Concentrador	Dir. Modbus	Serial del equipo	Energía Activa	Energía Activa	Energía Activa	Tensión	Corriente	Factor de Potencia	Fecha del equipo
1024 - 1055	<b>MEDIDOR 1</b>									
	Dir. Concentrador	Dir. Modbus	Serial del equipo	Energía Activa	Energía Activa	Energía Activa	Tensión	Corriente	Factor de Potencia	Fecha del equipo
⋮	⋮									

Para realizar la recolección de los datos se hace una solicitud, si el esclavo no contesta por un tiempo de cinco (5) segundos se hace otro intento, así hasta completar el almacenamiento o los tres (3) reintentos. En caso de no haber una respuesta por parte del esclavo o responde con un código de excepción, se almacena el valor 0xAA por byte en memoria, con esto se avisa en la tabla que en ese momento el esclavo no respondió.

Un diagrama de flujo completo del programa de almacenamiento se observa en la figura 5.26.

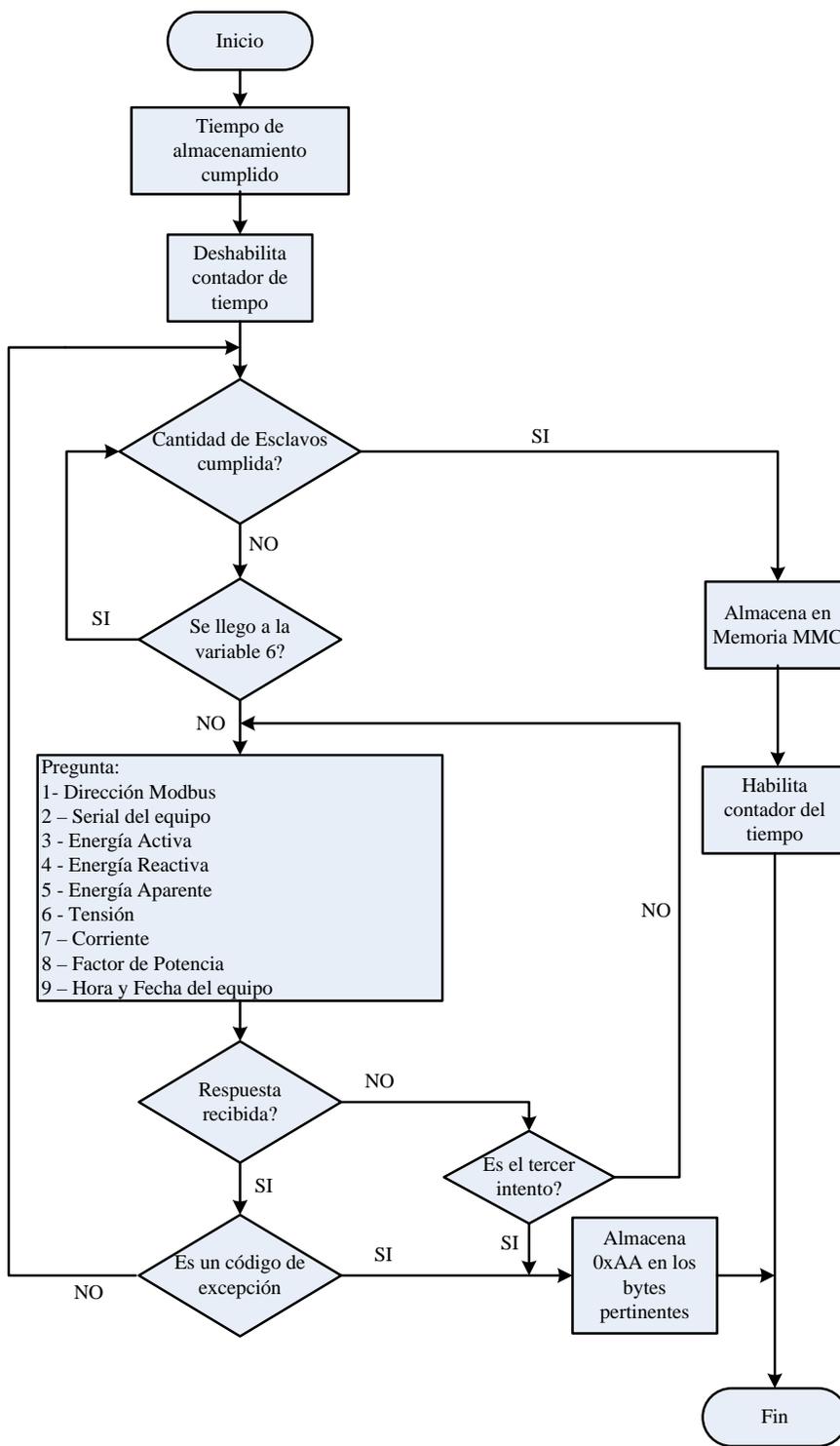


FIGURA 5.26 Diagrama de flujo del programa de almacenamiento de datos

### **5.2.3 Módulo de transmisión de datos**

Como se mencionó anteriormente, el concentrador realiza la transmisión de datos a través del módulo embebido G24 de la empresa Motorola, por medio de la red GSM, sobre la tecnología GPRS con protocolo TCP/IP. Para ejecutar una comunicación efectiva desde el microcontrolador, se utiliza una interfaz serial tipo TTL (Transistor Transistor Logic), y el módulo es manejado a través de un protocolo de comandos AT.

#### **5.2.3.1 Comandos AT**

Los comandos AT (por sus siglas en inglés Attention) son instrucciones codificadas para transmisión y recepción de parámetros principalmente en modems. Este juego de instrucciones fue desarrollado a finales de los años setenta por la empresa Hayes Communication, para comunicación con modems, y actualmente es implementado por la tecnología GSM para las instrucciones de operación (apertura de llamadas de voz y datos, envío y recepción de mensajes, configuración del equipo, etc.). Su estructura está formada por caracteres ASCII comenzando con el prefijo "AT", el comando que se quiere transmitir y se siempre cierra con un caracter de Carriage Return. En general, el protocolo de comandos AT funciona entre dos dispositivos, uno Terminal y uno tipo Modem, se envía un comando desde el Terminal al Modem y se espera por una respuesta que contiene el reconocimiento de respuesta, el resultado del comando pedido y una indicación del resultado (OK o NOK). Para la implementación en el diseño, se trabajo el módulo como MODEM y el microcontrolador como dispositivo Terminal.

El módulo G24 dispone de más de 100 comandos AT para diferentes funciones, como: inicialización, control de audio, control de comunicación, control de llamadas de voz y de datos, funcionamiento como MODEM, manejo de protocolos UDP, TCP, etc. En el diseño, se implementaron los comandos necesarios para la transmisión de datos sobre el protocolo TCP/IP, para esto se utiliza un módulo de

comandos que viene incorporado en el G24 (stack TCP/IP) y los comandos de inicialización de llamada de datos y final de datos. En la tabla 5.13, se observan los comandos a ejecutar en la comunicación de datos.

TABLA 5.13 Comandos AT a implementar en el diseño

Comando	Descripción
AT&K0	Deshabilita el control de flujo del puerto serial del modulo, por lo tanto queda operativo con comunicación serial sobre las líneas de recepción y transmisión únicamente.
AT+CPIN	Chequea la buena comunicación con la tarjeta SIM del sistema.
AT+MIPCALL	Realiza la apertura y cierre de la llamada de datos sobre el protocolo TCP/IP.
AT+MIPOPEN	Realiza la apertura de puertos en el protocolo TCP/IP.
AT+MIPSEND	Realiza la carga de datos en el buffer interno del modulo G24, es acumulativo. Solo permite cargar 80 bytes por envío.
AT+MIPSETS	Se define el tamaño interno del buffer de datos que puede acumular antes de realizar un envío automático. Por defecto el tamaño es 1372 bytes y es el tope máximo.
AT+MIPPUSH	Realiza un envío de datos forzados sin haber llegado a la marca de envío
AT+MIPCLOSE	Realiza el cierre del puerto sobre el protocolo TCP/IP.
AT+MRST	Realiza el apagado forzado del modulo.

### 5.2.3.2 Implementación del módulo de Comandos AT

Para realizar una correcta comunicación de la llamada de datos se debe seguir un orden entre los procesos de encendido del módulo, envío de comandos AT para la apertura del protocolo TCP/IP y apagado del módulo. La secuencia para una comunicación efectiva es la siguiente:

- Encendido del módulo G24, que se realiza colocando el terminal de ON/OFF en estado bajo entre 500ms y 1500ms. Este terminal está normalmente en estado alto.
- Envío del comando de inicialización del puerto serial AT&K0.
- Envío del comando de verificación de la tarjeta SIM (por las siglas en inglés Subscriber Identity Module o módulo de identificación del suscriptor) para la conexión a la red GSM, comando AT+CPIN.

- Realizar la apertura de llamada de datos para el protocolo TCP/IP a través del comando AT+MIPCALL.
- Realizar la apertura de puerto para el protocolo TCP/IP a través del comando AT+MIPOPEN.
- Enviar al módulo la capacidad máxima del buffer interno del módulo para realizar el envío de datos de forma automática con el comando AT+MIPSETS.
- Comenzar la carga de datos en el buffer interno del módulo G24 por medio del comando AT+MIPSEND, este comando solo permite el envío de 80 bytes, reflejados en 160 caracteres ASCII, debe enviarse continuamente hasta transmitir todos los datos necesarios.
- Si se tienen datos en el buffer interno del módulo, pero no van a ser enviados de forma automática porque es una trama pequeña, se envía el comando AT+MIPPUSH.
- Después de haber transmitido todos los paquetes, se cierra el puerto del protocolo TCP/IP a través del comando AT+MIPCLOSE.
- Posteriormente se puede iniciar otra comunicación abriendo nuevamente el puerto, o se envía el comando de finalización de llamadas de datos AT+MIPCALL.
- Para apagar el módulo, puede realizarse directamente sobre el terminal ON/OFF del módulo, manteniéndose en nivel bajo entre 1500ms y 2500ms, esta operación es de cuidado, ya que si se sobrepasa este tiempo el módulo puede tomar el nivel bajo como del proceso de encendido y no apagarse. Otra alternativa para apagar el módulo es enviar el comando AT+MRST, el cual apaga el módulo de manera automática.

Para realizar la transmisión y recepción de datos de los comandos del microcontrolador al módulo G24, se observó cuales debían ser los caracteres de transmisión y que se recibe para cada uno de los comandos. Como el protocolo está orientado a bytes y en formato ASCII, la transmisión no fue complicada, solo se envían cadenas de caracteres en ese formato. Pero para la recepción de comandos, debe recibirse la trama completa para saber si la respuesta es correcta, como está orientado a bytes se decidió implementar una verificación de los comandos a través de un checksum, que está basado en una suma XOR de todos los bytes recibidos.

En la tabla 5.14, se observa la forma de transmisión completa de cada comando, tomando como referencia que se trabaja en la red GSM de Digitel, con una dirección IP del servidor 150.111.111.11 en el puerto 4000 y con el socket número 1 (en el módulo G24 pueden existir 4 comunicaciones de datos simultáneas, el reconoce cada comunicación por el número de socket, teniendo en total 4). En la tabla 5.15 se observa la trama de recepción del comando y su respectivo checksum para la verificación.

TABLA 5.14 Forma de transmisión completa de los comando AT implementados

Comando	Forma de Transmisión
AT&K0	AT&K0<CR>
AT+CPIN	AT+CPIN?<CR>
AT+MIPCALL	AT+MIPCALL = 1, "gprsweb.digitel.ve"<CR>
AT+MIPOPEN	AT+MIPOPEN = 1, 4000, "150.111.111.11", 4000, 0<CR>
AT+MIPSETS	AT+MIPSETS=1,512<CR>
AT+MIPSEND	AT+MIPSEND=1, "DDDD"<CR>
AT+MIPPUSH	AT+MIPPUSH=1<CR>
AT+MIPCLOSE	AT+MIPCLOSE=1<CR>
AT+MIPCALL	AT+MIPCALL=0<CR>
AT+MRST	AT+MRST<CR>

<CR>: Carriage Return (hexadecimal 0x0D)

TABLA 5.15 Trama recibida

Comando	Trama recibida	Checksum
AT&K0	AT&K0<CR><CR><LF>OK<CR><LF>	0x41
AT+CPIN	AT+CPIN?<CR><CR><LF>+CPIN: READY<CR><LF><CR><LF>OK<CR><LF>	0x72
AT+MIPCALL	AT+MIPCALL = 1, "gprswb.digitel.ve"<CR><CR><LF>OK<CR><LF><CR><LF>+MIPCALL: 10.251.92.15<CR><LF>	0x2A
AT+MIPOPEN	AT+MIPOPEN = 1, 4000, "150.111.111.11", 4000, 0<CR><CR><LF>OK<CR><LF><CR><LF>+MIPOPEN: 1,1<CR><LF>	0x59
AT+MIPSETS	AT+MIPSETS=1,512<CR><CR><LF>+MIPSETS: 0<CR><LF><CR><LF>OK<CR><LF>	0x20
AT+MIPSEND	AT+MIPSEND=1, "DDDD"<CR><CR><LF>+MIPSEND: 1,0, 1369,<CR><LF><CR><LF>OK<CR><LF>	0x03
AT+MIPPUSH	AT+MIPPUSH=1<CR><CR><LF>+MIPPUSH: 1,0,<CR><LF><CR><LF>OK<CR><LF>	0x27
AT+MIPCLOSE	AT+MIPCLOSE=1<CR><CR><LF>+MIPCLOSE: 1<CR><LF><CR><LF>OK<CR><LF>	0x3B
AT+MIPCALL	AT+MIPCALL=0<CR><CR><LF>OK<CR><LF><CR><LF>NO CARRIER<CR><LF>+MIPCALL: 0<CR><LF>	0x46

<CR>: Carriage Return (hexadecimal 0x0D)  
<LF>: Line Feed (hexadecimal 0x0A)

Para estructurar la programación de este módulo, se implementó una máquina de estados, en donde se transmite el comando pertinente y se espera por su trama de recepción. Si la trama es recibida, se verifica con el checksum del comando y si dicho checksum es correcto, se continúa la comunicación con el siguiente comando, en caso contrario, se repite la comunicación. Sólo se reenvía el comando hasta un máximo de 6 veces, si no recibe la trama correcta la comunicación es finalizada. Si el comando es enviado y no se recibe respuesta o la trama no está completa con respecto a la que se esperaba, la comunicación es finalizada.

### 5.2.3.3 Transmisión de los datos

El almacenamiento se realiza cada 10 minutos y la transmisión de los datos se realiza cada 15 días. Cuando se cumple este período, el módulo de comandos AT se

activa e inicia la comunicación para enviar los datos almacenados, estos son transmitidos en paquetes de una longitud de 512 bytes (realizando las lecturas directas sobre la memoria MMC), en el mismo orden en la que fue almacenada la información (descrita anteriormente en la sección 2.2 Módulo de almacenamiento de datos). Si la comunicación no es efectiva en ese momento, los valores se siguen almacenando en la memoria y en el próximo envío son transmitidos completamente. Para verificar la capacidad de almacenamiento en la memoria MMC durante este período, se calcula la cantidad máxima de bytes que pueden ser almacenados en 15 días. En un período de 24 horas (1 día) se almacenan 144 veces 1024 bytes como máximo, en un período de 15 días se almacenaran 15 veces esta cantidad (observar ecuación 2). La memoria utilizada en el sistema es de 256Mb, por lo tanto, tiene la capacidad de almacenar por lo menos 100 veces los datos para un período de 15 días.

$$\text{TotalBytes(1día)} = 144 \cdot 1024 = 147456\text{bytes}$$

$$\text{Totalbytes(15días)} = (147456) \cdot (15) = 2211840\text{bytes} \approx 2,3\text{Mb} \quad (2)$$

## **5.2.4 Módulo de alarmas**

### **5.2.4.1 Apertura de equipo**

La alarma funciona detectando la apertura del interruptor colocado y enviando un reporte inmediato al servidor de la empresa de servicio, se suspende la recolección y transmisión de datos, por lo menos, hasta que se realice la comunicación de la alarma. Para verificar el correcto estado de la misma, se implementó en el programa un detector de ruido, que se encarga de comprobar el estado de activación (en nivel alto) por unos 200ms, si después de este tiempo sigue en nivel alto la alarma está correcta y se activa, en caso de no cumplir con este tiempo, se toma como un ruido en la entrada del microcontrolador y falsa alarma. En la figura 5.27, se observa un diagrama de flujo del programa realizado.

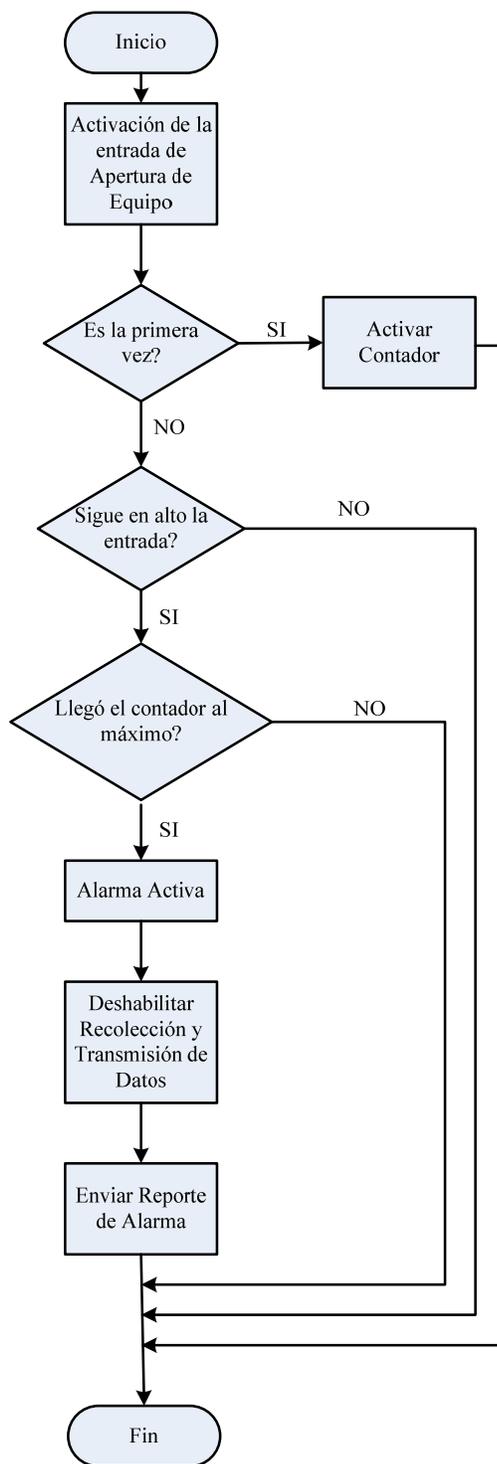


FIGURA 5.27 Diagrama de flujo del proceso de detección de alarma por apertura de equipo

#### 5.2.4.2 Supervisión de la temperatura interna

La alarma de temperatura está diseñada para tomar lecturas cada 10 minutos, es decir, después de la recolección de datos, si el equipo no presenta una temperatura adecuada (en un rango entre 0°C y 60°C). Su funcionamiento es el siguiente: al cumplirse la recolección en un tiempo de 10 minutos, se habilita el canal analógico para realizar la lectura de la salida del sensor, el canal analógico del microcontrolador se seleccionó con una resolución de 8 bits, lo que permite una resolución de 12,74mV en un rango a plena escala de 3,25V (ecuación 3), para los fines de la alarma está bien. Se implementa la conversión de parámetros (de tensión a temperatura según la ecuación 1 de este capítulo) y se verifica si está en el rango adecuado, si no cumple con este rango envía un reporte al servidor. Un diagrama de flujo de esta alarma se presenta en la figura 5.28.

$$\text{Resolución} = \frac{3.25\text{V}}{2^8} = 12.74\text{mV} \quad (3)$$

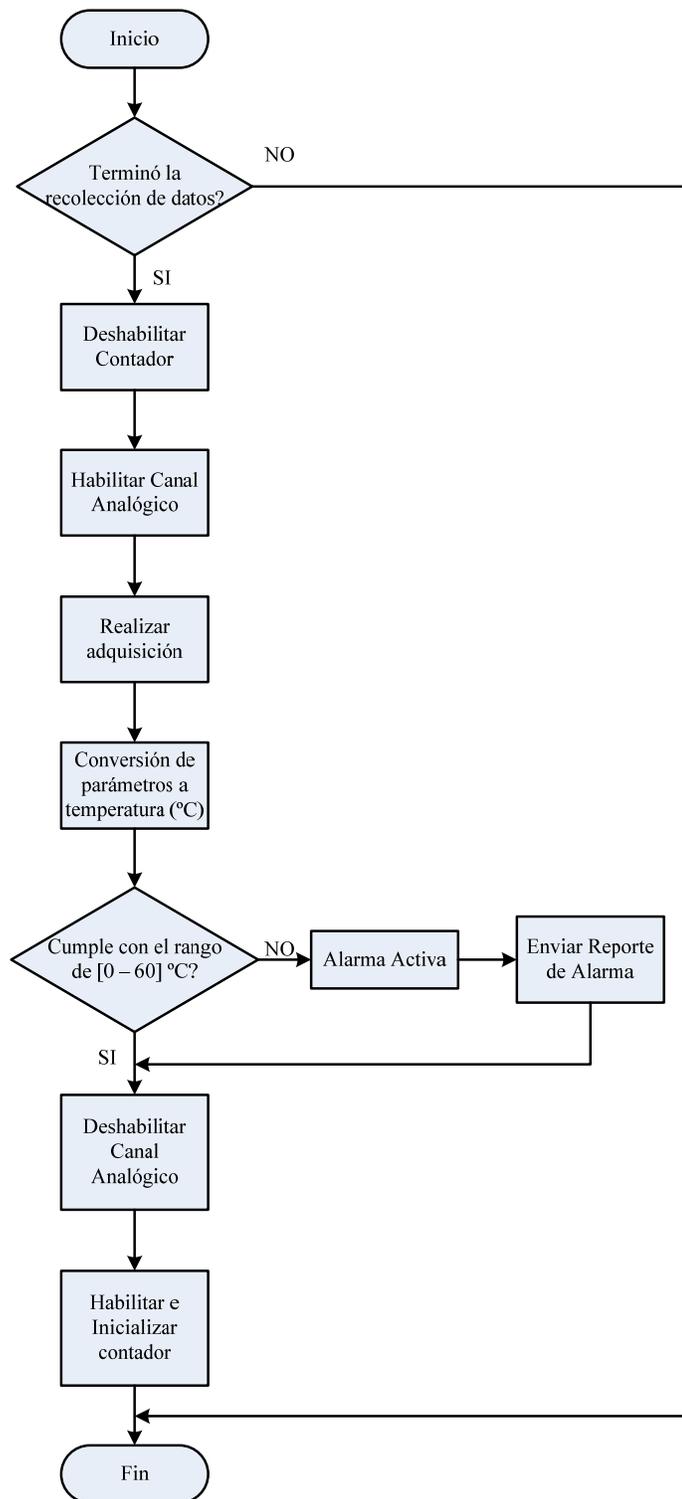


FIGURA 5.28 Diagrama de flujo del proceso de supervisión de la temperatura interna

## **CAPÍTULO VI**

### **DISEÑO Y MONTAJE DEL PROTOTIPO**

En este capítulo se explica lo correspondiente al diseño del circuito impreso que incluye el circuito esquemático, el circuito impreso y el montaje del prototipo, las pruebas realizadas sobre la placa para la verificación de funcionamiento, así como también la escogencia de la caja de resguardo del equipo.

#### **6.1 Diseño de los circuitos impresos**

El diseño del equipo se dividió en dos circuitos impresos: un circuito impreso para la fuente de alimentación y un circuito impreso para el módulo del concentrador.

##### **6.1.1 Circuito impreso para la fuente de alimentación**

El circuito esquemático de la fuente se diseño en base al esquemático de la figura 6.1 y la placa de circuito impreso o Layout (a doble cara) se desarrolló a partir de la figura 6.2. Para la implementación de este circuito se verificó que todas las líneas de conexión fueran de un ancho adecuado (1,046 mm) ya que es una fuente de alimentación y las líneas manejan toda la potencia del circuito concentrador. Se colocó un indicador luminoso de encendido/apagado, tres puntos de prueba (tierra, salida de tensión y un punto medio de la conversión de la tensión) y planos de tierra por la cara superior e inferior de la placa. También se colocó toda la nomenclatura necesaria para reconocer la entradas/salidas del circuito.

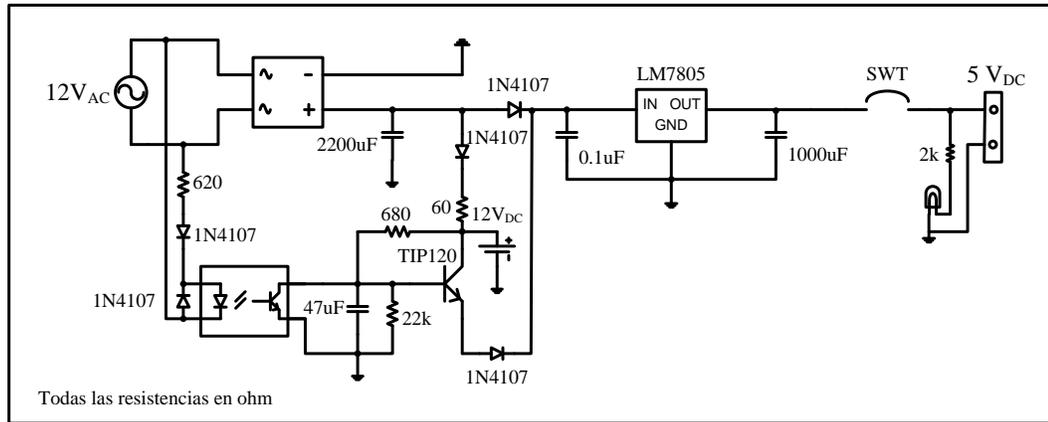


FIGURA 6.1 Diagrama esquemático de la fuente de alimentación

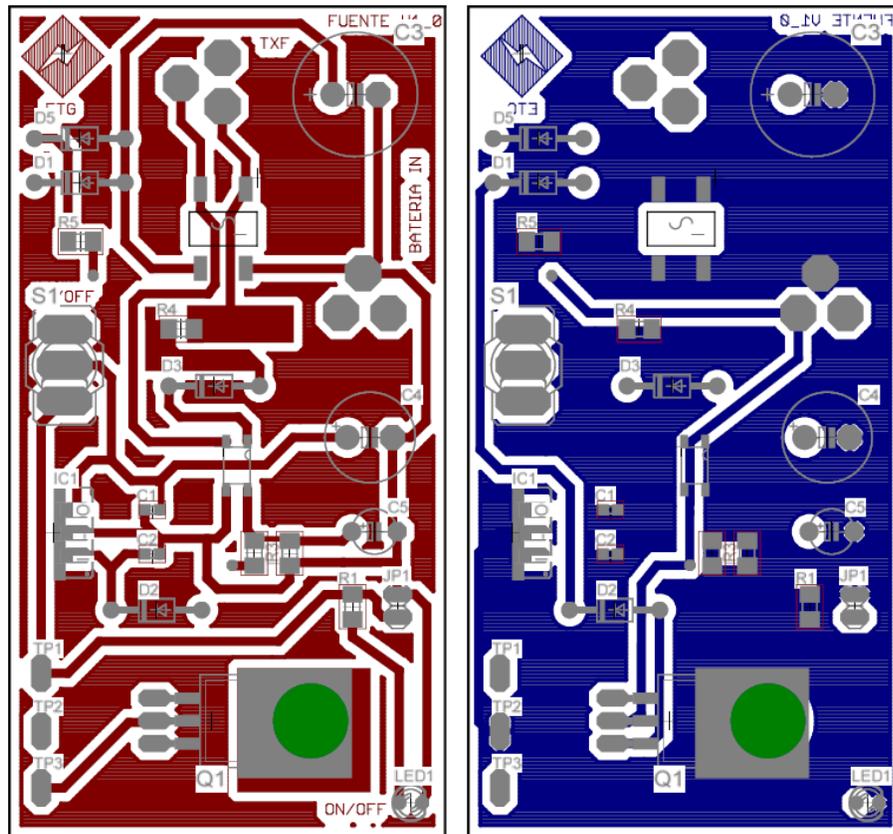


FIGURA 6.2 Placa impresa de la fuente de alimentación (cara superior e inferior)

### **6.1.2 Circuito impreso para el módulo concentrador**

Por ser la versión prototipo el diseño se realizó como un módulo de desarrollo. Presenta tres divisiones generales: La primera en donde se incluye: todas las salidas auxiliares para la futura expansión del equipo, las salidas de programación del microcontrolador, los acondicionamientos externos del microcontrolador, del reloj de tiempo real, de la memoria MMC, de la entrada de la fuente de alimentación y de las alarmas (supervisión de la temperatura y apertura de equipo). La segunda que es la salida aguas abajo del equipo, que es la comunicación con los contadores de energía eléctrica, se implementó a través de tres tipos de salidas seriales: una salida con niveles TTL, una salida RS232 y una salida RS485, cada una de ellas con el acondicionamiento pertinente. La tercera división que son las salidas aguas arriba del equipo o la comunicación hacia un servidor o centro de control, se desarrolló con dos tipos de salidas seriales ambas RS232, una salida directa del microcontrolador y otra salida directa del módulo G24, también se pueden conectar ambos dispositivos, el módulo y el microcontrolador, que es como debería ir en funcionamiento normal, también se incluye el acondicionamiento externo del módulo G24. Estas conexiones permitieron la verificación del equipo paso a paso y su consolidación para las pruebas finales. En el Anexo III se muestra el circuito esquemático y en la figura 6.3 el circuito de la placa impresa.



un circuito más sencillo para el montaje y en la tarjeta del concentrador la mayoría de los componentes son de montaje superficial, incluyendo el conector del módulo G24 de 70 terminales que involucra un montaje más complejo; sin embargo el montaje de ambas tarjetas fue realizado a mano.

Las pruebas sobre cada tarjeta fueron realizadas principalmente para la verificación de su funcionamiento. En el caso de la fuente de alimentación se comprueba la salida de tensión y corriente para la cual fue diseñado el circuito. En el caso del concentrador, se fue probando por módulos y en cada módulo se comprueba el funcionamiento de cada componente.

### **6.3 Caja de resguardo para el equipo**

Uno de los requisitos principales del equipo es que debe ser robusto y además por lo que se ha observado en los sistemas AMR el concentrador puede estar ubicado en una zona a la intemperie. Ante estas condiciones, el resguardo del equipo es muy importante. Existen niveles de protección establecidos, uno de los más comunes es el código IP, basado en la norma europea EN60529 [12]. Éste código IP contiene dos dígitos, el primer dígito denominada primera cifra característica indica la protección del equipo contra la penetración de objetos extraños. Su escala está determinada desde 0 hasta 6 y mientras mayor es el número, más alta es la protección del equipo. El segundo número o segunda cifra característica indica la protección del equipo contra los efectos debido a la penetración de agua. Su escala está determinada desde 0 hasta 8 y mientras mayor es el número, más alta es la cantidad de agua en diferentes direcciones que intenta penetrar el equipo. En las tablas 6.1 y 6.2 se muestran los grados de protección para cada una de las cifras características. Tomando en cuenta estos niveles de protección IP y buscando las alternativas en el mercado nacional, se eligió una caja industrial aislada tipo Himel, número CI2216, que posee protección IP número 66, Observando las tablas 6.1 y 6.2 se tiene que el primer dígito 6 garantiza

protección ante entrada de polvo (ninguna entrada de polvo) y el segundo dígito garantiza protección ante fuertes chorros de agua (el agua no deberá entrar en cantidades perjudiciales) [12].

TABLA 6.1 Grados de protección IP primera cifra característica

CIFRA	GRADO DE PROTECCIÓN
	DESCRIPCIÓN ABREVIADA
0	No protegida
1	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 50mm de diámetro
2	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 12mm de diámetro
3	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 2,5mm de diámetro
4	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 1mm de diámetro
5	Protegida contra la penetración de polvo
6	Totalmente protegida contra el polvo

TABLA 6.2 Grados de protección IP segunda cifra característica

CIFRA	GRADO DE PROTECCIÓN
	DESCRIPCIÓN ABREVIADA
0	No protegida
1	Protegida contra la caída vertical de gotas de agua
2	Protegida contra la caída de gotas de agua con una inclinación máxima de 15° con respecto a la posición normal
3	Protegida contra la lluvia fina
4	Protegida contra las proyecciones de agua
5	Protegida contra los chorros de agua
6	Protegida contra fuertes chorros de agua o la mar
7	Protegida contra los efectos de la inmersión
8	Protegida contra la inmersión prolongada

La caja Himel seleccionada es sellada completamente y el concentrador debe tener algunas salidas hacia el exterior, debe salir un cable par trenzado para la comunicación sobre la interfaz RS485 con los contadores electrónicos monofásicos de energía eléctrica, debe salir un cable de alimentación de 120V<sub>AC</sub> tensión fase-neutro y debe salir también el cable de la antena para la comunicación GSM. Debido a esto, se tuvo que abrir un hueco en la parte inferior de la caja, pero para tratar de conservar al máximo la protección IP, se utiliza una prensaestopa, recomendada por el fabricante de la caja, su función es permitir la salida de los cables, pero sin permitir la entrada de agua o polvo. En las figura 6.4 se observa la prensaestopa colocada en la caja y en la figura 6.5 se observa el equipo completo en forma abierta y en forma cerrada.



FIGURA 6.4 Prensaestopa colocada en la caja de resguardo



FIGURA 6.5 Equipo completo en forma abierta y en forma cerrada

## CAPÍTULO VII

### VALIDACIÓN DEL SISTEMA

En este capítulo se explica como fueron realizadas las pruebas de cada uno de los módulos implementados en el sistema. Primero una descripción de cada módulo por separado y finalmente el desarrollo de la interfaz de usuario y la prueba general de los módulos funcionando en grupo.

#### 7.1 Pruebas fuente de alimentación y respaldo de baterías

Las primeras pruebas realizadas para el circuito de alimentación fueron sobre la salida de 5 V<sub>DC</sub> de la fuente, se verificó con el osciloscopio para que fuese una señal sin ruidos. Luego se realizó una prueba de descarga y la recarga de la batería con una carga resistiva.

Se comprobó con una carga pequeña (una resistencia de aproximadamente 34 Ohm - 2 Watt) la descarga de la batería. De manera teórica la descarga debe ocurrir en 8,16 horas (ecuación 4) y en aproximadamente 2 horas ya la pila estaba descargada y con una tensión de 1,54 V<sub>DC</sub>. Por lo tanto, no tenía la capacidad total cuando comenzó a utilizarse.

$$I = \frac{5V_{DC}}{34\Omega} = 0,147A \quad T_{DESCARGA} = \frac{1,2Ah}{0,147A} = 8,16horas \quad (4)$$

Después se realizaron pruebas para revisar el tiempo de recarga de la batería. En la ecuación 5 se observa el cálculo teórico del tiempo de recarga de la batería, el circuito fue diseñado para dar una corriente aproximada de 60mA a la batería para la recarga y la misma tiene una capacidad de 1200mAh (1.2Ah), con lo que se obtiene

un tiempo total de 20 horas para recargarse de mantenerse fija la corriente suministrada de 60mA.

$$T_{\text{RECARGA}} = \frac{1200\text{mAh}}{60\text{mA}} = 20\text{horas} \quad (5)$$

Para comprobar este tiempo de recarga de manera práctica, se descargó totalmente la batería, se conectó a la fuente de alimentación diseñada que tiene el circuito de recarga, a ésta fuente se le acopló una carga de prueba, que fue realizada con una resistencia de 34 Ohm, después de esto, se mide la corriente que se le suministra a la batería, obteniendo un valor de 75mA. Con este nuevo valor se calcula el tiempo de recarga, consiguiendo un total de 16 horas (ecuación 6) y se deja el circuito funcionando. Cumplido el período de 16 horas se comprobó que la batería presentaba una tensión de 12V<sub>DC</sub> y carga completa.

$$T_{\text{RECARGA}} = \frac{1200\text{mAh}}{75\text{mA}} = 16\text{horas} \quad (6)$$

## **7.2 Pruebas de la recolección de Datos. Interfaz RS485**

El microcontrolador utilizado posee dos puertos seriales, en un puerto está implementada la interfaz RS-485 para comunicarse con los esclavos y el otro puerto se habilitó para fines de depuración y así tener una comunicación serial RS-232 con una computadora.

La etapa de pruebas de la interfaz RS485 se dividió en dos partes: una para la recepción y transmisión de todos los comandos a través del programa EASYCOM v2.0 (programa para la recepción/transmisión de comandos a través del puerto serial) y otra con un desarrollo en el programa Labview v6.1 de National Instruments, para enviar los comandos implementados directamente sobre los contadores monofásicos de energía eléctrica (comandos 0x03 y 0x04 para la lectura de registros).

- Etapa de Prueba en EASYCOM: se realizó en un primer momento para verificar la transmisión y recepción de tramas de todos los comandos, haciéndose envíos desde el módulo y verificando que sean correctos en la computadora y viceversa (en el Anexo V se pueden observar ejemplos de tramas recibidas/enviadas).
- Etapa de Prueba en Labview: se programaron dos comandos hacia los contadores de energía para realizar la recolección de datos, el comando 0x03 y el comando 0x04. En este programa se puede interrogar a los contadores de energía y de manera adicional se pueden ejecutar comandos para el funcionamiento del concentrador (configuración y lectura del reloj de tiempo real del concentrador, inicialización, lectura y escritura de la memoria MMC, etc.). Con esta interfaz se realizó una petición directa sobre cada esclavo conectado, en donde el módulo recibe un comando, estructura la trama completa del protocolo Modbus y la envía al esclavo correspondiente. De igual manera, recibe los datos de los esclavos, verifica la trama, procesa los datos y muestra en pantalla. En la figura N° 1 se observa la pantalla principal de la interfaz realizada.

La dirección y longitud de los registros recibidos de los contadores monofásicos de energía eléctrica se observaron en las tablas 5.9 y 5.10 del capítulo IV, se comprueban a través de la interfaz.

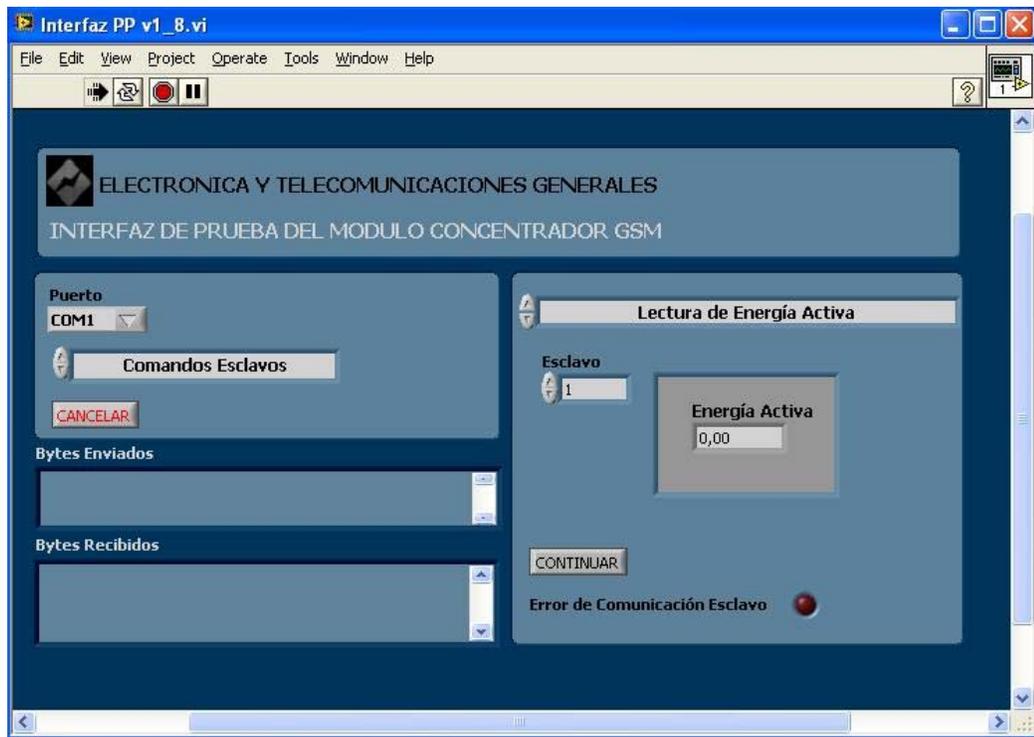


FIGURA 7.1 Interfaz realizada en Labview para comprobar la recolección y el almacenamiento de los datos

### 7.3 Pruebas del almacenamiento de datos. Memoria MMC

El módulo de almacenamiento en el concentrador se fue probando por etapas. Se comenzó con el contador del tiempo, simulando en la computadora a través del programa MPLAB v7.50 de la empresa Microchip y activándolo cierto período. Luego, para la etapa de almacenamiento, se colocaron apuntadores visuales a través del puerto RS-232 y se revisó la dirección de memoria asociada en cada almacenamiento, esta prueba se realizó a través del programa EASYCOM v2.0, como es rápida no fue necesario implementar ninguna interfaz, además se comprobará en la interfaz de usuario final. Un ejemplo de la tabla de almacenamiento de pruebas se observa en la figura 7.2. Cuando se cumple el tiempo para el almacenamiento, se envían los caracteres según la etapa guardada, la letra “a” indica tiempo cumplido e inicio, el símbolo “#” es un número que indica la cantidad de esclavos que se han

interrogado, las letras “i”, “s”, ”e”, ”v”, ”c”, ”f” indican la dirección Modbus, serial del equipo, energía activa, tensión, corriente, hora y fecha respectivamente que se están almacenando y la letra “t” indica que se cumplió con el tiempo estimado de espera de respuesta, está letra se activa en cualquier posición cuando se realiza un pedido al esclavo y éste no responde en el período esperado (aproximadamente 5 segundos).

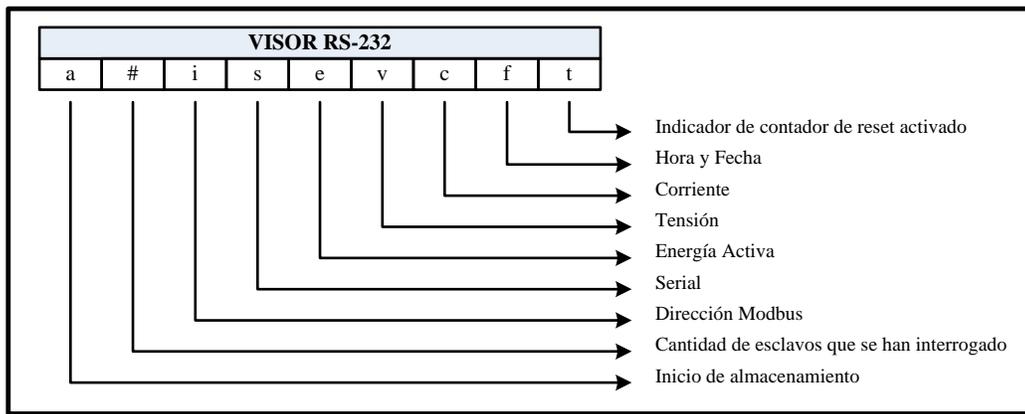


FIGURA 7.2 Visor del puerto RS – 232

En la figura 7.3 se muestra una corrida completa y los datos obtenidos del almacenamiento en dos períodos de tiempos y cuatro (4) medidores esclavos.

VISOR RS-232												
a	00	i	s	e	v	c	f	01	i	s	e	v
c	t	c	t	c	t	f	02	i	s	e	v	c
f	03	i	t	i	t	i	s	e	v	c	f	a
00	i	s	e	v	c	f	01	i	s	t	s	t
s	t	e	t	e	v	c	f	02	i	s	e	v
c	f	03	i	s	e	v	c	t	c	t	c	t
f												

FIGURA 7.3 Almacenamiento de dos períodos de tiempo

Explicando la figura 7.3, se realizaron dos periodos de almacenamiento, en donde el primer almacenamiento se muestra en la figura 7.4. En el primer y tercer

medidor se adquirieron y se almacenaron los datos completos, en el segundo y cuarto medidor, hubo problemas con la adquisición en los que se activó el contador de respuesta no recibida, en el segundo con la corriente y en el cuarto con el serial. En el segundo medidor se realizaron tres reintentos completos para pedir la corriente, como no se recibió nada, al tercer reintento se almaceno la variable 0xAA y se continuó con el proceso pidiendo la fecha. En el cuarto medidor se realizaron tres reintentos y en el último se recibió la respuesta, está es la que se almacena en memoria.

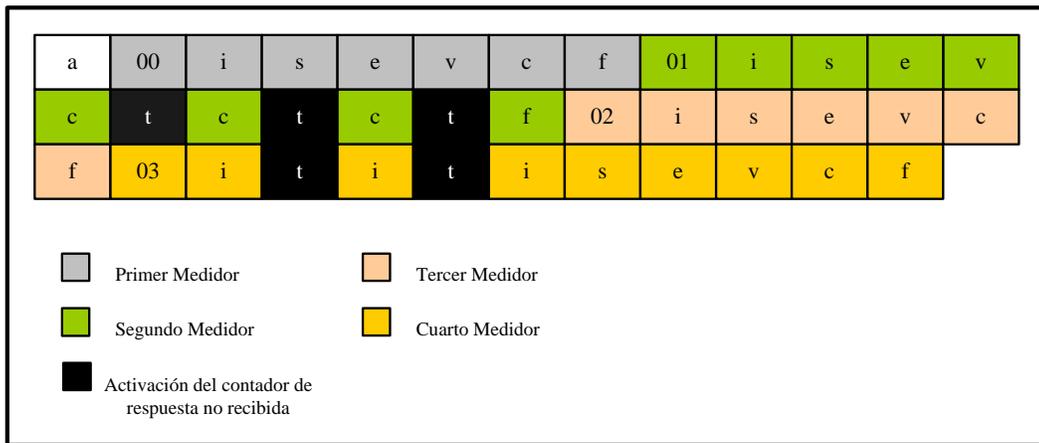


FIGURA 7.4 Primer período de almacenamiento

En el segundo período de almacenamiento (figura 7.5), en el primer y tercer medidor los datos se almacenaron completos, en el segundo no se recibió el serial y la energía activa se recibió en el segundo intento, en el cuarto no se recibió la corriente.

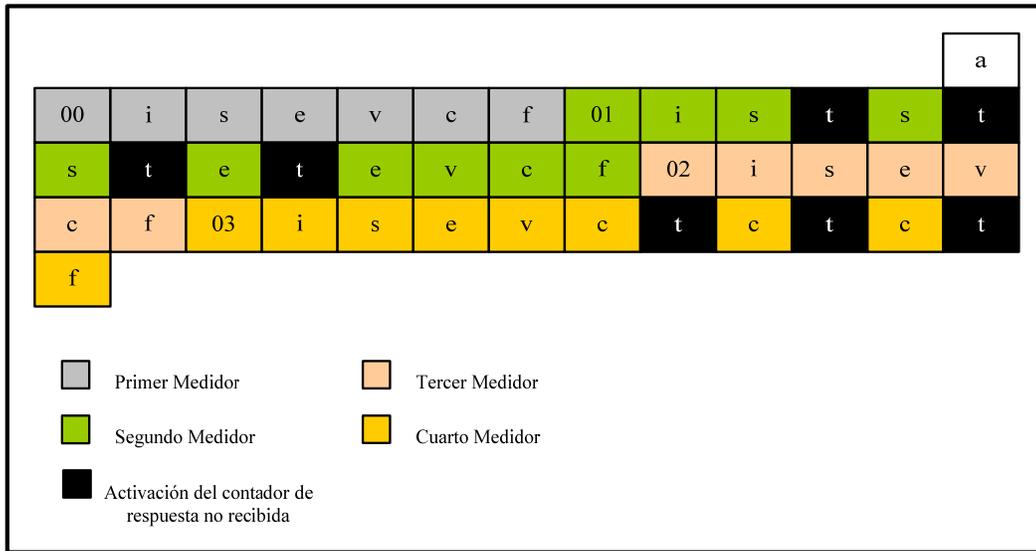


FIGURA 7.5 Segundo período de almacenamiento

En un principio se almacenaban 23 bytes y el restante para llegar a 32 bytes eran reservados, luego se implementó la lectura de cuatro variables adicionales: dirección del concentrador, energía reactiva, energía aparente y factor de potencia. En la figura 7.6 se muestra un período de almacenamiento para cuatro medidores, por contador se almacenan 32 bytes, dando un total de 128 bytes, estos pueden ser almacenados en un bloque de 512 bytes en la memoria, la lectura de cada variable almacenada es de la siguiente manera:

- Dirección del concentrador: es un byte y se lee de manera directa en formato hexadecimal, su rango de operación es de [0-254]. La dirección 0xFF está reservada por el equipo.
- Dirección Modbus: es un byte y se lee de manera directa en formato hexadecimal. Su rango de operación es de [1 – 147]. Las demás direcciones son reservadas por el equipo.
- Serial, Energía Activa, Energía Reactiva, Energía Aparente: son cuatro bytes por variable y son leídas en formato hexadecimal, tomando la unión de todos

los bytes y convirtiendo en decimal, se lee el número exacto del equipo. Por ejemplo, para la energía activa si se lee el valor 00004C02, se pasa a formato decimal y el valor obtenido es 19458, y como en las energías se toman tres decimales, el valor final es 19,458 kWh.

- Tensión y Corriente: cada uno tiene dos bytes, en formato hexadecimal, tomando la unión de todos los bytes y convirtiendo en decimal, se lee el número exacto del equipo. Por ejemplo, los dos bytes de la tensión 2DA2, se leen en formato decimal 11682, en la tensión se toman dos dígitos decimales, por lo tanto se lee 116,82 V. Para la corriente se leen de igual manera pero tomando tres dígitos decimales. El rango de operación para la tensión es de [0-150] en formato decimal y para la corriente [0-40] en formato decimal.
- Factor de potencia: son cuatro bytes de almacenamiento, en los que se procesan solo los últimos tres bytes, el primer byte para indicar el signo del factor de potencia (si está en atraso o en adelanto) y los siguientes dos bytes para representar el módulo del factor de potencia, con tres dígitos de precisión. Se leen de la misma manera que la tensión y la corriente. Por ejemplo, se tienen dos bytes en formato hexadecimal 000103E8, se pasa a formato decimal y se lee 1000, se toman los tres dígitos decimales y se tiene el valor 1, como está activado el byte del signo, se lee como -1. El rango de operación es de [0-1000] en formato decimal y el tercer dígito para el signo de [0-1] binario.
- Fecha y Hora: son seis bytes que están en formato bcd (binary code decimal), se leen de izquierda a derecha segundos, minutos, hora, día, mes y año.

DIR.	MEMORIA															MED.	
0-31	01	01	00	00	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	1
	00	00	2D	80	00	00	AA	AA	AA	AA	36	50	15	18	07	07	
32-63	01	02	00	00	00	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	2
	00	00	2D	A2	AA	AA	00	00	03	E8	28	50	15	18	07	07	
64-95	01	03	00	00	00	03	00	00	00	0A	00	00	00	00	00	00	3
	00	00	2E	47	00	00	00	01	03	E8	07	50	15	18	07	07	
96-127	01	05	00	00	00	05	00	00	00	00	AA	AA	AA	AA	00	00	4
	00	00	2E	F4	00	00	AA	AA	AA	AA	07	50	15	18	07	07	

<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightblue; border:1px solid black;"></span> Dirección del concentrador	<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:darkblue; border:1px solid black;"></span> Energía Reactiva	<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:cyan; border:1px solid black;"></span> Factor de Potencia
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightgrey; border:1px solid black;"></span> Dirección Modbus	<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightblue; border:1px solid black;"></span> Energía Aparente	<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:limegreen; border:1px solid black;"></span> Hora y Fecha
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span> Serial	<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span> Tensión	<span style="border:1px solid black; padding:2px;">AA</span> Respuesta No recibida
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span> Energía Activa	<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:grey; border:1px solid black;"></span> Corriente	

FIGURA 7.6 Registros almacenados en memoria dirección 0

## 7.4 Pruebas del módulo OEM y la transmisión de datos a través de la red celular

Las primeras pruebas realizadas con el módulo embebido de Motorola G24 se desarrollaron en el kit de desarrollo que provee la empresa (observar Figura 7.7). Sobre este kit se probaron en principio los comandos básicos de levantamiento e inicialización del módulo, también los comandos de apertura de llamada de voz, control del audio y finalmente el módulo TCP/IP. Este kit de desarrollo se comunica de manera serial a un computador por esto, se utilizó el programa EASYCOMv2.0.

Una vez comprobada la comunicación por medio del kit de desarrollo, se realizó una tarjeta de circuito impreso propietaria para corroborar el montaje del módulo y su comunicación de igual manera a través del puerto serial de la computadora. Después de comprobar el funcionamiento de esta interfaz con todos los comandos, se implementó la tarjeta de circuito impreso y se realizaron pruebas de forma directa sobre la tarjeta, en donde se pueden tener salidas directas del microcontrolador a un puerto serial o del módulo a un puerto serial. Se comprueba nuevamente el funcionamiento de los comandos del módulo con la salida directa al

computador. Luego, se comenzó con la etapa de pruebas desde el microcontrolador hacia el computador.



FIGURA 7.7 Kit básico de desarrollo del módulo G24

Para probar el funcionamiento del módulo de comandos AT implementados en el microcontrolador, primero se revisaron todos los checksum pertenecientes a cada comando, simulando a través del programa EASYCOM todas las posibles respuestas que puede dar el módulo. Se probó uno a uno cada comando y luego se probó una corrida completa.

El sistema actuando en grupo, debe iniciar la recolección de los datos cada 10 minutos, verificar si se llegó al tiempo de 15 días y si lo hace, transmitir los datos. Se realizaron pruebas disminuyendo el tiempo de 15 días en intervalos menores (cada 20 minutos), revisando que el computador recibiera la trama de inicio y se va respondiendo como debe hacerlo el módulo, hasta completar la descarga de los datos. De manera adicional, se enviaron como prueba tramas incompletas, tramas erróneas o no se envió nada, para comprobar en las posibles fallas del proceso. En caso de falla se debe enviar nuevamente el comando AT solicitado y si la falla persiste, se cierra la comunicación y se siguen almacenando los valores en la memoria MMC. En la figura 7.8, se observan algunas tramas recibidas y tramas enviadas como respuesta.

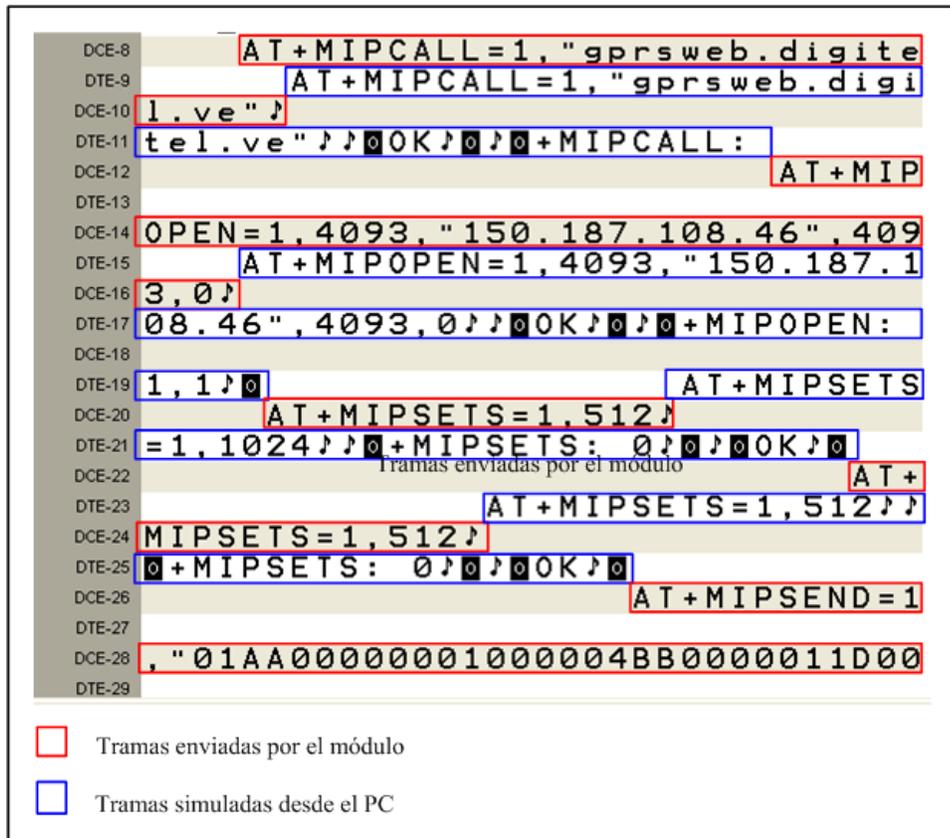


FIGURA 7.8 Tramas recibidas del microcontrolador y tramas enviadas para la verificación de comandos

Después de comprobar que el módulo de comandos AT programado operaba de manera correcta, se comprobó conectando el dispositivo G24 y realizando la descarga de datos. Para esto, se utilizó en principio el programa COMMAN, que es un ejecutable que permite colocar en el computador un servidor simple, por medio de un puerto en modo escucha y que transmite y recibe caracteres a través del protocolo TCP/IP. Luego se implementó la interfaz de usuario en LabView para pruebas más precisas y será explicada más adelante.

## **7.5 Pruebas de las alarmas**

Para las pruebas de las alarmas implementadas, se realizaron supervisiones continuas del funcionamiento de cada una. A continuación, se presenta la descripción de pruebas para cada alarma.

### **7.5.1 Pruebas de la alarma por apertura de equipo**

Para las pruebas de ésta alarma, se tomó el interruptor y se realizó una simulación de la apertura del equipo y se envió a través de un puerto RS232 de prueba, una señal en donde se indicó que la alarma estaba activa. También se realizó el proceso inverso en donde, se desactiva la alarma y se verifica por el puerto una indicación en donde se dice que está desactivada. Como se espera un tiempo de 100ms para su activación, también se generaron ruidos aleatorios para verificar que no se activará si la señal no es la correcta.

### **7.5.2 Pruebas alarma de supervisión de la temperatura interna del equipo**

Las pruebas para la supervisión de la temperatura se realizaron tomando la medida arrojada por el sensor de dos maneras, la primera con un multímetro realizándose de manera directa y la segunda realizando una adquisición por el canal analógico digital del microcontrolador. Se compararon y se comprobó como ambas señales son bastante cercanas (en un caso se obtuvo 0.57V para el multímetro y 0.568V para el canal analógico). También se realizaron pruebas sobre el sensor, sometándolo a una temperatura alta y baja en comparación con la del ambiente y se observó como cambiaba el estimado de temperatura. Adicionalmente, se comprobó el tiempo de lectura del sensor, que debe ser cada 10 minutos y la lectura del sensor en este período.

## **7.6 Interfaz de Usuario Final**

Para las pruebas completas del equipo, se implementó a manera de verificación una interfaz de usuario final realizada con el programa LabView versión 8.2 de la empresa Nacional Instruments. Esta interfaz está dividida en secciones:

- Sección I: recepción de los datos a través de la red Ethernet por medio del protocolo TCP/IP, con un puerto en modo de escucha esperando recibir los valores de los equipos concentradores.
- Sección II: validación de los datos, cumpliendo con los rangos de operación observados en las tabla 5.9 y 5.10 del capítulo III.
- Sección III: recepción y almacenamiento de las alarmas de apertura de equipo y temperatura interna del equipo.
- Sección IV: visualización de todos los datos recibidos y almacenamiento a manera de histórico.

En la figura 7.9 se observa la interfaz de usuario implementada.

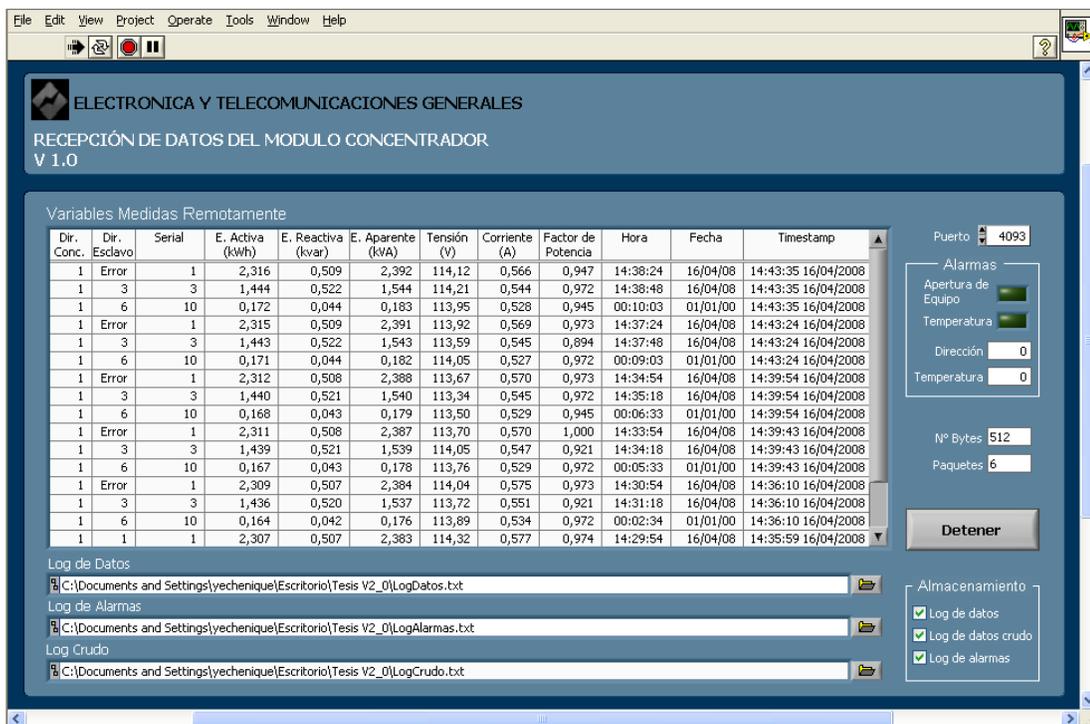


FIGURA 7.9 Interfaz de usuario

## 7.6.1 Descripción de las secciones de la interfaz de usuario

### 7.6.1.1 Sección I. Recepción de los datos vía Ethernet

En esta sección se reciben los datos a través del módulo TCP/IP que dispone el programa de Labview, colocándose el puerto seleccionado en la interfaz en modo escucha esperando recibir los datos. Después de recibir los datos, se visualizan en una tabla ubicada en la pantalla principal de la interfaz (figura 7.10). En ésta tabla se esperan recibir bloques estructurados de 32 bytes, correspondientes a cada contador de energía eléctrica, las variables visualizadas son: dirección del concentrador de donde se reciben los datos, dirección Modbus del esclavo, serial del equipo, energía activa, energía reactiva, energía aparente, tensión, corriente, factor de potencia, hora y fecha de recolección y hora y fecha de recepción en la interfaz.

Variables Medidas Remotamente												
Dir. Conc.	Dir. Esclavo	Serial	E. Activa (kWh)	E. Reactiva (kvar)	E. Aparente (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)	Factor de Potencia	Hora	Fecha	Timestamp	▲
1	Error	1	2,316	0,509	2,392	114,12	0,566	0,947	14:38:24	16/04/08	14:43:35 16/04/2008	
1	3	3	1,444	0,522	1,544	114,21	0,544	0,972	14:38:48	16/04/08	14:43:35 16/04/2008	
1	6	10	0,172	0,044	0,183	113,95	0,528	0,945	00:10:03	01/01/00	14:43:35 16/04/2008	
1	Error	1	2,315	0,509	2,391	113,92	0,569	0,973	14:37:24	16/04/08	14:43:24 16/04/2008	
1	3	3	1,443	0,522	1,543	113,59	0,545	0,894	14:37:48	16/04/08	14:43:24 16/04/2008	
1	6	10	0,171	0,044	0,182	114,05	0,527	0,972	00:09:03	01/01/00	14:43:24 16/04/2008	
1	Error	1	2,312	0,508	2,388	113,67	0,570	0,973	14:34:54	16/04/08	14:39:54 16/04/2008	
1	3	3	1,440	0,521	1,540	113,34	0,545	0,972	14:35:18	16/04/08	14:39:54 16/04/2008	
1	6	10	0,168	0,043	0,179	113,50	0,529	0,945	00:06:33	01/01/00	14:39:54 16/04/2008	
1	Error	1	2,311	0,508	2,387	113,70	0,570	1,000	14:33:54	16/04/08	14:39:43 16/04/2008	
1	3	3	1,439	0,521	1,539	114,05	0,547	0,921	14:34:18	16/04/08	14:39:43 16/04/2008	
1	6	10	0,167	0,043	0,178	113,76	0,529	0,972	00:05:33	01/01/00	14:39:43 16/04/2008	
1	Error	1	2,309	0,507	2,384	114,04	0,575	0,973	14:30:54	16/04/08	14:36:10 16/04/2008	
1	3	3	1,436	0,520	1,537	113,72	0,551	0,921	14:31:18	16/04/08	14:36:10 16/04/2008	
1	6	10	0,164	0,042	0,176	113,89	0,534	0,972	00:02:34	01/01/00	14:36:10 16/04/2008	
1	1	1	2,307	0,507	2,383	114,32	0,577	0,974	14:29:54	16/04/08	14:35:59 16/04/2008	▼

FIGURA 7.10 Visualización de los datos en la pantalla principal

### 7.6.1.2 Sección II. Validación de los datos

Para la validación de los datos, se implementó un proceso de filtrado, tomando en cuenta los rangos de operación de las tablas 5.9 y 5.10 del capítulo V y la llegada de valores no leídos (variable 0xAA), al no cumplirse los rangos de operación o recibir una cadena de caracteres con la variable 0xAA, se coloca automáticamente la palabra “Error” en la variable en donde se detectó el problema.

Variables Medidas Remotamente												
Dir. Conc.	Dir. Esclavo	Serial	E. Activa (kWh)	E. Reactiva (kvar)	E. Aparente (kVA)	Tensión (V)	Corriente (A)	Factor de Potencia	Hora	Fecha	Timestamp	▲
1	Error	1	2,316	0,509	2,392	114,12	0,566	0,947	14:38:24	16/04/08	14:43:35 16/04/2008	
1	3	3	1,444	0,522	1,544	114,21	0,544	0,972	14:38:48	16/04/08	14:43:35 16/04/2008	
1	6	10	0,172	0,044	0,183	113,95	0,528	0,945	00:10:03	01/01/00	14:43:35 16/04/2008	
1	Error	1	2,315	0,509	2,391	113,92	0,569	0,973	14:37:24	16/04/08	14:43:24 16/04/2008	
1	3	3	1,443	0,522	1,543	113,59	0,545	0,894	14:37:48	16/04/08	14:43:24 16/04/2008	
1	6	10	0,171	0,044	0,182	114,05	0,527	0,972	00:09:03	01/01/00	14:43:24 16/04/2008	
1	Error	1	2,312	0,508	2,388	113,67	0,570	0,973	14:34:54	16/04/08	14:39:54 16/04/2008	
1	3	3	1,440	0,521	1,540	113,34	0,545	0,972	14:35:18	16/04/08	14:39:54 16/04/2008	
1	6	10	0,168	0,043	0,179	113,50	0,529	0,945	00:06:33	01/01/00	14:39:54 16/04/2008	
1	Error	1	2,311	0,508	2,387	113,70	0,570	1,000	14:33:54	16/04/08	14:39:43 16/04/2008	
1	3	3	1,439	0,521	1,539	114,05	0,547	0,921	14:34:18	16/04/08	14:39:43 16/04/2008	
1	6	10	0,167	0,043	0,178	113,76	0,529	0,972	00:05:33	01/01/00	14:39:43 16/04/2008	
1	Error	1	2,309	0,507	2,384	114,04	0,575	0,973	14:30:54	16/04/08	14:36:10 16/04/2008	
1	3	3	1,436	0,520	1,537	113,72	0,551	0,921	14:31:18	16/04/08	14:36:10 16/04/2008	
1	6	10	0,164	0,042	0,176	113,89	0,534	0,972	00:02:34	01/01/00	14:36:10 16/04/2008	
1	1	1	2,307	0,507	2,383	114,32	0,577	0,974	14:29:54	16/04/08	14:35:59 16/04/2008	▼

FIGURA 7.11 Falla de rango erróneo o variable no leída

### 7.6.1.3 Sección III. Recepción y almacenamiento de alarmas

También se pueden recibir las alarmas por apertura de equipo o supervisión de la temperatura interna, las mismas se observan en la pantalla principal por medio de un indicador luminoso que se enciende cuando está ocurre y se recibe también la dirección del concentrador en donde sucede la alarma. En el caso de la alarma de temperatura se visualiza el valor de la temperatura que se está leyendo en ese concentrador. Puede seleccionarse la opción para que las alarmas sean almacenadas de forma permanente en un archivo de texto y escoger la dirección de éste archivo de texto, también están siendo almacenadas en una base de datos (access), en donde se guardan las variables: tipo de alarma recibida, valor de la temperatura (si está es recibida), número del concentrador de donde proviene la alarma y hora y fecha de recepción en la interfaz.

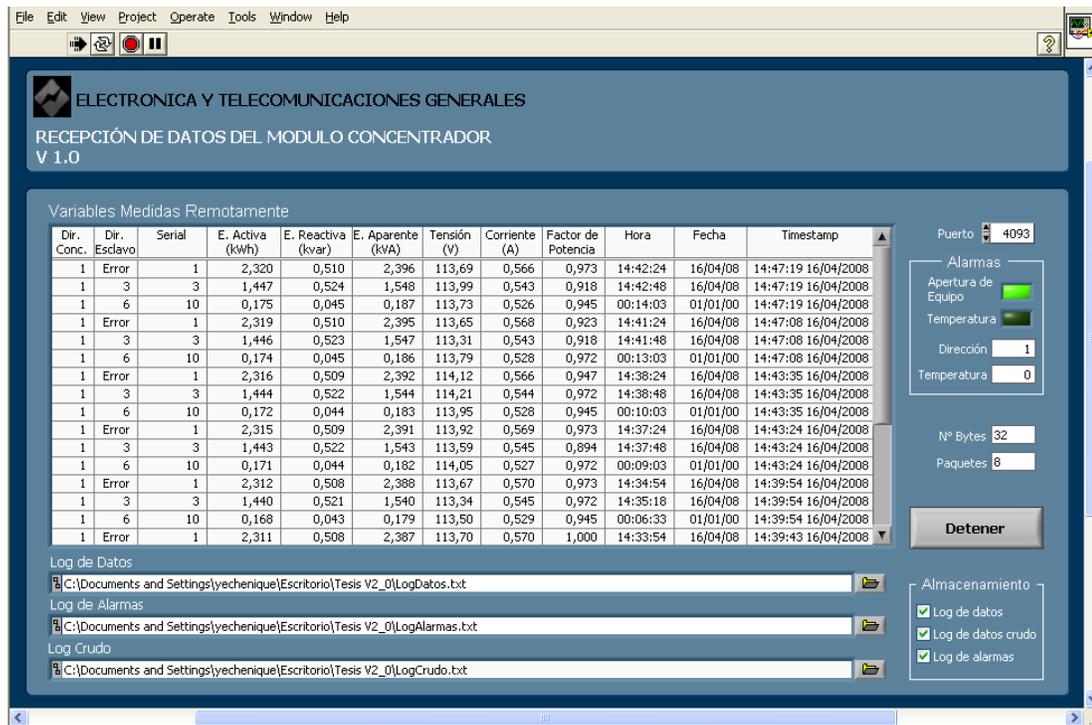


FIGURA 7.12 Visualización en la pantalla principal de la recepción de alarmas

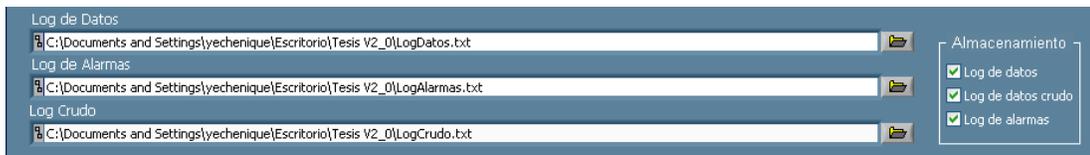


FIGURA 7.13 Configuración de la opción del almacenamiento en archivos de texto

	Tipo	Valor	Número_del_Concentrador	Hora_Fecha_Recepción
	Puerta abierta	0,00	1	24/03/2008 04:49:42 p.m.
	Puerta abierta	0,00	1	24/03/2008 05:21:01 p.m.
*		0,00		

FIGURA 7.14 Base de datos que contiene la información de las alarmas

#### 7.6.1.4 Sección IV. Almacenamiento de los datos

Como ya se indicó en la sección I, los datos recibidos son visualizados en el panel principal de interfaz, estas mismas variables pueden ser almacenadas en forma permanente de dos maneras: en un archivo de texto y en una base de datos. En la base de datos se guardan de la misma manera que es visualizado. Pueden seleccionarse cualquiera de dos archivos de texto para almacenar los datos recolectados, uno donde los datos pueden ser guardados de manera cruda (tal cual los bytes que llegan a la interfaz) y otro en donde los datos se almacenan como se visualizan.



Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda														
1	6	A			0,016	0,003	0,021	115,46	0,539	0,973	00:02:34	01/01/00	11:41:40	16/04/2008				
1	Error	1			2,154	0,472	2,224	115,83	0,578	0,974	11:35:46	16/04/08	11:41:52	16/04/2008				
1	3	3			1,293	0,467	1,382	115,49	0,555	0,923	11:36:09	16/04/08	11:41:52	16/04/2008				
1	6	A			0,020	0,004	0,025	115,95	0,538	0,972	00:06:03	01/01/00	11:41:52	16/04/2008				
1	Error	1			2,155	0,472	2,225	115,61	0,578	0,974	11:36:46	16/04/08	11:42:03	16/04/2008				
1	3	3			1,294	0,467	1,383	115,95	0,556	0,923	11:37:09	16/04/08	11:42:03	16/04/2008				
1	6	A			0,021	0,004	0,026	115,66	0,537	0,972	00:07:03	01/01/00	11:42:03	16/04/2008				
1	Error	1			2,158	0,473	2,229	116,06	0,577	0,974	11:39:46	16/04/08	11:45:56	16/04/2008				
1	3	3			1,297	0,468	1,386	116,36	0,533	0,948	11:40:09	16/04/08	11:45:56	16/04/2008				
1	6	A			0,024	0,005	0,029	116,09	0,536	1,000	00:10:03	01/01/00	11:45:56	16/04/2008				
1	1	1			2,166	0,475	2,237	116,11	0,580	0,974	11:56:53	16/04/08	12:02:41	16/04/2008				
1	3	3			1,304	0,471	1,394	115,76	0,553	0,948	11:57:17	16/04/08	12:02:41	16/04/2008				
1	6	10			0,031	0,007	0,037	115,93	0,536	0,973	00:01:34	01/01/00	12:02:41	16/04/2008				
1	Error	1			2,167	0,475	2,238	115,93	0,580	1,000	11:57:53	16/04/08	12:02:52	16/04/2008				
1	3	3			1,305	0,471	1,395	115,59	0,557	0,925	11:58:17	16/04/08	12:02:52	16/04/2008				
1	6	10			0,032	0,007	0,038	115,76	0,537	0,973	00:02:34	01/01/00	12:02:52	16/04/2008				
1	Error	1			2,170	0,476	2,241	115,96	0,577	1,000	12:00:23	16/04/08	12:06:34	16/04/2008				
1	3	3			1,308	0,472	1,398	115,60	0,533	0,947	12:00:47	16/04/08	12:06:34	16/04/2008				
1	6	10			0,035	0,008	0,041	116,06	0,536	0,947	00:05:03	01/01/00	12:06:34	16/04/2008				
1	Error	1			2,174	0,477	2,246	116,01	0,578	0,950	12:04:23	16/04/08	12:10:06	16/04/2008				
1	3	3			1,312	0,474	1,402	115,67	0,554	0,948	12:04:47	16/04/08	12:10:06	16/04/2008				
1	6	10			0,039	0,009	0,045	116,12	0,537	0,947	00:09:03	01/01/00	12:10:06	16/04/2008				
1	Error	1			2,175	0,477	2,247	115,98	0,578	0,975	12:05:23	16/04/08	12:10:18	16/04/2008				
1	3	3			1,313	0,474	1,403	116,06	0,555	0,948	12:05:47	16/04/08	12:10:18	16/04/2008				
1	6	10			0,040	0,009	0,046	115,80	0,536	0,947	00:10:03	01/01/00	12:10:18	16/04/2008				
1	Error	1			2,178	0,478	2,250	116,23	0,577	0,975	12:07:53	16/04/08	12:13:51	16/04/2008				
1	3	3			1,315	0,475	1,406	116,54	0,554	0,923	12:08:17	16/04/08	12:13:51	16/04/2008				
1	6	10			0,042	0,010	0,049	116,29	0,537	0,947	00:12:33	01/01/00	12:13:51	16/04/2008				
1	Error	1			2,179	0,478	2,251	116,83	0,577	0,974	12:08:53	16/04/08	12:14:02	16/04/2008				
1	3	3			1,316	0,476	1,407	116,49	0,554	0,923	12:09:17	16/04/08	12:14:02	16/04/2008				
1	6	10			0,043	0,010	0,050	116,67	0,536	0,947	00:13:33	01/01/00	12:14:02	16/04/2008				
1	Error	1			2,182	0,478	2,254	116,68	0,575	0,974	12:11:53	16/04/08	12:17:33	16/04/2008				
1	3	3			1,319	0,477	1,410	116,32	0,552	0,923	12:12:17	16/04/08	12:17:33	16/04/2008				
1	6	10			0,046	0,011	0,053	116,79	0,536	0,973	00:16:33	01/01/00	12:17:33	16/04/2008				
1	Error	1			2,183	0,479	2,255	116,71	0,577	0,950	12:12:53	16/04/08	12:17:44	16/04/2008				
1	3	3			1,320	0,477	1,411	116,33	0,552	0,948	12:13:17	16/04/08	12:17:44	16/04/2008				
1	6	10			0,047	0,011	0,054	116,53	0,534	0,973	00:17:33	01/01/00	12:17:44	16/04/2008				
1	1	1			2,264	0,497	2,338	116,69	0,576	0,974	13:28:15	16/04/08	13:33:57	16/04/2008				
1	3	3			1,395	0,504	1,492	116,96	0,551	0,900	13:28:39	16/04/08	13:33:57	16/04/2008				
1	6	10			0,123	0,031	0,132	117,02	0,534	0,973	00:02:04	01/01/00	13:33:57	16/04/2008				
1	Error	1			2,265	0,497	2,339	116,36	0,574	0,974	13:29:15	16/04/08	13:34:09	16/04/2008				
1	3	3			1,396	0,505	1,493	116,64	0,552	0,948	13:29:39	16/04/08	13:34:09	16/04/2008				
1	6	10			0,124	0,031	0,133	116,70	0,533	0,947	00:03:04	01/01/00	13:34:09	16/04/2008				

FIGURA 7.17 Archivos de texto versión normal

### 7.6.2 Pruebas realizadas del sistema con la interfaz de usuario

Para las pruebas finales del equipo, se realizaron ensayos de transmisión a diversos tiempos, tomando las condiciones más severas, por ejemplo, la recolección y la transmisión en intervalos mínimos (recolección 1 minuto, transmisión 5 minutos). Las mediciones se ejecutaron sobre un máximo de tres medidores conectados en el bus RS485 (no se disponía de más prototipos para los estudios). En la tabla 7.1 se muestran los períodos de transmisión y los resultados obtenidos en la interfaz de usuario (ver Anexo VI para observar los archivos de texto y la base de datos de diferentes pruebas). Como puede observarse, el envío y recepción de los paquetes se realiza de manera correcta, el tipo de interrupción en las pruebas es siempre por una mala conexión con el gateway de la empresa Digitel, lo que no le permite al sistema cerrar la comunicación TCP/IP, específicamente el puerto abierto para la transmisión, esto es ocasionado por el APN público que se está implementado para la prueba (ese APN es accesado por todos los usuarios de Digitel que quieren conectarse a Internet a

través de la tecnología GPRS). Este inconveniente tiene solución desde la interfaz de usuario, con un tiempo de verificación (timeout) que cierra el puerto si no se reciben datos por un determinado intervalo, al realizar esta acción, la vía de comunicación entre el concentrador y el servidor queda reestablecida nuevamente para seguir almacenando los datos, sin pérdida de los mismos. La correcta solución es obtener un APN privado de la empresa, que garantizaría seguridad en los datos y bajo costo de transmisión.

TABLA 7.1 Resultado de la prueba de transmisión por paquetes

Tiempo de recolección	Tiempo de transmisión	Paquetes enviados por el concentrador	Paquetes recibidos en la interfaz	Tipo de interrupción de la prueba
1 minuto	5 minutos	133	133	No hay comunicación con el gateway
1 minuto	5 minutos	101	101	No hay comunicación con el gateway
1 minuto	10 minutos	46	46	No hay comunicación con el gateway
10 minutos	30 minutos	34	34	No hay comunicación con el gateway
10 minutos	1 hora	42	42	Final de Prueba

En la tabla 7.2 se observa una transmisión desglosada por tiempo, en este caso, se realizó la prueba sobre dos contadores de energía, con un tiempo de recolección de 10 minutos y un tiempo de transmisión de 30 minutos. La prueba se implementó desde las 9:20 de la mañana hasta las 6:00 de la tarde. En 30 minutos se espera obtener 3 tramas por medidor ya que el tiempo de recolección es de 10 minutos.

TABLA 7.2 Resultado de la prueba de transmisión en un intervalo determinado

Hora de Transmisión	Número de Tramas Recibidas	Número de Tramas Esperadas	Número de Tramas Acumuladas
9:49 am	6	6	6
10:21 am	6	6	12
10:53 am	6	6	18
11:25 am	6	6	24
Falla de comunicación. No se cerró el puerto			
11:57 am	6	6	30
12:29 pm	6	6	36
13:01 pm	6	6	42
13:33 pm	6	6	48
14:05 pm	6	6	54
Falla de comunicación. No se cerró el puerto			
14:37 pm	6	6	60
15:09 pm	6	6	66
14:41 pm	6	6	72
16:13 pm	6	6	78
16:45 pm	6	6	84
17:17 pm	6	6	90
16:49 pm	6	6	96

En la figura 7.18 se observa el archivo de base de datos asociado a la transmisión realizada. Puede comprobarse con dicho archivo, como la transmisión de datos se lleva a cabo satisfactoriamente y como el número de tramas transmitidas se corresponde con el número de tramas esperadas para levantamiento de la comunicación.

Para verificar la recolección de datos, se incluyen en el Anexo VII, gráficos de la tensión, corriente y energía obtenidos de los contadores utilizados en diferentes pruebas.

Dirección_	Dirección	Serial_Mt	Energía_Ar	Energía_f	Energía_A	Tensión	Corrier	Factor_	Hora	Fecha	Hora_Fecha_Tx
1	6	6	0,014	0,004	0,020	116,53	0,546	0,974	00:12:03	01/01/00	09/04/2008 09:49:06 a.m.
1	3	3	0,015	0,006	0,017	116,12	0,563	0,925	22:18:47	06/01/00	09/04/2008 09:49:06 a.m.
1	3	3	0,020	0,010	0,022	116,46	0,563	0,950	22:28:47	06/01/00	09/04/2008 09:49:18 a.m.
1	6	6	0,025	0,006	0,024	116,63	0,544	0,948	00:22:03	01/01/00	09/04/2008 09:49:18 a.m.
1	3	3	0,030	0,013	0,033	116,89	0,560	0,925	22:38:47	06/01/00	09/04/2008 09:49:29 a.m.
1	6	6	0,029	0,009	0,035	116,61	0,543	0,973	00:32:03	01/01/00	09/04/2008 09:49:29 a.m.
1	3	3	0,036	0,012	0,040	116,57	0,559	0,948	22:51:17	06/01/00	09/04/2008 10:21:04 a.m.
1	6	6	0,035	0,012	0,042	116,58	0,539	0,973	00:44:33	01/01/00	09/04/2008 10:21:04 a.m.
1	3	3	0,040	0,016	0,045	115,47	0,554	0,923	23:01:17	06/01/00	09/04/2008 10:21:15 a.m.
1	6	6	0,040	0,015	0,047	114,81	0,538	0,973	00:54:33	01/01/00	09/04/2008 10:21:15 a.m.
1	3	3	0,051	0,019	0,050	114,80	0,556	0,947	23:11:17	06/01/00	09/04/2008 10:21:26 a.m.
1	6	6	0,050	0,011	0,051	115,24	0,538	0,972	01:04:33	01/01/00	09/04/2008 10:21:26 a.m.
1	6	6	0,055	0,014	0,063	114,53	0,535	0,973	01:16:33	01/01/00	09/04/2008 10:53:02 a.m.
1	3	3	0,056	0,024	0,062	114,45	0,553	0,923	23:23:17	06/01/00	09/04/2008 10:53:02 a.m.
1	3	3	0,060	0,021	0,067	116,11	0,556	0,923	23:33:16	06/01/00	09/04/2008 10:53:14 a.m.
1	6	6	0,065	0,017	0,068	116,11	0,537	0,973	01:26:33	01/01/00	09/04/2008 10:53:14 a.m.
1	3	3	0,070	0,025	0,072	116,06	0,556	0,948	23:43:16	06/01/00	09/04/2008 10:53:26 a.m.
1	6	6	0,070	0,020	0,072	116,20	0,538	0,973	01:36:33	01/01/00	09/04/2008 10:53:26 a.m.
1	3	3	0,076	0,029	0,085	115,29	0,552	0,923	23:55:16	06/01/00	09/04/2008 11:25:03 a.m.
1	6	6	0,075	0,023	0,085	115,70	0,535	0,972	01:48:33	01/01/00	09/04/2008 11:25:03 a.m.
1	3	3	0,080	0,033	0,089	115,27	0,552	0,947	00:05:16	07/01/00	09/04/2008 11:25:14 a.m.
1	6	6	0,085	0,020	0,089	114,78	0,535	1,000	01:58:33	01/01/00	09/04/2008 11:25:14 a.m.
1	3	3	0,090	0,031	0,094	115,56	0,551	0,897	00:15:16	07/01/00	09/04/2008 11:25:25 a.m.
1	6	6	0,089	0,022	0,094	115,14	0,535	0,972	02:08:32	01/01/00	09/04/2008 11:25:25 a.m.
1	6	6	0,095	0,025	0,100	115,54	0,534	0,972	02:20:32	01/01/00	09/04/2008 11:57:04 a.m.
1	3	3	0,096	0,035	0,100	115,10	0,552	0,947	00:27:16	07/01/00	09/04/2008 11:57:04 a.m.
1	3	3	0,100	0,039	0,111	114,78	0,552	0,947	00:37:16	07/01/00	09/04/2008 11:57:15 a.m.
1	6	6	0,105	0,028	0,110	114,94	0,533	0,947	02:30:32	01/01/00	09/04/2008 11:57:15 a.m.
1	3	3	0,110	0,042	0,116	115,72	0,552	0,947	00:47:16	07/01/00	09/04/2008 11:57:26 a.m.
1	6	6	0,109	0,031	0,114	115,46	0,533	0,947	02:40:32	01/01/00	09/04/2008 11:57:26 a.m.
1	3	3	0,116	0,041	0,122	116,15	0,554	0,923	00:59:16	07/01/00	09/04/2008 12:29:03 p.m.

Registro: 1 de 96 Sin filtro Buscar

FIGURA 7.18 Archivos de base de datos de la transmisión en un intervalo de tiempo de 8 horas

## CONCLUSIONES

En este trabajo se demuestra como los sistemas automatizados de mediciones tienen una gran importancia en todos los procesos y el ahorro que representa su implementación para la adquisición de los parámetros de campo. La ejecución de estos sistemas en Venezuela es fundamental para llegar a redes de distribución eficientes, sea agua, electricidad o gas, y que estos desarrollos puedan ser realizados por empresas nacionales, garantizando así su producción y soporte en el país, es básico para el progreso tecnológico nacional.

La recolección de los datos a través del protocolo Modbus es muy satisfactoria, este protocolo es de fácil implementación, rápido y eficiente. Sin embargo, se observó que no es práctico para los lugares en donde los contadores monofásicos de energía eléctrica se encuentren muy separados, ya que es necesario un cableado alterno.

El almacenamiento de los datos en el equipo está garantizado para períodos de tiempo promedio (alrededor de 120 días), ya que la memoria implementada es de 256Mb, sin embargo, esto puede mejorar, colocándose una memoria de más capacidad, hasta un máximo de 2Gb (restricción dada por parámetros de programación).

El módulo G24 es muy conveniente para aplicaciones con microcontroladores, el stack TCP/IP funciona satisfactoriamente, con un alto porcentaje de transmisión efectiva. Sin embargo, la comunicación de los comandos en modo AT, dificulta la recepción de los mismos y tiene la limitación que solo se pueden cargar los paquetes de datos en el buffer interno del dispositivo de 80 bytes en 80 bytes, lo que hace engorrosa la transmisión de un paquete muy grande. El tener que realizar la conexión inicial a través del módulo G24 trae también consecuencias, ya que el servidor o

centro de control no posee un control directo sobre el concentrador y en un principio no hay bidireccionalidad. No existe una versión de este módulo actualmente que pueda aceptar el proceso inverso, sin embargo, puede ser solucionado realizando una llamada telefónica desde un número en específico y cuando está es detectada por el módulo en el concentrador, se conecta a través de la llamada de datos para esperar el mensaje del centro de control, aunque esto conduce a un hardware extra en la salida del indicador de llamadas. Otorgarle bidireccionalidad al sistema traería beneficios como: poder cambiar la dirección IP al cual se conectará el sistema en modo remoto, inicializar el reloj interno del concentrador, por lo tanto, las alarmas podrían enviar la hora y fecha en que fueron detectadas en el concentrador y cambiar los períodos de recolección y transmisión según la conveniencia de la empresa eléctrica.

Aunque no es necesario otro protocolo en la capa física para la transmisión de datos a través del TCP/IP, si existe bidireccionalidad, se puede implementar un protocolo tipo Modbus TCP/IP, esto daría robustez al sistema y además ayudaría con el control de tráfico de los diferentes concentradores que se conectan al servidor.

La transmisión de datos sobre GPRS es muy económica, basándonos en las pruebas realizadas, un envío de un paquete de 512 bytes sobre el Gateway público de Digitel tiene un costo aproximado de 0,032 BsF, con una tarifa actual de ésta empresa de 1,08 Bs.F el minuto por llamada de voz.

Al implementar el sistema debe realizarse un convenio con la empresa de telecomunicaciones que proveerá el servicio, para obtener un APN privado, con esto se disminuyen los costos de operación y se garantiza la seguridad y confiabilidad de los datos transmitidos.

Las mayores limitaciones en este desarrollo se presentaron en la importación de componentes por la falta de divisas. También, la poca información de las empresas de telecomunicaciones hacia los paquetes establecidos para la comunicación de datos

vía celular; existen paquetes en el mercado pero ni en tiendas, ni en la página web, se describen los requisitos de afiliación, costos, procedimiento de compra.

Las pruebas realizadas para la verificación del equipo se ejecutaron en laboratorio, por lo que deben implementarse todas las pruebas en campo contando con la colaboración de las empresas eléctricas. No se conoce hasta ahora normativas específicas para el diseño de concentradores de datos, por lo tanto, se realizaron las pruebas que parecieron más convenientes, pero debe revisarse con detenimiento que pruebas adicionales pueden llevarse a cabo para la validación del equipo en campo.

El sistema fue estructurado para la comunicación de contadores electrónicos de energía eléctrica, sin embargo, los sistemas AMR son muy flexibles, se puede conectar otro equipo que cumpla con el protocolo Modbus, los comandos establecidos y longitud de datos presentados en el sistema y realizaría también la recolección, almacenamiento y transmisión de los mismos. En este caso, se debe modificar la interfaz de usuario para presentar los datos de manera correcta. Adicionalmente, se puede reprogramar el módulo de recolección para aceptar datos de otras longitudes.

Este trabajo pretende mostrar una forma de diseño y desarrollo de sistemas de mediciones inalámbricas y se espera que a corto tiempo, estos productos puedan ser implementados tanto en las empresas nacionales como internacionales, logren cumplir las normativas de ambos mercados y se genere un producto con innovación, calidad y confiabilidad.

## RECOMENDACIONES

- Implementar otras tecnologías alternativas para la recolección de los datos de los contadores es conveniente, una muy común actualmente es la tecnología PLC (Power Line Carrier), en donde el sistema no necesita ningún cableado externo y los datos son adquiridos a través de la línea de energía. También se pueden probar comunicaciones inalámbricas de corto alcance como Zigbee. La empresa MaxStream presenta el modelo XbeePRO, para rangos de hasta 1000m de alcance, muy recomendados por diversos proveedores.
- Una recomendación a futuro, es poder almacenar la información en archivos tipo FAT (File Allocation Table), para que los datos almacenados puedan también ser leídos directamente desde un computador, pero se debe tomar en cuenta las previsiones en cuanto a la caja exterior, porque el dispositivo será entonces removible.
- Aunque la interfaz de usuario es solo demostrativa, puede estructurarse mejor el almacenamiento de los datos recibidos, actualmente los datos se guardan en archivos de texto y en la base de datos access. Se puede emplear una base de datos más robusta, como MySQL o Postgre SQL, que son muy populares actualmente y entre sus ventajas se encuentran: consistente y rápido rendimiento, alta confiabilidad, seguridad e integridad en el almacenamiento de los datos y facilidad de uso.
- Las alarmas implementadas eran informativas y no ejercen ningún tipo control, se pueden incluir un grupo de alarmas extras, como: alarma por alteración de los parámetros de comunicación, parámetros de inicialización, entrada en acción del respaldo de baterías, etc. Estas ayudarían a presentar de manera más completa el estado del concentrador en campo.

- Se puede rediseñar el circuito para que sea de un tamaño más pequeño e incorporar las dos tarjetas (circuito de alimentación y concentrador) en una sola placa de circuito impreso; con esto se podría colocar el equipo en una caja de protección más pequeña.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Juan A. Zapata G., Gilberto Vidrio L., José M. Gómez L., R. Mijáres C.. “*Medición de la energía eléctrica bajo esquemas de libre mercado*”. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México. Enero – Febrero 2001. Disponible en: <http://www.ije.org.mx/2001a/tendencias2.pdf>
- [2] Thirupathi Venganti. “*Outage management via powerline communication based automated meter reading systems*”. Tesis de Maestría. Universidad de Mississippi. Mayo 2004.
- [3] Evelio Martínez. “*Evolución de la Tecnología Celular*”. Revista NET. Julio 2001. Disponible en: <http://www.yucatan.com.mx/especiales/celular/3g.asp>
- [4] “*What is GSM?*”. GSM World. Disponible en: <http://www.gsmworld.com>
- [5] “*General Packet Radio Service*”. Disponible en: <http://es.wikipedia.org>
- [6] MMCA Technical Committee. “*The Multimedia Card System Summary Based On System Specification Version 3.31*”. (Marzo, 2003). Disponible en: <http://www.MMCA.org>
- [7] SanDisk. “*MultiMediaCard Product Manual*”. (Julio, 2001). Disponible en: <http://www.sandisk.com>
- [8] Eduardo Zuccala. “*Análisis básico para una comunicación digital óptima*”. Nota de Aplicación. Módulo Motorola G20. Diciembre 2004. Disponible en: [http://www.electrocomponentes.com/Ingenieria/Módulos%20Celular%20Motorola/Notas%20de%20Aplicacion/APN\\_G20\\_002.pdf](http://www.electrocomponentes.com/Ingenieria/Módulos%20Celular%20Motorola/Notas%20de%20Aplicacion/APN_G20_002.pdf)
- [9] Eduardo Zuccala. “*Ejemplo de uso de stack interno TCP/IP*”. Nota de Aplicación. Módulo Motorola G20. Noviembre 2004.  
Disponible en:

[http://www.electrocomponentes.com/Ingenieria/Módulos%20Celular%20Motorola/Notas%20de%20Aplicacion/APN\\_G20\\_001.pdf](http://www.electrocomponentes.com/Ingenieria/Módulos%20Celular%20Motorola/Notas%20de%20Aplicacion/APN_G20_001.pdf)

[10] Modbus-IDA. "MODBUS APPLICATION PROTOCOL SPECIFICATION V 1.1a" (Junio, 2004). Disponible en: <http://www.Modbus-IDA.org>

[11] Modbus-IDA. "MODBUS over Serial Line. Specification & Implementation Guide V 1.0" (Febrero, 2002). Disponible en: <http://www.Modbus-IDA.org>

[12] "Significado y Explicación de los códigos IP". Guía Técnica de Aplicación. Disponible en :

<http://www.ingenierosindustriales.net/cast/normativa/Protegidos%20PP/GT%20REBT/A-1.pdf>

## BIBLIOGRAFÍAS

- Analog Devices. Disponible en: <http://www.analog.com/en/>
- Daigle, Paúl. “*La tecnología moderna se da cita con los medidores de energía*”. Analog Devices Inc. 1998.
- Dallas Semiconductor Maxim. Disponible en: <http://www.maxim-ic.com/>
- Electricidad de Caracas. “Resumen de las Normas de Calidad de Servicio de Distribución”. Noviembre 2003.
- Microchip. Disponible: <http://www.microchip.com>
- Motorola. “*Motorola G24 Developer’s Guide: AT Commands Reference Manual*”. Junio 2006.
- Motorola. “*Motorola G24 Developer’s Guide: Module Hardware Description*”. Junio 2006.
- Motorola. “*Motorola G24 Developer’s Guide: Developer’s Kit*”. Junio 2006.
- Robust DataComm. “*Grounding and RS422/485 System*”. Application Note. 2003. Disponible en: <http://www.robustdc.com/library/an005.pdf>
- Texas Instruments. Disponible en: <http://www.ti.com/>
- Texas Instruments. “*RS485 for E-Meter Applications*”. Application Report. Agosto 2004. Disponible en: <http://focus.ti.com/lit/an/slla112a/slla112a.pdf>.

**ANEXO I**  
**MANUAL DE USUARIO**

**ETG00-G01-000**



**CONCENTRADOR DE DATOS CON COMUNICACIÓN A TRAVÉS DE LA RED CELULAR PARA CONTADORES ELECTRÓNICOS MONOFÁSICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA**



**REV 1.0**

---

**ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES GENERALES ETG, C.A.**  
Avenida Principal Los Cortijos De Lourdes,  
Edificio Maploca II, Piso 2, Caracas-Venezuela  
Tlf: 0800(CLAVE) 25283-00 Fax: (0212) 237-93-37  
Página Web: [www.etgelectronica.com](http://www.etgelectronica.com)

## Índice

Características Generales.....	3
Características Técnicas.....	4
Requisitos de Funcionamiento.....	4
Pruebas del Sistemas.....	5
Precauciones.....	7

# ETG00-G01-00 MANUAL DE USUARIO



FIGURA Nº 1: CONCENTRADOR DE DATOS

El concentrador de datos es un equipo que realiza la recolección, almacenamiento y transmisión de datos de los contadores electrónicos monofásicos de energía eléctrica a través de la red celular GSM (Global System Mobile) sobre GPRS (General Packet Radio Service) por medio del protocolo TCP/IP, permitiendo a la empresa eléctrica recibir los datos de los consumidores directamente en un servidor.

## **CARACTERÍSTICAS GENERALES**

- Conexión con los contadores electrónicos monofásicos de energía eléctrica a través del protocolo Modbus RTU sobre una interfaz física RS485.
- Capacidad de almacenamiento de 256MB, con expansión hasta 2GB.
- Transmisión de datos a través de la red celular GSM/GPRS, a través de tarjeta externa SIM.

- Transmisión de los parámetros de los contadores: Dirección del equipo (dirección asignada por el protocolo Modbus), Serial, Energía Activa, Energía Reactiva, Energía Aparente, Tensión RMS fase-neutro, Corriente RMS y factor de potencia.
- Adquisición de parámetros cada 10 minutos, cumpliendo las Normas de Calidad de Servicio de Distribución.
- Capacidad de conexión de hasta 255 contadores electrónicos de energía eléctrica monofásicos.

### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

- Consumo de corriente del equipo de 70mA en estado de recolección y almacenamiento (funcionamiento normal), y 100mA en transmisión de datos (con picos temporales de 190mA).
- Tensión de alimentación del equipo: 120 V<sub>AC</sub>
- Módulo interno OEM Motorola G24 con comunicación en las bandas GSM: 850/1900 MHz y EGSM: 900/1800 MHz. Conexión GPRS MultiSlot Clase 10 con una velocidad máxima de transferencia de 85,6 kbps (downlink).
- Rango de temperatura de funcionamiento: 0° - 60°, rango límite de operación.
- Grado de Protección de la caja de resguardo: IP66.
- Dimensiones: 21,8mm x 16,5mm x 10,5mm.
- Peso: 550 g aproximadamente.

### **REQUISITOS DE FUNCIONAMIENTO**

Para el correcto funcionamiento del equipo, se deben cumplir las siguientes condiciones iniciales:

- Verificar las conexiones en la tarjeta, los jumpers deben estar como en la figura N° 2.
- Verificar las conexiones de la antena del módulo, que se haya colocado la tarjeta SIM pertinente, la conexión de la batería y la fuente de alimentación a la tarjeta principal, deben estar conectados como en la figura N° 2.

**FIGURA N° 2: CONEXIONES EN LA TARJETA PRINCIPAL DEL CONCENTRADOR DE DATOS**

- Verificar que en donde se coloque el equipo exista una buena cobertura de la señal de Digitel.
- Verificar la conexión de los contadores electrónicos de energía y la conexión del concentrador al bus RS485.
- Verificar que la interfaz del usuario este corriendo (el puerto asignado se encuentre en modo escucha).

## **PRUEBAS DEL SISTEMA**

Para realizar una prueba del sistema se utiliza una interfaz de usuario, está es una interfaz realizada en el programa LabView v8.2 de la empresa National Instruments, en ella se pueden visualizar y almacenar las variables transmitidas por el concentrador de datos (el programa y el archivo asociado de la base de datos puede pedirse a la empresa para realizar las pruebas).

Presenta tres alternativas para visualización y almacenamiento de los datos (pantalla principal, archivo de texto y archivo en base de datos access .mdb). La visualización en la pantalla principal es de manera directa a medida que llegan los datos, puede ser seleccionada la opción para almacenar los datos en unos archivos de texto, uno de manera ordenada y otro de manera cruda (datos como bytes que llegan a la interfaz). Siempre son almacenados los datos en un archivo de la base de datos access, el archivo lleva el nombre de DatosConcentrador, y se

debe instalar en el computador en donde se realizará la prueba de la siguiente manera:

- En el panel de control buscar Herramientas Administrativas y aquí buscar Orígenes de Datos (ODBC).
- Buscar la pestaña de nombre DSN de sistema y agregar un origen de datos con el Driver de Microsoft Access .mdb y el nombre DatosTesis. Seleccionar en el reglón de base de datos la dirección del archivo DatosConcentrador. (Ver figuras N° 3 y 4).

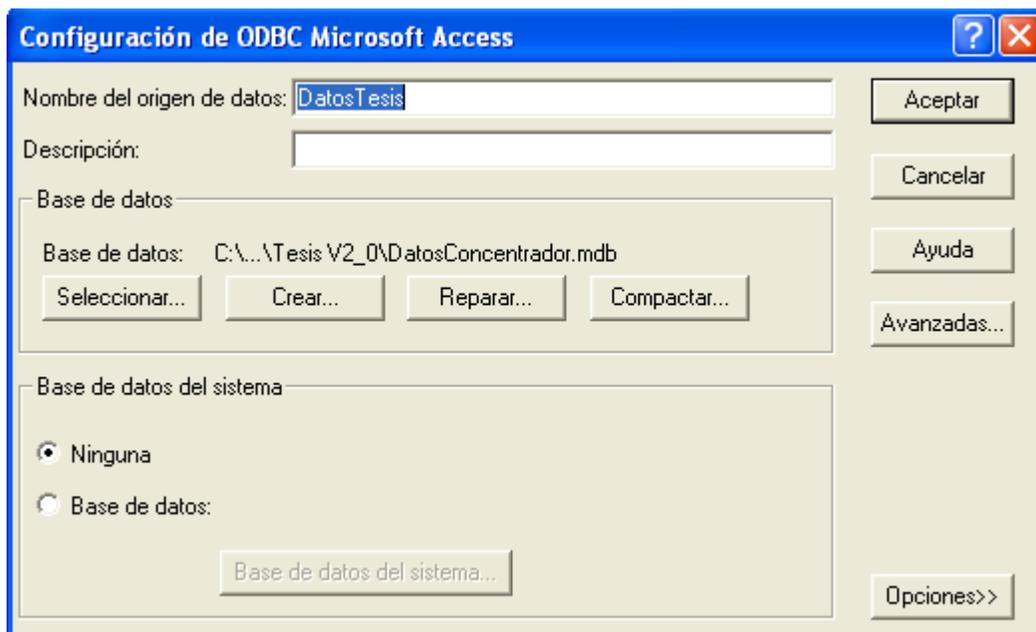


FIGURA N° 3: CONFIGURACIÓN DE ODBC PARA CREAR EL ARCHIVO DATOSTESIS

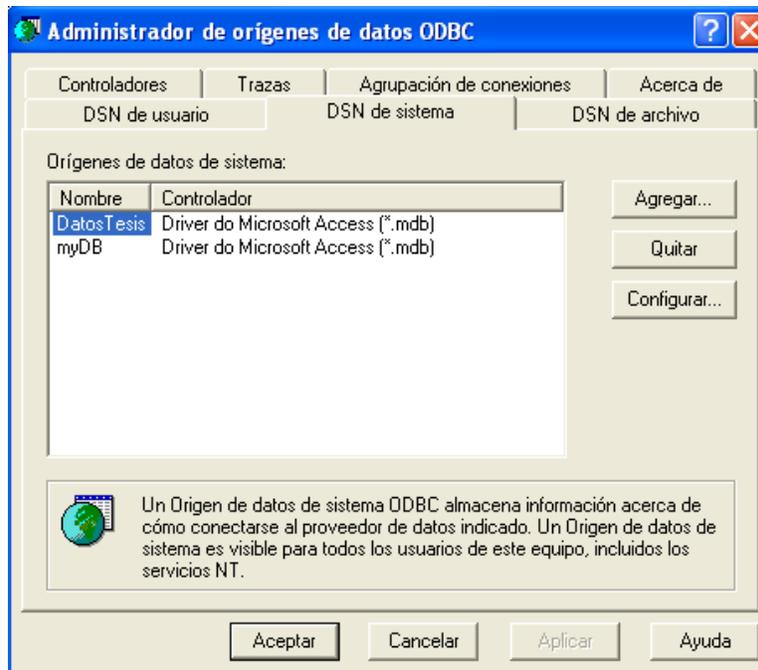


FIGURA Nº 4: PESTAÑA DSN DEL SISTEMA Y ARCHIVO AGREGADO DE DATOSTESIS

Después de realizar esta configuración, el archivo de base de datos está listo para recibir la información de la interfaz. Se realiza la corrida del programa, se enciende el equipo, con esto el sistema ya está listo para recibir información cada 15 días de los datos recolectados.

## **PRECAUCIONES**

- El equipo será conectado directamente a una tensión monofásica fase-neutro de 120V, por lo tanto, debe tenerse especial cuidado de no dejar la conexión al aire, ni de manera que puedan hacer contacto los cables.
- Nunca conectar el bus serial RS485 a otra conexión inadecuada, es un sistema muy sensible.

- Solo remover el módulo G24 de Motorola en caso de que vaya a ser cambiado, el conector es frágil, y no soporta conexiones-desconexiones de forma periódica.
- No cambiar la configuración original de los jumpers.
- Antes de abrir el equipo, desconectar inmediatamente la tensión de alimentación.
- Nunca remover la memoria MMC dentro del equipo a menos que vaya a ser sustituida, y debe permanecer en la misma dirección que se encontraba. No puede ser leída desde otro equipo.

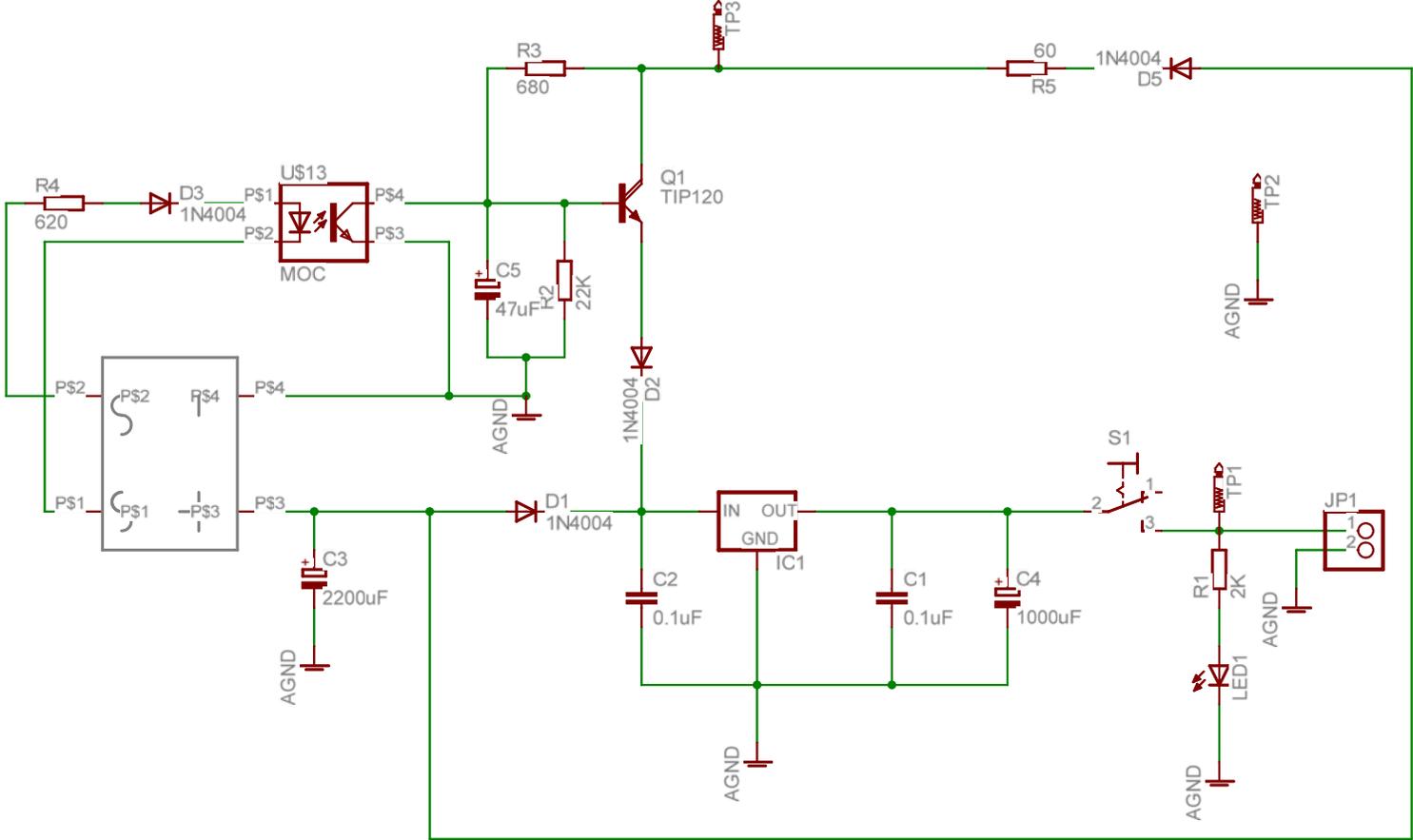


Celular	00	Tipo de Comunicación con el servidor
PLC (Power Line Carrier)	01	
Alta Frecuencia	A	Tipo de Comunicación
Mediana Frecuencia	M	
GSM Dual (900-1800)MHz	G	
GSM Quad (850-900-1800-1900)MHz	D	
Revisión	01	
Reservado	0	Reservado
Reservado	0	
Reservado	0	

**ANEXO II**  
**CIRCUITO ESQUEMÁTICO Y CIRCUITO IMPRESO FUENTE DE**  
**ALIMENTACIÓN**

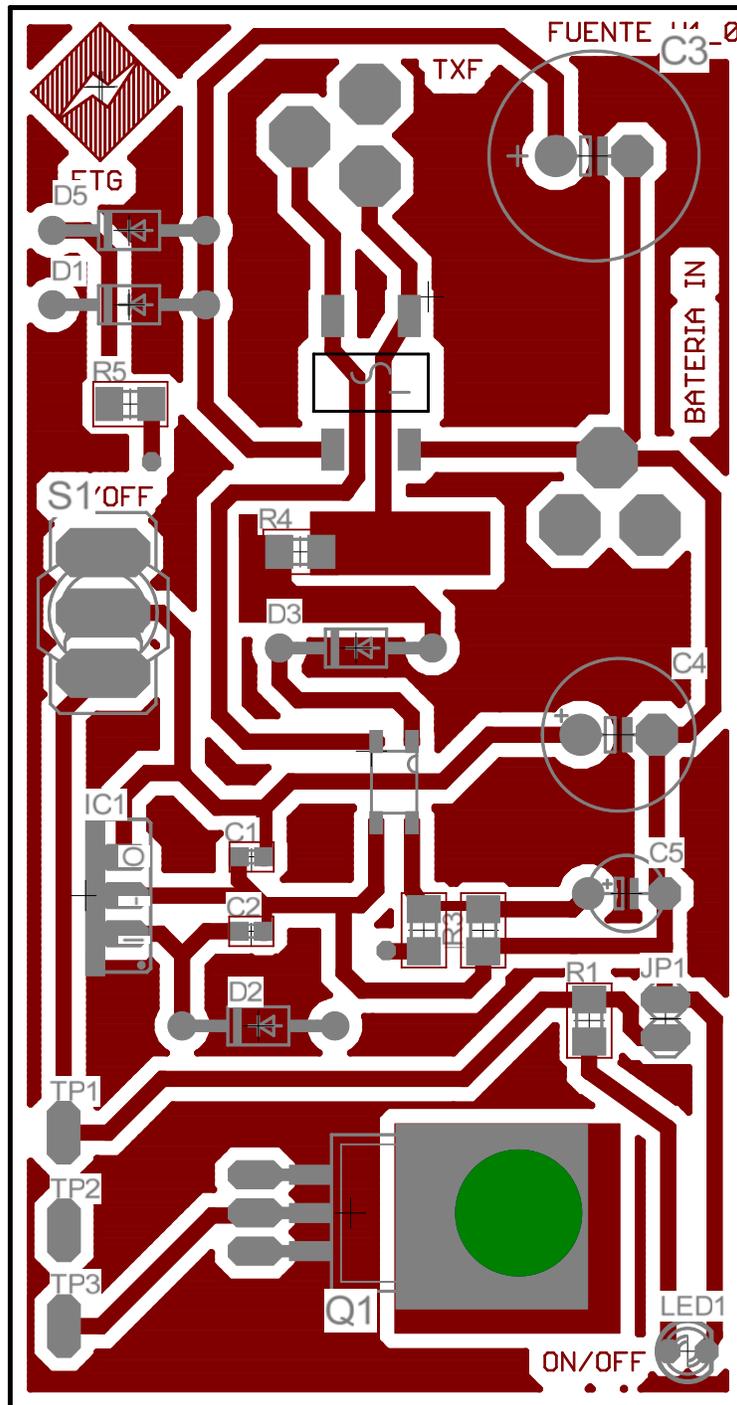
# ANEXO II

## Circuito Esquemático Fuente de Alimentación



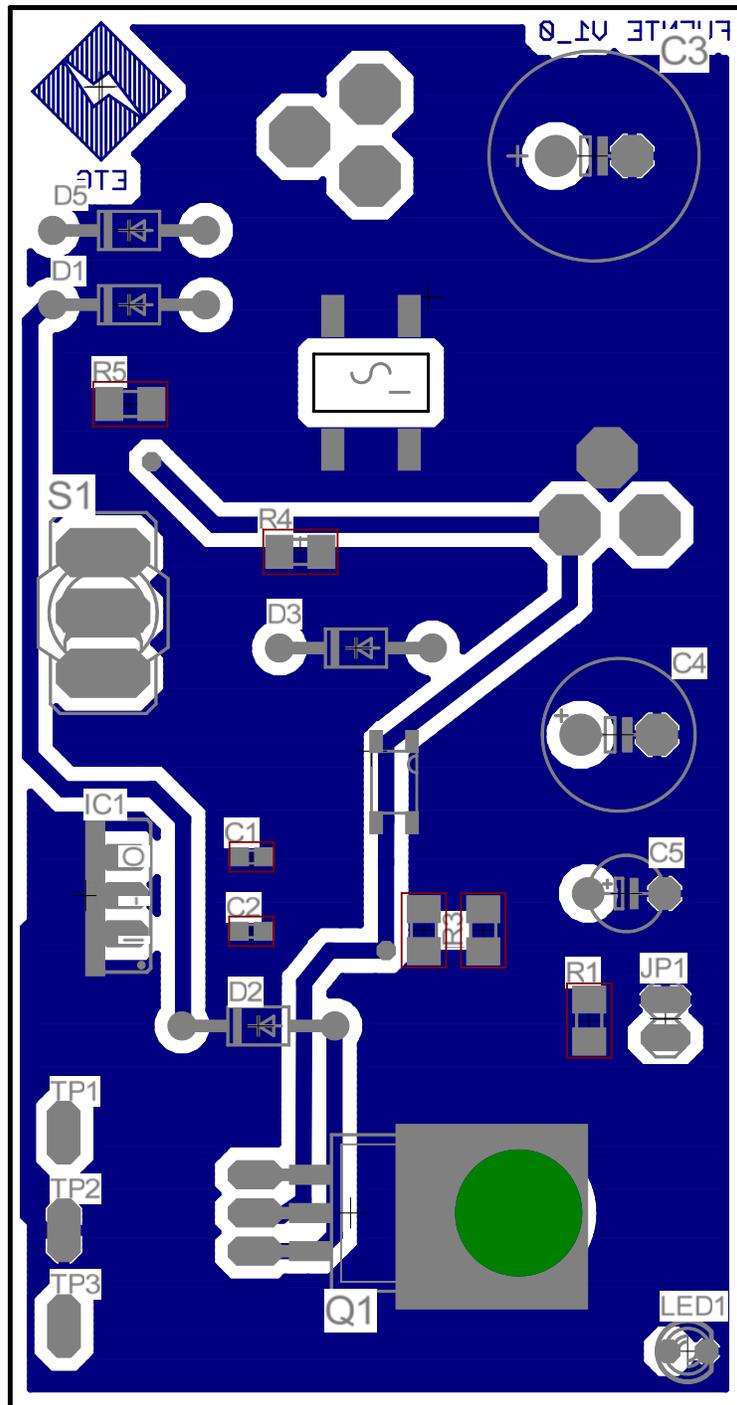
# ANEXO II

## Circuito Impreso Cara Superior Fuente de Alimentación



# ANEXO II

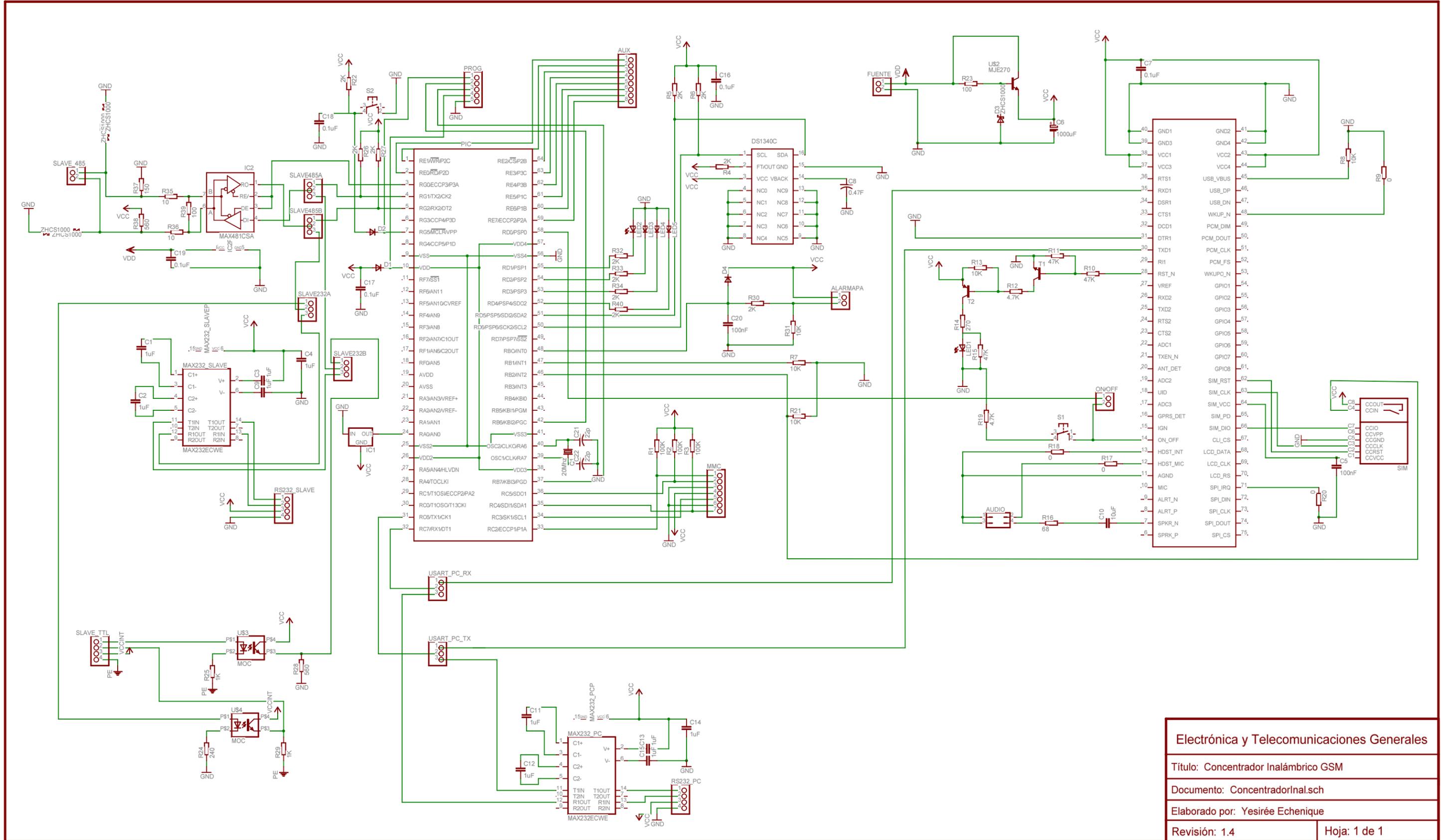
## Circuito Impreso Cara Inferior Fuente de Alimentación



**ANEXO III**  
**CIRCUITO ESQUEMÁTICO Y CIRCUITO IMPRESO CONCENTRADOR**  
**DE DATOS**

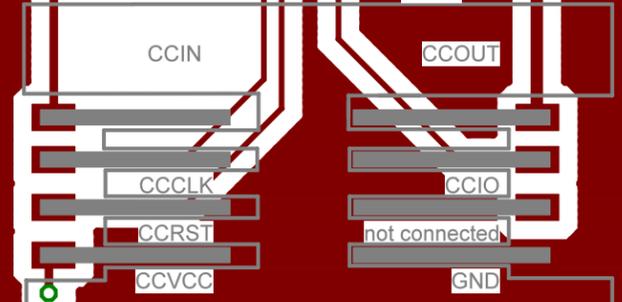
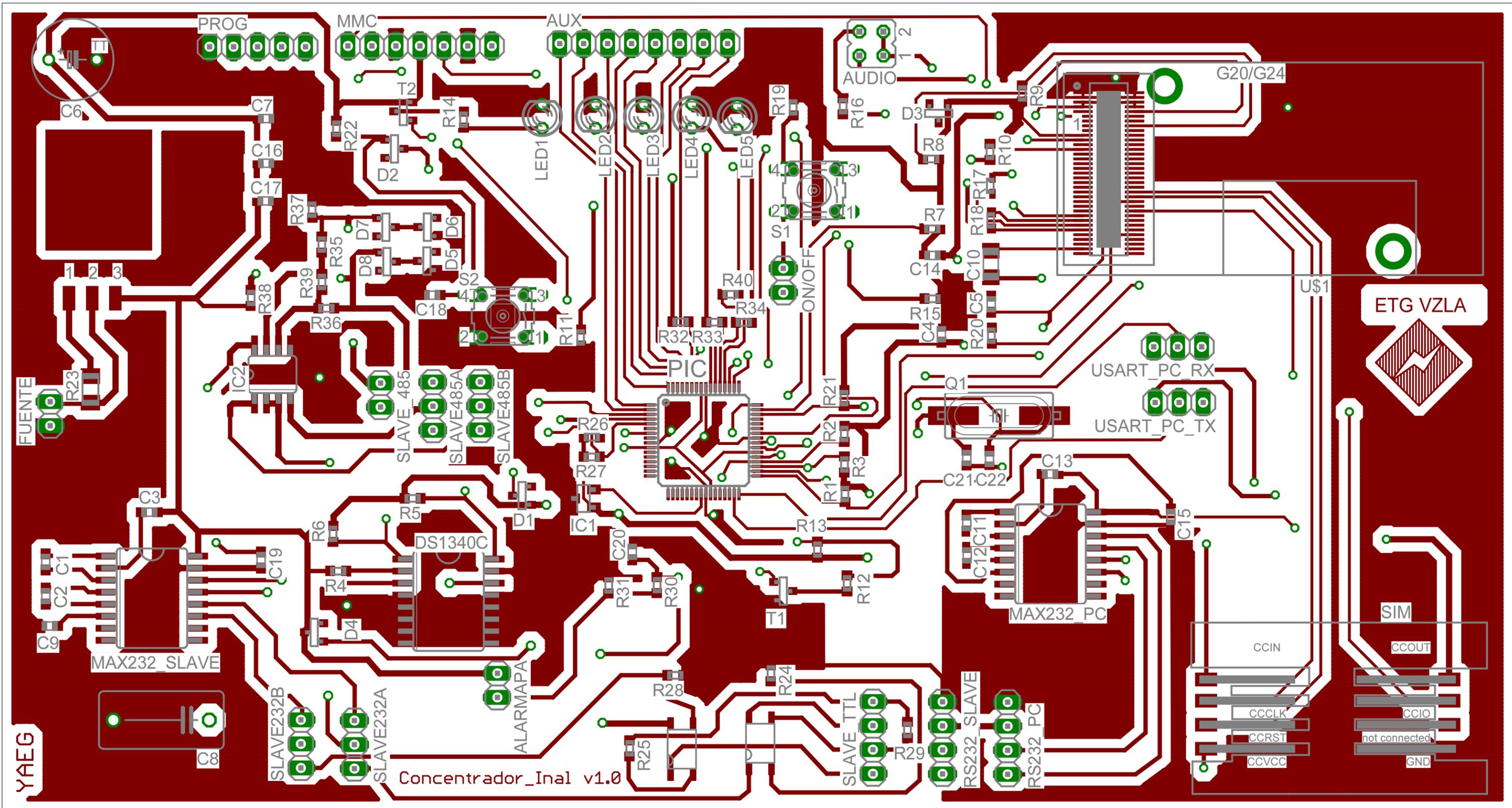
# ANEXO III

## Circuito Esquemático Concentrador de Datos

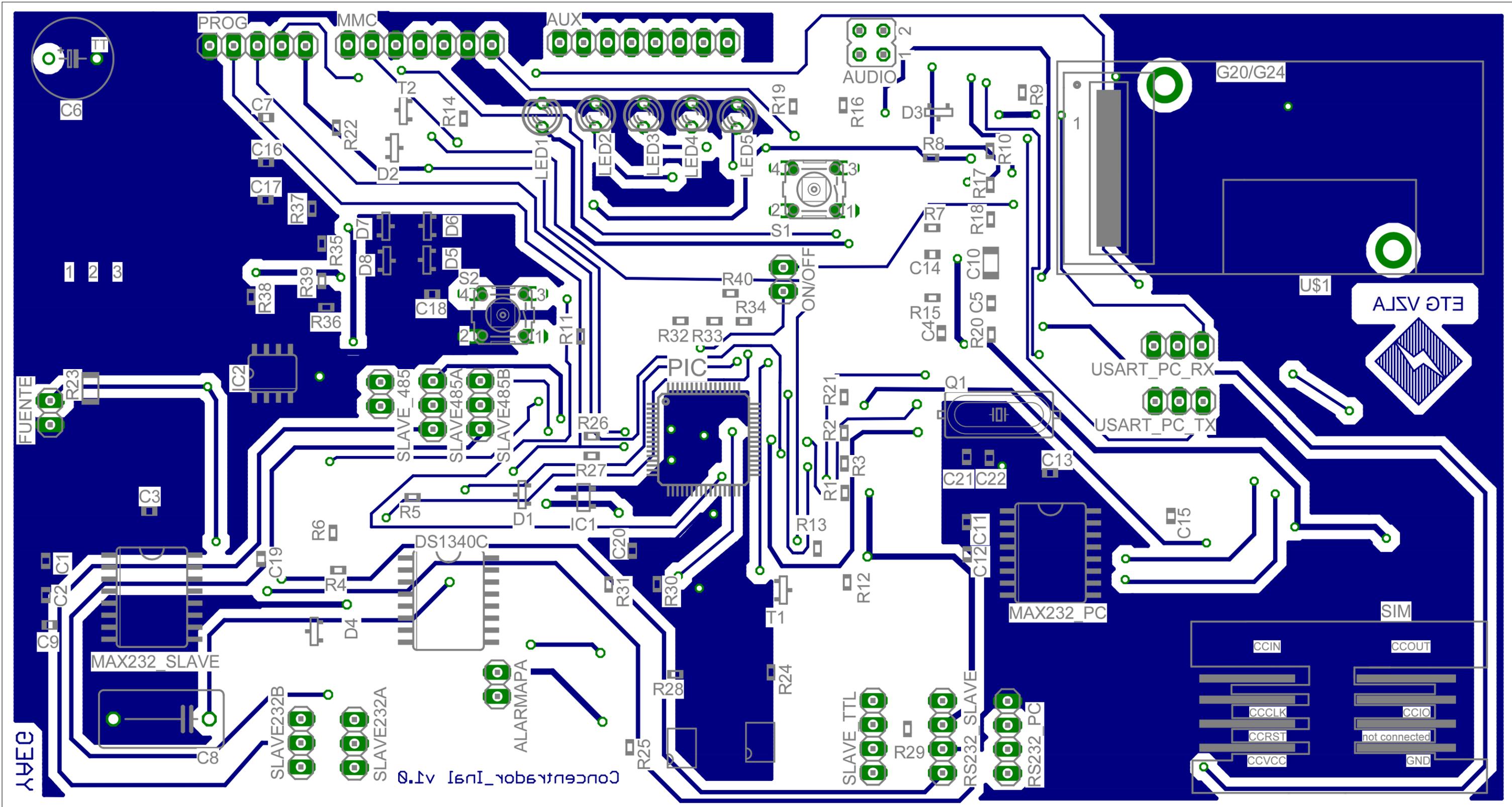


Electrónica y Telecomunicaciones Generales	
Título: Concentrador Inalámbrico GSM	
Documento: ConcentradorInal.sch	
Elaborado por: Yesirée Echenique	
Revisión: 1.4	Hoja: 1 de 1

ANEXO III  
Circuito Impreso Cara Superior Concentrador de Datos



ANEXO III  
Circuito Impreso Cara Inferior Concentrador de Datos



## ANEXO IV

### CÁLCULO DEL TIEMPO DE DESCARGA DEL CONDENSADOR DE RESPALDO DEL DS1340 (RELOJ DE TIEMPO REAL)

El reloj de tiempo real DS1340C, tiene la posibilidad de ajustar la descarga del condensador de respaldo que se coloque a través del circuito de Trickle charger, es configurado por medio de un comando enviado por software y se tiene tres opciones de configuración:

- Elegir si se quiere activar el circuito de descarga o no.
- Elegir si se quiere conectar un diodo de protección o no para el circuito.
- Elegir una resistencia para regular la corriente de descarga por el condensador (existen 3 a elegir: 250Ω, 2kΩ, 4kΩ).

Se eligió la configuración sin diodo y la resistencia 2kΩ.

Se eligió el condensador de la empresa Cooper de aerogel serie P, de 0,47F.

El valor del tiempo de descarga del condensador viene dado por la ecuación N° 1, en donde se supone que la corriente de respaldo decrece con la tensión de respaldo:

$$t = -\ln\left(\frac{V}{E}\right) \cdot R \cdot C \quad (1)$$

Que se deriva de la ecuación de descarga del condensador:

$$V(t) = E \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad (2)$$

En donde:

E: es la tensión inicial en V.

V: es la tensión final en V.

R: es la carga resistiva en  $\Omega$ .

C: es el valor del condensador en F.

Tomando de la hoja de especificaciones del DS1340:

La tensión máxima de respaldo: 3,7V

La corriente máxima de respaldo: 1000nA

Esto da un valor de resistencia de:

$$R = (V \cdot I) = (3,7V \cdot 1000nA) = 3700000\Omega$$

La tensión final: 1,3V

La tensión inicial: 3,3V

El condensador: 0,47F.

El tiempo de descarga del condensador será:

$$t = -\ln\left(\frac{V}{E}\right) \cdot R \cdot C = -\ln\left(\frac{1,3}{3,3}\right) \cdot (3700000) \cdot (0,47) = 449,99 = 18,75días$$

NOTA: tomado de la nota de aplicación 3517, “Estimating Super Capacitor Backup Time on Trickle Charger Real Time Clocks” de la empresa Maxim.

## **ANEXO V**

### **PRUEBAS DEL PROTOCOLO MODBUS**

Modbus es un protocolo de comunicaciones situado en nivel 7 del modelo de interconexión de sistemas abiertos OSI (por sus siglas en inglés Open System Interconnection), diseñado en 1979 por la empresa Modicon y basado en la arquitectura maestro-esclavo o cliente-servidor. Entre las principales ventajas de este protocolo se encuentran: es público, de fácil implementación y puede manejar grandes cantidades de información. La capa física del protocolo es variable, puede ser serial, a través de la interfaz RS485, o puede estar sobre la red Ethernet. El protocolo presenta dos modos de transmisión: Modbus RTU en donde los datos se presentan de forma binaria, siendo ésta la manera más eficiente de transmitir los datos, y Modbus ASCII una representación más legible de los datos, pero más complicada de transmitir. La diferencia más significativa entre estos dos modos es el control de corrección de errores, en el modo RTU se hace a través del control por redundancia cíclica CRC (por sus siglas en inglés Cyclic Redundancy Check), y en el modo ASCII se realiza a través del control por redundancia longitudinal LCR (por sus siglas en inglés Longitudinal Redundancy Check).

Para la verificación en el diseño del concentrador de los comandos implementados de este protocolo, primero se verificó por medio del programa EASYCOM de la empresa Avance System y luego se elaboró una interfaz de prueba donde se puede corroborar la recepción/transmisión de los comandos e inicializar otros parámetros del concentrador como: reloj de tiempo real, lectura/escritura de la memoria MMC.

## Primeras Pruebas Protocolo Modbus

En un inicio solo se enviaban los datos desde el PC, el concentrador armaba la trama calculaba el CRC, y al obtener respuesta del contador la devolvía al PC, sino recibía la comunicación del contador, enviaba un error con trama no recibida. El formato de pruebas se observa en la tabla V.1.

TABLA V.1 Pruebas de transmisión recepción

Función	Tipo de Comando	Datos enviados desde el PC (formato hexadecimal)	Datos recibidos por el concentrador (formato hexadecimal)	Observaciones
0x03	Lectura/Escritura	0503000003AA	0503061858060712060C4B	Lectura de fechas y horas
0x03	Lectura/Escritura	050300010002AA	0503040707120683E4	Lectura de hora, día, mes, año
0x03	Lectura/Escritura	0503000000FFAA	05830340F0	Código de excepción, longitud inválida
0x04	Solo Lectura	050410000002AA	05040400000000BE44	Lectura del serial
0x06	Escritura	0506000000045AA	050600000004549BD	Escritura de minutos y segundos
0x10	Escritura en bloques	05100000000306003012031206AA	0510000000003818C	Escritura de fecha y hora completa

El valor 0xAA encontrado al final de cada trama enviada por el PC, era el indicador de fin de trama, el CRC se armaba en el concentrador para cada trama transmitida al contador, éste para las pruebas llevaba la dirección 0x05.

## Interfaz de Prueba

Para realizar la interfaz de prueba, se establecieron 8 comandos para que el concentrador discriminara que acción debería tomar. Los comandos con sus formatos se muestran a continuación.

TABLA V.2 Comandos de la interfaz de prueba del protocolo Modbus

Comando	Descripción	Estructura	Ejemplo
0x01	Lectura del RTC del concentrador	CMD	0x01
0x02	Escritura del RTC del concentrador	CMD/SEG/MIN/HOR/DIA/ FECHA/MES/AÑO	0x05/0x00/0x01/0x01/0x01/ 0x01/0x07
0x03	Lectura del Registro Trickle Charger del RTC del concentrador	CMD	0x03
0x04	Escritura del Registro Trickle Charger del RTC del concentrador	CMD/VALORREG	0x04/0xAA
0x05	Inicialización de la MMC	CMD	0x05
0x06	Lectura de la MMC	CMD/DIRLOW1/DIRLOW2/ DIRHIGH1/DIRHIGH2	0x06/0x00/0x00/0x02/0x00
0x07	Escritura de la MMC	CMD/DIRLOW1/DIRLOW2/ DIRHIGH1/DIRHIGH2/ BYTE_ADIC	0x06/0x00/0x00/0x02/0x00/0xBB
0x08	Envío/Recepción de comandos al esclavo	CMD/FUNC/BYTES_FUNC...../ 0xAA	0x08/0x05/0x03/0x00/0x00/0x00/ 0x03/0xAA

Del comando 0x01 al 0x07, son parámetros del RTC o de la memoria MMC, el comando 0x08 es exclusivo para enviar tramas del protocolo Modbus, al formato explicado con anterioridad, se le agrega el comando 0x08 en el inicio. Después de realizar la interfaz, todos estos comandos son transparentes para el usuario de la PC, el solo selecciona lo que quiere preguntar al contador o si desea establecer algún parámetro en el concentrador.

Esta interfaz es solo de pruebas, para el diseño final no puede verificarse de ningún modo, solo se estableció para verificar los pasos andados hasta entonces (recolección por medio del protocolo Modbus y almacenamiento por medio de la memoria MMC).

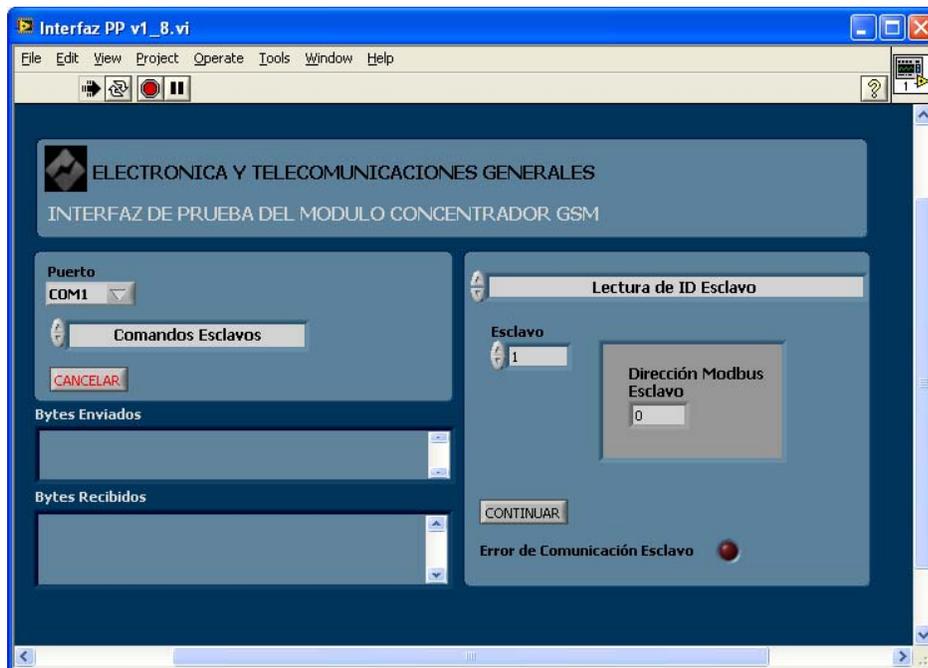


FIGURA V.1 Configuración de la interfaz para interrogar a los esclavos

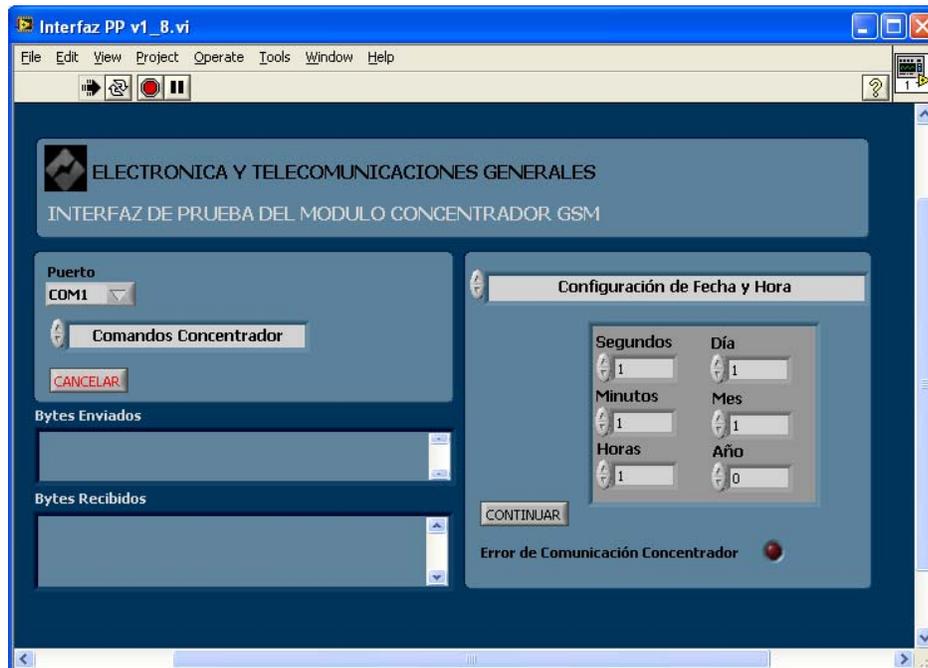


FIGURA V.2 Configuración de la interfaz para interrogar al concentrador sobre sus parámetros

## ANEXO VI

### PRUEBAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS

A continuación se observan una serie de medidas obtenidas en diferentes pruebas realizadas con una muestra máxima de tres medidores.

- **Prueba 1: para tres contadores de energía, 1 minuto para la recolección, 5 minutos para la transmisión**

#### Archivo de base de datos

Dirección	Dirección_Esc	Serial	Energía_Activa	Energía_Reactiva	Energía_Aparente	Tensión	Corriente	Factor	Hora	Fecha	Hora_Fecha_Tx
1	6	10	0,350	0,091	0,369	116,97	0,532	0,972	02:17:32	01/01/00	16/04/2008 05:57:15 p.m
1	3	3	1,623	0,587	1,735	117,06	0,550	0,923	17:51:30	16/04/08	16/04/2008 05:57:26 p.m
1	6	Error	0,351	0,092	0,370	117,53	0,532	0,973	02:18:32	01/01/00	16/04/2008 05:57:26 p.m
1	3	3	1,624	0,588	1,736	117,01	0,551	0,948	17:52:30	16/04/08	16/04/2008 05:57:37 p.m
1	6	10	0,352	0,092	0,371	117,50	0,534	0,973	02:19:32	01/01/00	16/04/2008 05:57:37 p.m
1	3	3	1,627	0,589	1,740	117,81	0,550	0,948	17:55:30	16/04/08	16/04/2008 06:04:05 p.m
1	6	10	0,355	0,093	0,374	117,59	0,533	0,973	02:22:32	01/01/00	16/04/2008 06:04:05 p.m
1	3	3	1,628	0,589	1,741	116,96	0,553	0,948	17:56:30	16/04/08	16/04/2008 06:04:16 p.m
1	6	10	0,356	0,093	0,375	117,16	0,535	0,947	02:23:32	01/01/00	16/04/2008 06:04:16 p.m
1	6	10	0,357	0,093	0,376	117,87	0,534	0,973	02:24:32	01/01/00	16/04/2008 06:04:28 p.m
1	3	3	1,629	0,590	1,742	117,37	0,553	0,948	17:57:30	16/04/08	16/04/2008 06:04:28 p.m
1	6	10	0,358	0,094	0,377	117,64	0,533	0,973	02:25:32	01/01/00	16/04/2008 06:04:40 p.m
1	3	3	1,630	0,590	1,743	117,50	0,552	0,948	17:58:30	16/04/08	16/04/2008 06:04:40 p.m
1	3	3	1,631	0,590	1,744	117,24	0,553	0,948	17:59:30	16/04/08	16/04/2008 06:04:51 p.m
1	6	10	0,359	0,094	0,378	117,49	0,535	0,948	02:26:32	01/01/00	16/04/2008 06:04:51 p.m
1	3	3	1,634	0,591	1,747	116,65	0,551	0,948	18:03:00	16/04/08	16/04/2008 06:11:20 p.m
1	6	10	0,363	0,095	0,382	117,13	0,533	0,973	02:30:02	01/01/00	16/04/2008 06:11:20 p.m
1	6	10	0,364	0,095	0,383	116,76	0,533	0,947	02:31:02	01/01/00	16/04/2008 06:11:31 p.m
1	3	3	1,635	0,592	1,749	116,48	0,550	0,973	18:04:00	16/04/08	16/04/2008 06:11:31 p.m
1	6	10	0,365	0,095	0,384	117,07	0,532	0,923	02:32:02	01/01/00	16/04/2008 06:11:43 p.m
1	3	3	1,636	0,592	1,750	116,93	0,551	0,925	18:05:00	16/04/08	16/04/2008 06:11:43 p.m
1	3	3	1,637	0,593	1,751	117,14	0,549	0,923	18:06:00	16/04/08	16/04/2008 06:11:54 p.m
1	Error	10	0,366	0,096	0,385	116,85	0,534	0,947	02:33:02	01/01/00	16/04/2008 06:11:54 p.m
1	3	3	1,638	0,593	1,752	116,84	0,550	0,948	18:07:00	16/04/08	16/04/2008 06:12:06 p.m
1	6	10	0,367	0,096	0,386	117,31	0,534	0,973	02:34:02	01/01/00	16/04/2008 06:12:06 p.m
1	6	10	0,370	0,097	0,389	116,31	0,534	0,972	02:37:02	01/01/00	16/04/2008 06:18:34 p.m
1	3	3	1,642	0,594	1,755	116,53	0,550	0,923	18:10:00	16/04/08	16/04/2008 06:18:34 p.m
1	3	3	1,643	0,594	1,756	116,77	0,551	0,923	18:11:00	16/04/08	16/04/2008 06:18:45 p.m
1	6	10	0,371	0,097	0,390	116,49	0,533	0,973	02:38:02	01/01/00	16/04/2008 06:18:45 p.m

FIGURA VI.1 Archivo de Base de Datos Prueba 1

## Archivo de Texto de Datos

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda										
1	1	1	2,363	0,520	2,440	113,86	0,573	0,948	15:34:08	16/04/08	15:43:16	16/04/2008		
1	3	3	1,488	0,538	1,591	113,76	0,549	0,921	15:34:31	16/04/08	15:43:17	16/04/2008		
1	6	10	0,216	0,056	0,229	113,92	0,533	0,972	00:01:34	01/01/00	15:43:17	16/04/2008		
1	Error	1	2,365	0,520	2,442	114,98	0,574	1,000	15:35:08	16/04/08	15:43:27	16/04/2008		
1	3	3	1,489	0,539	1,593	114,66	0,551	0,947	15:35:31	16/04/08	15:43:27	16/04/2008		
1	6	10	0,217	0,056	0,230	114,81	0,532	0,945	00:02:33	01/01/00	15:43:27	16/04/2008		
1	Error	1	2,366	0,520	2,443	114,87	0,573	0,974	15:36:08	16/04/08	15:43:39	16/04/2008		
1	3	3	1,490	0,539	1,594	114,51	0,549	0,947	15:36:31	16/04/08	15:43:39	16/04/2008		
1	6	10	0,218	0,057	0,232	114,70	0,534	0,947	00:03:33	01/01/00	15:43:39	16/04/2008		
1	Error	1	2,367	0,521	2,444	114,58	0,573	0,948	15:37:38	16/04/08	15:43:50	16/04/2008		
1	3	3	1,491	0,539	1,595	114,48	0,550	0,923	15:38:01	16/04/08	15:43:50	16/04/2008		
1	6	10	0,219	0,057	0,233	114,94	0,533	0,947	00:05:03	01/01/00	15:43:50	16/04/2008		
1	Error	1	2,368	0,521	2,445	114,55	0,573	0,973	15:38:38	16/04/08	15:44:01	16/04/2008		
1	3	3	1,492	0,540	1,596	114,85	0,548	0,921	15:39:01	16/04/08	15:44:01	16/04/2008		
1	6	10	0,220	0,057	0,234	114,89	0,533	0,972	00:06:03	01/01/00	15:44:01	16/04/2008		
1	Error	1	2,371	0,522	2,449	114,13	0,570	0,973	15:41:37	16/04/08	15:50:41	16/04/2008		
1	3	3	1,496	0,541	1,599	113,79	0,547	0,921	15:42:01	16/04/08	15:50:41	16/04/2008		
1	6	10	0,224	0,058	0,237	114,25	0,530	0,947	00:09:03	01/01/00	15:50:41	16/04/2008		
1	Error	1	2,372	0,522	2,450	114,44	0,571	0,974	15:42:37	16/04/08	15:50:52	16/04/2008		
1	3	3	1,497	0,541	1,600	114,09	0,548	0,897	15:43:01	16/04/08	15:50:52	16/04/2008		
1	6	10	0,225	0,058	0,238	114,58	0,529	0,945	00:10:03	01/01/00	15:50:52	16/04/2008		
1	Error	1	2,373	0,522	2,451	114,56	0,568	0,948	15:43:37	16/04/08	15:51:03	16/04/2008		
1	3	3	1,498	0,542	1,601	114,45	0,545	0,947	15:44:01	16/04/08	15:51:03	16/04/2008		
1	6	10	0,226	0,059	0,239	114,88	0,528	0,972	00:11:03	01/01/00	15:51:03	16/04/2008		
1	Error	1	2,374	0,522	2,452	114,58	0,569	0,973	15:44:37	16/04/08	15:51:15	16/04/2008		
1	3	3	1,499	0,542	1,602	114,23	0,544	0,921	15:45:01	16/04/08	15:51:15	16/04/2008		
1	6	10	0,227	0,059	0,240	114,70	0,527	0,945	00:12:03	01/01/00	15:51:15	16/04/2008		
1	Error	1	2,376	0,523	2,453	114,65	0,569	0,948	15:45:37	16/04/08	15:51:27	16/04/2008		
1	3	3	1,500	0,542	1,604	114,96	0,547	0,921	15:46:01	16/04/08	15:51:27	16/04/2008		
1	6	10	0,228	0,059	0,241	114,70	0,527	0,972	00:13:03	01/01/00	15:51:27	16/04/2008		
1	Error	1	2,379	0,524	2,456	114,23	0,568	0,948	15:49:07	16/04/08	15:58:08	16/04/2008		
1	3	3	1,503	0,543	1,607	113,89	0,545	0,921	15:49:31	16/04/08	15:58:08	16/04/2008		
1	6	10	0,231	0,060	0,244	114,35	0,527	0,972	00:16:33	01/01/00	15:58:08	16/04/2008		
1	Error	1	2,380	0,524	2,458	114,27	0,568	0,974	15:50:07	16/04/08	15:58:18	16/04/2008		
1	3	3	1,504	0,544	1,608	114,38	0,544	0,947	15:50:31	16/04/08	15:58:18	16/04/2008		
1	6	10	0,232	0,060	0,245	114,41	0,527	0,945	00:17:33	01/01/00	15:58:18	16/04/2008		
1	Error	1	2,381	0,524	2,459	114,66	0,570	0,948	15:51:07	16/04/08	15:58:30	16/04/2008		
1	3	3	1,505	0,544	1,609	114,31	0,545	0,945	15:51:31	16/04/08	15:58:30	16/04/2008		
1	6	10	0,233	0,060	0,247	114,78	0,528	0,972	00:18:33	01/01/00	15:58:30	16/04/2008		

FIGURA VI.2 Archivo de Texto de Datos Prueba 1

- Prueba para tres contadores de energía, 1 minuto para la recolección, 10 minutos para la transmisión

## Archivo de base de datos

Dirección_	Dirección_Escl	Serial_	Energía_Activa	Energía_Reactiva	Energía_Aparente	Tensión	Corriente_	Factor_	Hora	Fecha	Hora_Fecha_Tx
1	3	3	1,686	0,610	1,803	116,47	0,553	0,948	09:34:53	17/04/08	17/04/2008 09:43:48 a.m.
1	6	10	0,415	0,108	0,436	116,18	0,536	0,973	00:36:33	01/01/00	17/04/2008 09:43:48 a.m.
1	Error	1	2,575	0,567	2,659	116,35	0,577	0,950	09:34:29	17/04/08	17/04/2008 09:43:48 a.m.
1	Error	1	2,576	0,568	2,660	116,41	0,578	0,950	09:35:29	17/04/08	17/04/2008 09:43:59 a.m.
1	3	3	1,687	0,610	1,804	116,55	0,555	0,947	09:35:53	17/04/08	17/04/2008 09:43:59 a.m.
1	6	10	0,416	0,108	0,437	116,54	0,537	0,973	00:37:33	01/01/00	17/04/2008 09:43:59 a.m.
1	Error	1	2,577	0,568	2,661	116,19	0,577	0,950	09:36:29	17/04/08	17/04/2008 09:44:10 a.m.
1	3	3	1,688	0,611	1,805	116,07	0,553	0,948	09:36:53	17/04/08	17/04/2008 09:44:10 a.m.
1	6	10	0,417	0,109	0,438	116,53	0,537	0,948	00:38:33	01/01/00	17/04/2008 09:44:10 a.m.
1	Error	1	2,578	0,568	2,662	116,35	0,577	1,000	09:37:29	17/04/08	17/04/2008 09:44:23 a.m.
1	3	3	1,689	0,611	1,806	116,23	0,553	0,948	09:38:23	17/04/08	17/04/2008 09:44:23 a.m.
1	6	10	0,418	0,109	0,439	116,41	0,538	0,923	00:40:03	01/01/00	17/04/2008 09:44:23 a.m.
1	6	10	0,423	0,110	0,443	116,71	0,538	0,973	00:44:03	01/01/00	17/04/2008 09:56:32 a.m.
1	Error	1	2,583	0,569	2,667	116,62	0,579	0,950	09:41:59	17/04/08	17/04/2008 09:56:32 a.m.
1	3	3	1,694	0,613	1,811	116,72	0,555	0,948	09:42:23	17/04/08	17/04/2008 09:56:32 a.m.
1	6	10	0,424	0,110	0,444	116,75	0,537	0,948	00:45:03	01/01/00	17/04/2008 09:56:43 a.m.
1	Error	1	2,584	0,569	2,668	116,68	0,578	0,975	09:42:59	17/04/08	17/04/2008 09:56:43 a.m.
1	3	3	1,695	0,613	1,812	116,58	0,555	0,925	09:43:23	17/04/08	17/04/2008 09:56:43 a.m.
1	Error	1	2,585	0,570	2,669	117,21	0,580	0,975	09:43:59	17/04/08	17/04/2008 09:56:59 a.m.
1	3	3	1,696	0,613	1,813	117,32	0,558	0,974	09:44:23	17/04/08	17/04/2008 09:56:59 a.m.
1	6	10	0,425	0,111	0,446	117,30	0,538	0,973	00:46:03	01/01/00	17/04/2008 09:56:59 a.m.
1	Error	1	2,586	0,570	2,671	117,46	0,581	0,951	09:44:59	17/04/08	17/04/2008 09:57:07 a.m.
1	3	3	1,697	0,614	1,814	117,55	0,556	0,900	09:45:23	17/04/08	17/04/2008 09:57:07 a.m.
1	6	10	0,426	0,111	0,447	117,58	0,538	0,948	00:47:03	01/01/00	17/04/2008 09:57:07 a.m.
1	6	10	0,427	0,111	0,448	117,44	0,539	0,948	00:48:03	01/01/00	17/04/2008 09:57:18 a.m.
1	Error	1	2,587	0,570	2,672	117,12	0,581	0,950	09:45:59	17/04/08	17/04/2008 09:57:18 a.m.
1	3	3	1,698	0,614	1,815	117,00	0,556	0,925	09:46:23	17/04/08	17/04/2008 09:57:18 a.m.
1	3	3	1,699	0,615	1,816	116,92	0,554	0,925	09:47:23	17/04/08	17/04/2008 09:57:29 a.m.
1	6	10	0,428	0,111	0,449	116,64	0,537	0,948	00:49:03	01/01/00	17/04/2008 09:57:29 a.m.

FIGURA VI.3 Archivo de Base de Datos Prueba 2

## Archivo de Texto de Datos

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda														
1	Error	1	2,568	0,566	2,652	116,27	0,580	0,975	09:28:29	17/04/08	9:42:51	17/04/2008						
1	3	3	1,680	0,608	1,796	116,16	0,536	0,925	09:28:53	17/04/08	9:42:51	17/04/2008						
1	6	10	0,409	0,106	0,429	116,61	0,539	0,973	00:30:33	01/01/00	9:42:51	17/04/2008						
1	Error	1	2,569	0,566	2,653	116,34	0,574	0,975	09:29:29	17/04/08	9:43:08	17/04/2008						
1	3	3	1,681	0,608	1,797	116,24	0,550	0,925	09:29:53	17/04/08	9:43:08	17/04/2008						
1	6	10	0,410	0,107	0,430	116,65	0,534	0,973	00:31:33	01/01/00	9:43:08	17/04/2008						
1	Error	1	2,570	0,566	2,654	116,82	0,581	0,975	09:30:29	17/04/08	9:43:08	17/04/2008						
1	3	3	1,682	0,608	1,798	116,91	0,556	0,948	09:30:53	17/04/08	9:43:08	17/04/2008						
1	6	10	0,411	0,107	0,431	116,63	0,537	0,973	00:32:33	01/01/00	9:43:08	17/04/2008						
1	Error	1	2,571	0,567	2,655	116,90	0,580	0,975	09:31:29	17/04/08	9:43:14	17/04/2008						
1	3	3	1,683	0,609	1,799	116,56	0,557	0,948	09:31:53	17/04/08	9:43:14	17/04/2008						
1	6	10	0,412	0,107	0,432	116,98	0,538	0,973	00:33:33	01/01/00	9:43:14	17/04/2008						
1	Error	1	2,572	0,567	2,657	116,66	0,580	0,950	09:32:29	17/04/08	9:43:26	17/04/2008						
1	3	3	1,684	0,609	1,800	116,76	0,555	0,900	09:32:53	17/04/08	9:43:26	17/04/2008						
1	6	10	0,413	0,108	0,433	116,47	0,538	0,948	00:34:33	01/01/00	9:43:26	17/04/2008						
1	Error	1	2,574	0,567	2,658	116,09	0,578	0,950	09:33:29	17/04/08	9:43:37	17/04/2008						
1	3	3	1,685	0,610	1,802	116,42	0,554	0,948	09:33:53	17/04/08	9:43:37	17/04/2008						
1	6	10	0,414	0,108	0,435	116,15	0,536	0,973	00:35:33	01/01/00	9:43:37	17/04/2008						
1	Error	1	2,575	0,567	2,659	116,35	0,577	0,950	09:34:29	17/04/08	9:43:48	17/04/2008						
1	3	3	1,686	0,610	1,803	116,47	0,553	0,948	09:34:53	17/04/08	9:43:48	17/04/2008						
1	6	10	0,415	0,108	0,436	116,18	0,536	0,973	00:36:33	01/01/00	9:43:48	17/04/2008						
1	Error	1	2,576	0,568	2,660	116,41	0,578	0,950	09:35:29	17/04/08	9:43:59	17/04/2008						
1	3	3	1,687	0,610	1,804	116,55	0,555	0,947	09:35:53	17/04/08	9:43:59	17/04/2008						
1	6	10	0,416	0,108	0,437	116,54	0,537	0,973	00:37:33	01/01/00	9:43:59	17/04/2008						
1	Error	1	2,577	0,568	2,661	116,19	0,577	0,950	09:36:29	17/04/08	9:44:10	17/04/2008						
1	3	3	1,688	0,611	1,805	116,07	0,553	0,948	09:36:53	17/04/08	9:44:10	17/04/2008						
1	6	10	0,417	0,109	0,438	116,53	0,537	0,948	00:38:33	01/01/00	9:44:10	17/04/2008						
1	Error	1	2,578	0,568	2,662	116,35	0,577	1,000	09:37:29	17/04/08	9:44:23	17/04/2008						
1	3	3	1,689	0,611	1,806	116,23	0,553	0,948	09:38:23	17/04/08	9:44:23	17/04/2008						
1	6	10	0,418	0,109	0,439	116,41	0,538	0,923	00:40:03	01/01/00	9:44:23	17/04/2008						
1	Error	1	2,583	0,569	2,667	116,62	0,579	0,950	09:41:59	17/04/08	9:56:32	17/04/2008						
1	3	3	1,694	0,613	1,811	116,72	0,553	0,948	09:42:23	17/04/08	9:56:32	17/04/2008						
1	6	10	0,423	0,110	0,443	116,71	0,538	0,973	00:44:03	01/01/00	9:56:32	17/04/2008						
1	Error	1	2,584	0,569	2,668	116,68	0,578	0,975	09:42:59	17/04/08	9:56:43	17/04/2008						
1	3	3	1,695	0,613	1,812	116,58	0,555	0,925	09:43:23	17/04/08	9:56:43	17/04/2008						
1	6	10	0,424	0,110	0,444	116,75	0,537	0,948	00:45:03	01/01/00	9:56:43	17/04/2008						
1	Error	1	2,585	0,570	2,669	117,21	0,580	0,975	09:43:59	17/04/08	9:56:59	17/04/2008						
1	3	3	1,696	0,613	1,813	117,32	0,558	0,974	09:44:23	17/04/08	9:56:59	17/04/2008						
1	6	10	0,425	0,111	0,446	117,30	0,538	0,973	00:46:03	01/01/00	9:56:59	17/04/2008						
1	Error	1	2,586	0,570	2,671	117,46	0,581	0,951	09:44:59	17/04/08	9:57:07	17/04/2008						
1	3	3	1,697	0,614	1,814	117,55	0,556	0,900	09:45:23	17/04/08	9:57:07	17/04/2008						
1	6	10	0,426	0,111	0,447	117,58	0,538	0,948	00:47:03	01/01/00	9:57:07	17/04/2008						

FIGURA VI.4 Archivo de Texto de Datos Prueba 2

- Prueba para tres contadores de energía, 10 minutos para la recolección, 30 minutos para la transmisión

### Archivo de base de datos

Dirección	Dirección_Esc	Serial	Energía_Activa	Energía_Reactiva	Energía_Aparente	Tensión	Corriente	Factor	Hora	Fecha	Hora_Fecha_Tx
1	6	10	0,599	0,156	0,627	115,89	0,531	0,947	00:13:33	01/01/00	17/04/2008 01:09:32 p.m.
1	1	1	2,771	0,612	2,861	115,83	0,573	1,000	12:44:27	17/04/08	17/04/2008 01:09:32 p.m.
1	3	3	1,870	0,676	1,999	116,15	0,549	0,947	12:44:51	17/04/08	17/04/2008 01:09:32 p.m.
1	Error	1	2,782	0,614	2,873	116,12	0,572	0,974	12:54:27	17/04/08	17/04/2008 01:09:43 p.m.
1	3	3	1,880	0,680	2,010	115,75	0,549	0,948	12:54:51	17/04/08	17/04/2008 01:09:43 p.m.
1	6	10	0,609	0,159	0,637	115,94	0,532	0,947	00:23:33	01/01/00	17/04/2008 01:09:43 p.m.
1	Error	1	2,792	0,617	2,884	115,42	0,570	0,974	13:04:27	17/04/08	17/04/2008 01:09:55 p.m.
1	3	3	1,890	0,684	2,020	115,72	0,549	0,921	13:04:51	17/04/08	17/04/2008 01:09:55 p.m.
1	6	10	0,619	0,161	0,648	115,48	0,531	0,947	00:33:33	01/01/00	17/04/2008 01:09:55 p.m.
1	Error	1	2,805	0,619	2,897	115,90	0,572	1,000	13:16:27	17/04/08	17/04/2008 01:41:40 p.m.
1	3	3	1,902	0,688	2,033	115,98	0,548	0,923	13:16:50	17/04/08	17/04/2008 01:41:40 p.m.
1	6	10	0,631	0,164	0,660	116,01	0,530	0,947	00:45:33	01/01/00	17/04/2008 01:41:40 p.m.
1	3	3	1,912	0,692	2,044	115,11	0,546	0,945	13:26:50	17/04/08	17/04/2008 01:41:51 p.m.
1	6	10	0,641	0,167	0,670	115,30	0,530	0,972	00:55:33	01/01/00	17/04/2008 01:41:51 p.m.
1	Error	1	2,815	0,622	2,907	115,25	0,570	0,973	13:26:26	17/04/08	17/04/2008 01:41:51 p.m.
1	3	3	1,922	0,695	2,054	115,94	0,546	0,921	13:37:20	17/04/08	17/04/2008 01:42:02 p.m.
1	6	10	0,651	0,170	0,680	115,70	0,529	0,972	01:06:03	01/01/00	17/04/2008 01:42:02 p.m.
1	Error	1	2,826	0,624	2,918	115,88	0,571	0,948	13:36:56	17/04/08	17/04/2008 01:42:02 p.m.
1	Error	1	2,839	0,627	2,931	114,69	0,569	0,948	13:48:56	17/04/08	17/04/2008 02:13:49 p.m.
1	3	3	1,933	0,700	2,067	114,99	0,543	0,921	13:49:20	17/04/08	17/04/2008 02:13:49 p.m.
1	6	10	0,663	0,173	0,693	114,75	0,526	0,945	01:18:03	01/01/00	17/04/2008 02:13:49 p.m.
1	Error	1	2,849	0,629	2,942	114,96	0,568	0,973	13:58:56	17/04/08	17/04/2008 02:14:01 p.m.
1	3	3	1,943	0,703	2,077	114,60	0,543	0,947	13:59:20	17/04/08	17/04/2008 02:14:01 p.m.
1	6	10	0,672	0,175	0,703	114,78	0,527	0,945	01:28:03	01/01/00	17/04/2008 02:14:01 p.m.
1	6	10	0,682	0,178	0,713	115,38	0,528	0,972	01:38:03	01/01/00	17/04/2008 02:14:12 p.m.
1	Error	1	2,860	0,632	2,953	115,51	0,568	0,973	14:08:56	17/04/08	17/04/2008 02:14:12 p.m.
1	3	3	1,953	0,707	2,088	115,58	0,547	0,921	14:09:20	17/04/08	17/04/2008 02:14:12 p.m.
1	3	3	1,965	0,711	2,100	114,59	0,543	0,947	14:21:20	17/04/08	17/04/2008 02:46:02 p.m.
1	6	10	0,694	0,181	0,725	115,08	0,527	0,972	01:50:03	01/01/00	17/04/2008 02:46:02 p.m.

FIGURA VI.5 Archivo de Base de Datos Prueba 3

## Archivo de Texto de Datos

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda												
1	1	1	2,771	0,612	2,861	115,83	0,573	1,000	12:44:27	17/04/08	13:09:32	17/04/2008				
1	3	3	1,870	0,676	1,999	116,15	0,549	0,947	12:44:51	17/04/08	13:09:32	17/04/2008				
1	6	10	0,599	0,156	0,627	115,89	0,531	0,947	00:13:33	01/01/00	13:09:32	17/04/2008				
1	Error	1	2,782	0,614	2,873	116,12	0,572	0,974	12:54:27	17/04/08	13:09:43	17/04/2008				
1	3	3	1,880	0,680	2,010	115,75	0,549	0,948	12:54:51	17/04/08	13:09:43	17/04/2008				
1	6	10	0,609	0,159	0,637	115,94	0,532	0,947	00:23:33	01/01/00	13:09:43	17/04/2008				
1	Error	1	2,792	0,617	2,884	115,42	0,570	0,974	13:04:27	17/04/08	13:09:55	17/04/2008				
1	3	3	1,890	0,684	2,020	115,72	0,549	0,921	13:04:51	17/04/08	13:09:55	17/04/2008				
1	6	10	0,619	0,161	0,648	115,48	0,531	0,947	00:33:33	01/01/00	13:09:55	17/04/2008				
1	Error	1	2,805	0,619	2,897	115,90	0,572	1,000	13:16:27	17/04/08	13:41:40	17/04/2008				
1	3	3	1,902	0,688	2,033	115,98	0,548	0,923	13:16:50	17/04/08	13:41:40	17/04/2008				
1	6	10	0,631	0,164	0,660	116,01	0,530	0,947	00:45:33	01/01/00	13:41:40	17/04/2008				
1	Error	1	2,815	0,622	2,907	115,25	0,570	0,973	13:26:26	17/04/08	13:41:51	17/04/2008				
1	3	3	1,912	0,692	2,044	115,11	0,546	0,945	13:26:50	17/04/08	13:41:51	17/04/2008				
1	6	10	0,641	0,167	0,670	115,30	0,530	0,972	00:55:33	01/01/00	13:41:51	17/04/2008				
1	Error	1	2,826	0,624	2,918	115,88	0,571	0,948	13:36:56	17/04/08	13:42:02	17/04/2008				
1	3	3	1,922	0,695	2,054	115,94	0,546	0,921	13:37:20	17/04/08	13:42:02	17/04/2008				
1	6	10	0,651	0,170	0,680	115,70	0,529	0,972	01:06:03	01/01/00	13:42:02	17/04/2008				
1	Error	1	2,839	0,627	2,931	114,69	0,569	0,948	13:48:56	17/04/08	14:13:49	17/04/2008				
1	3	3	1,933	0,700	2,067	114,99	0,543	0,921	13:49:20	17/04/08	14:13:49	17/04/2008				
1	6	10	0,663	0,173	0,693	114,75	0,526	0,945	01:18:03	01/01/00	14:13:49	17/04/2008				
1	Error	1	2,849	0,629	2,942	114,96	0,568	0,973	13:58:56	17/04/08	14:14:01	17/04/2008				
1	3	3	1,943	0,703	2,077	114,60	0,543	0,947	13:59:20	17/04/08	14:14:01	17/04/2008				
1	6	10	0,672	0,175	0,703	114,78	0,527	0,945	01:28:03	01/01/00	14:14:01	17/04/2008				
1	Error	1	2,860	0,632	2,953	115,51	0,568	0,973	14:08:56	17/04/08	14:14:12	17/04/2008				
1	3	3	1,953	0,707	2,088	115,58	0,547	0,921	14:09:20	17/04/08	14:14:12	17/04/2008				
1	6	10	0,682	0,178	0,713	115,38	0,528	0,972	01:38:03	01/01/00	14:14:12	17/04/2008				
1	Error	1	2,872	0,635	2,966	114,96	0,566	0,948	14:20:56	17/04/08	14:46:02	17/04/2008				
1	3	3	1,965	0,711	2,100	114,59	0,543	0,947	14:21:20	17/04/08	14:46:02	17/04/2008				
1	6	10	0,694	0,181	0,725	115,08	0,527	0,972	01:50:03	01/01/00	14:46:02	17/04/2008				
1	Error	1	2,883	0,637	2,977	114,81	0,570	0,948	14:30:56	17/04/08	14:46:08	17/04/2008				
1	3	3	1,975	0,715	2,111	114,66	0,547	0,947	14:31:20	17/04/08	14:46:08	17/04/2008				
1	6	10	0,704	0,184	0,736	115,14	0,530	0,945	02:00:03	01/01/00	14:46:08	17/04/2008				
1	Error	1	2,905	0,642	3,000	114,28	0,565	1,000	14:52:56	17/04/08	15:18:02	17/04/2008				
1	3	3	1,996	0,722	2,134	113,92	0,542	0,921	14:53:20	17/04/08	15:18:02	17/04/2008				
1	6	10	0,725	0,190	0,758	114,61	0,525	0,972	02:22:02	01/01/00	15:18:02	17/04/2008				
1	Error	1	2,916	0,645	3,011	114,67	0,571	0,973	15:02:56	17/04/08	15:18:14	17/04/2008				
1	3	3	2,006	0,726	2,144	114,98	0,545	0,947	15:03:20	17/04/08	15:18:14	17/04/2008				
1	6	10	0,735	0,192	0,768	114,79	0,529	0,945	02:32:02	01/01/00	15:18:14	17/04/2008				
1	Error	1	2,926	0,647	3,022	114,17	0,566	0,973	15:13:26	17/04/08	15:18:25	17/04/2008				

FIGURA VI.6 Archivo de Texto de Datos Prueba 3

En los Anexos VII, se muestran las gráficas de tensión, corriente, energía activa, energía reactiva, energía aparente y factor de potencia para comprobar la recolección de los datos para cada contador.

## ANEXO VII

### PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DE LOS DATOS RECOLECTADOS

- Prueba para contador de energía serial 3, 1 minuto para la recolección, 5 minutos para la transmisión

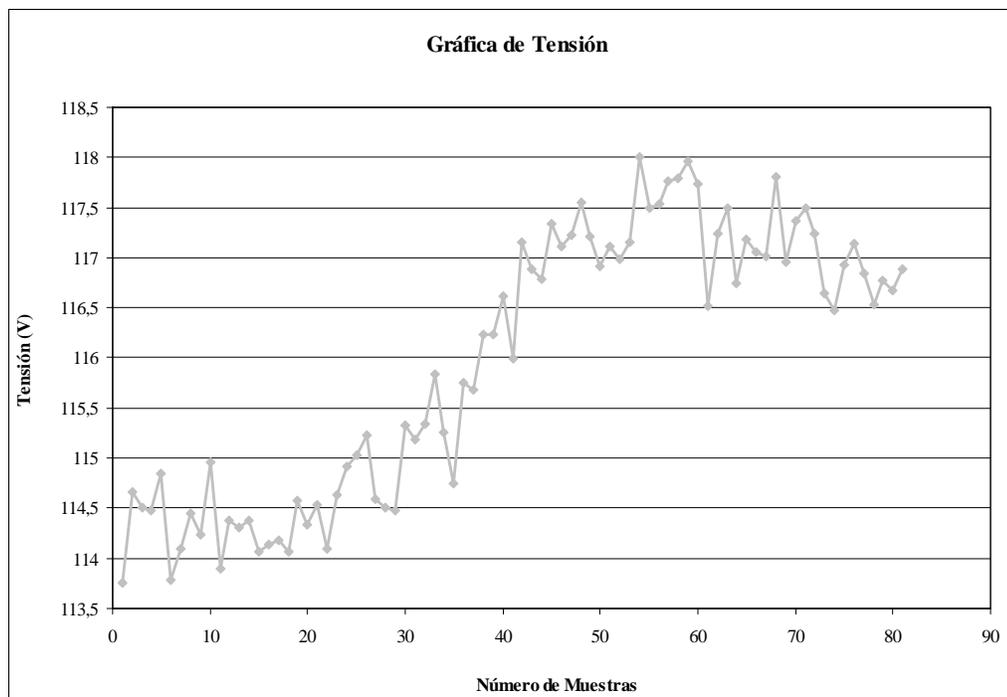


FIGURA VII.1 Gráfica de Tensión Prueba 1

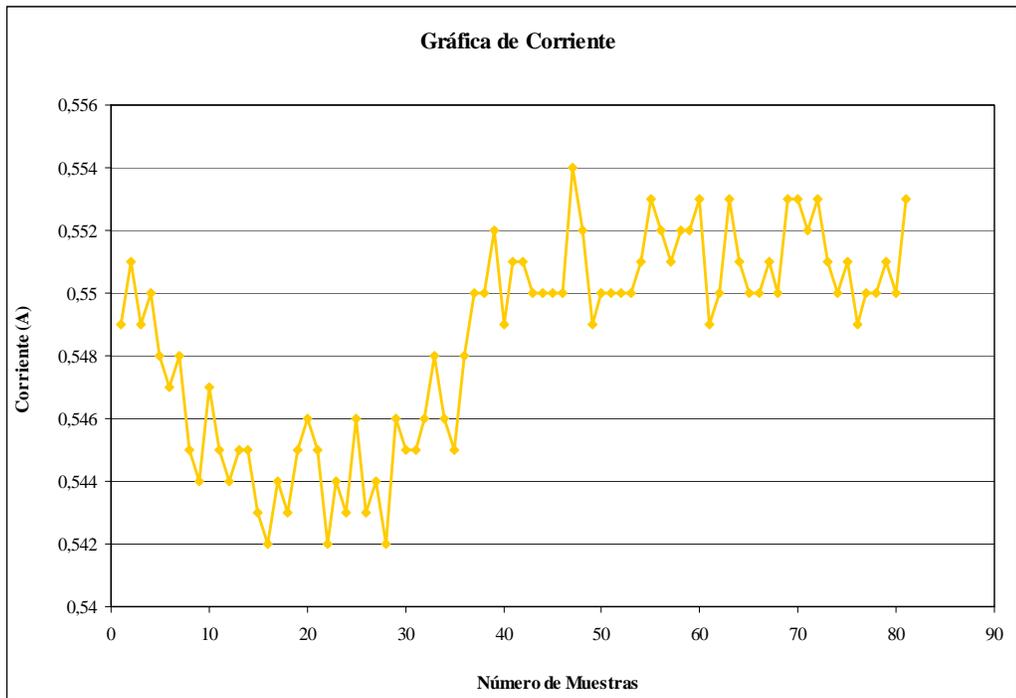


FIGURA VII.2 Gráfica de Corriente Prueba 1

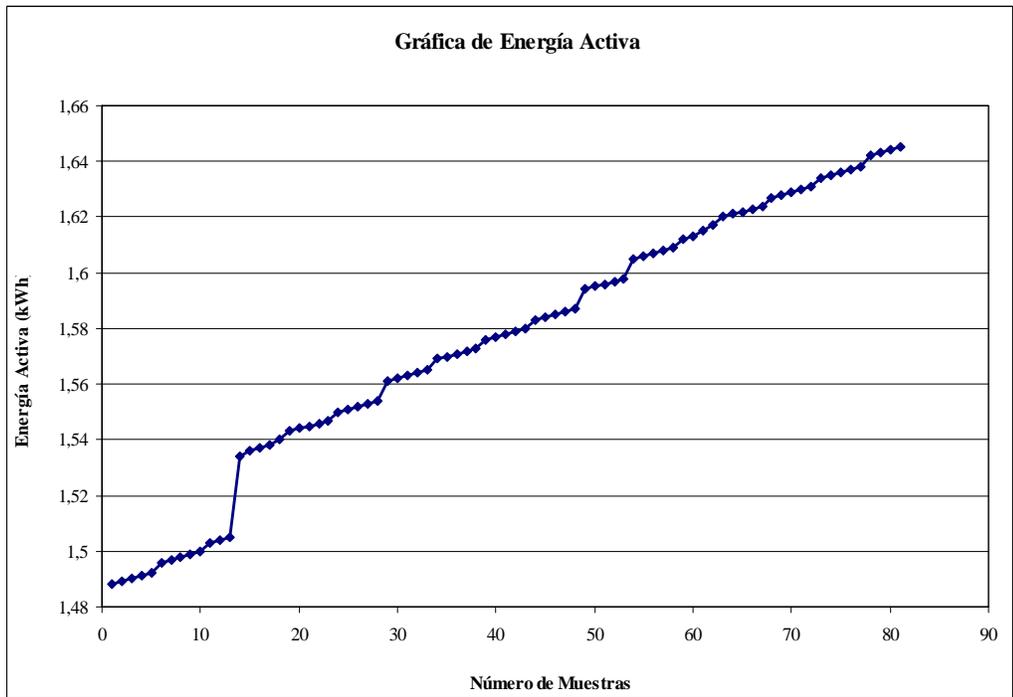


FIGURA VII.3 Gráfica de Energía Activa Prueba 1

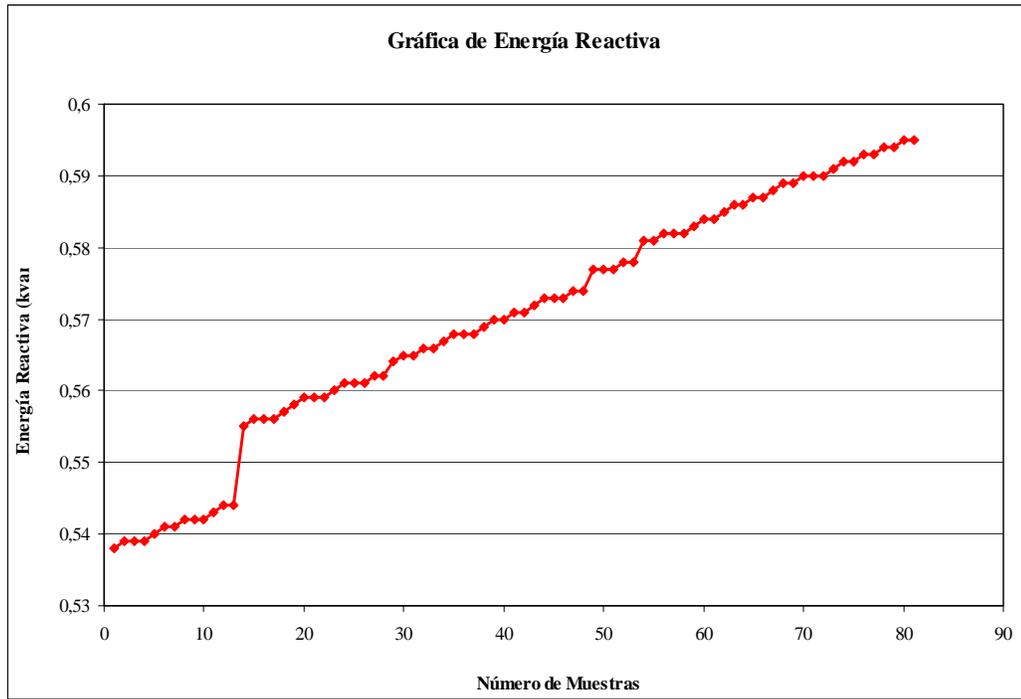


FIGURA VII.4 Gráfica de Energía Reactiva Prueba 1

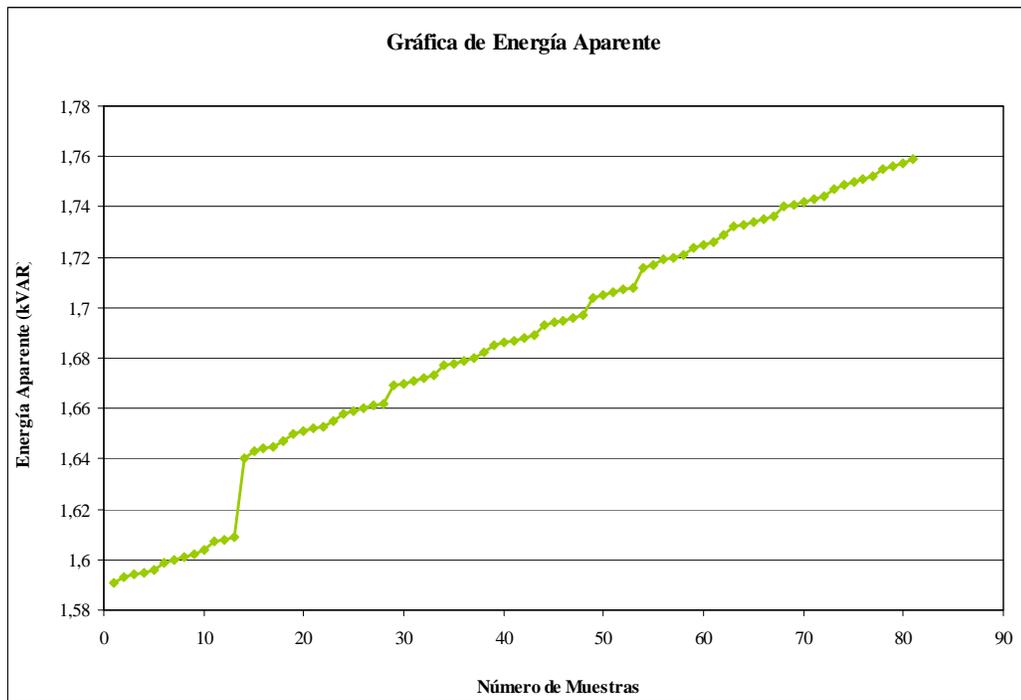


FIGURA VII.5 Gráfica de Energía Aparente Prueba 1

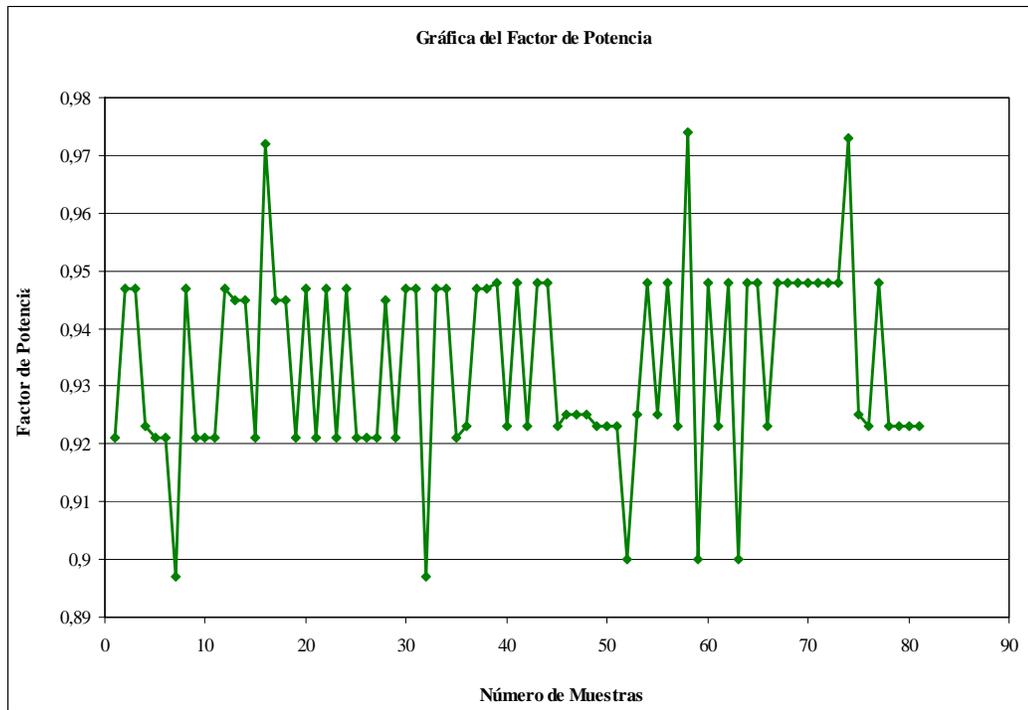


FIGURA VII.6 Gráfica del Factor de Potencia Prueba 1

- Prueba para contador de energía serial 10, 1 minuto para la recolección, 10 minutos para la transmisión

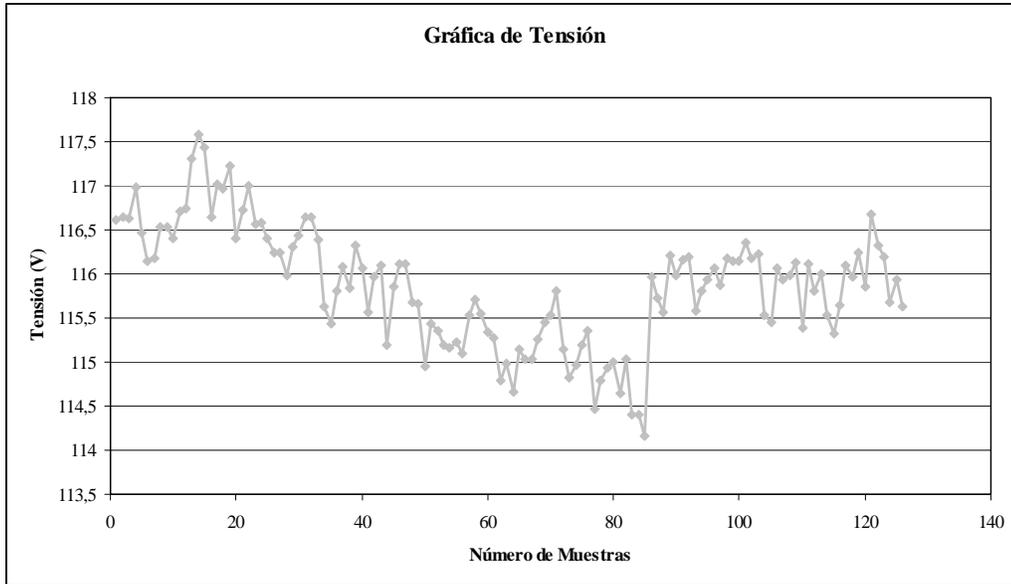


FIGURA VII.7 Gráfica de Tensión Prueba 2

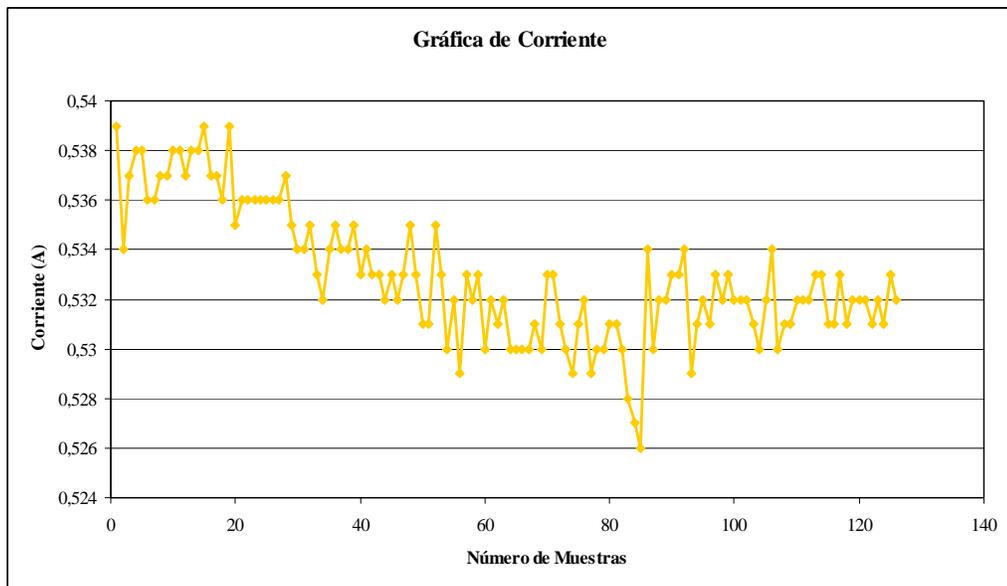


FIGURA VII.8 Gráfica de Corriente Prueba 2

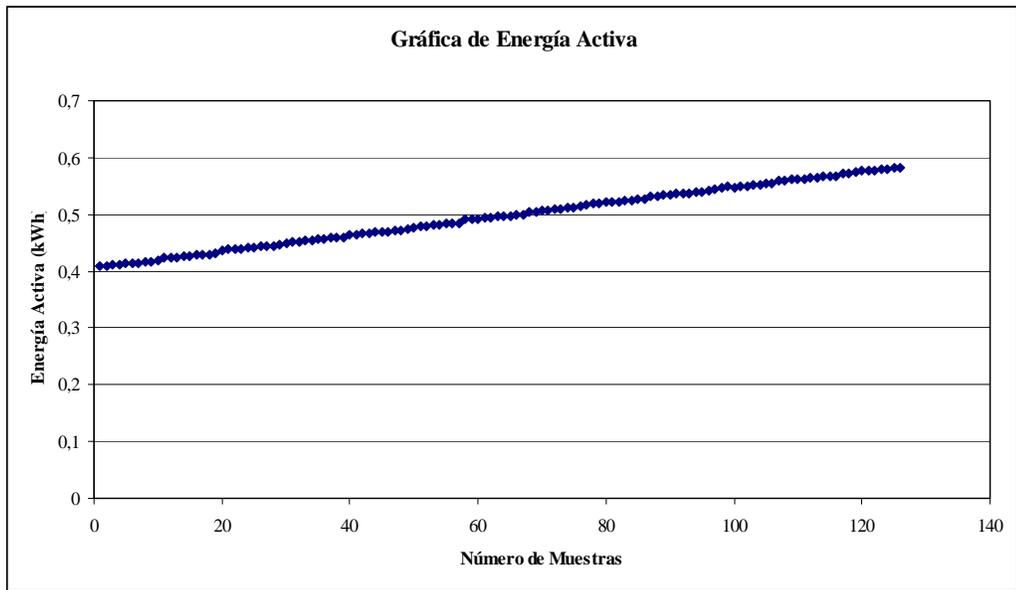


FIGURA VII.9 Gráfica de Energía Activa Prueba 2

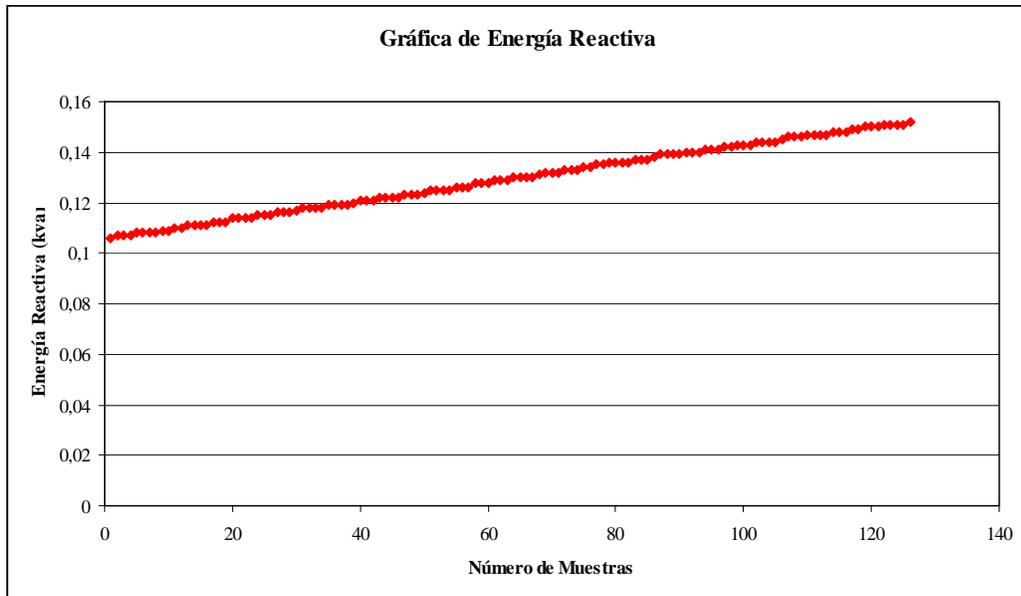


FIGURA VII.10 Gráfica de Energía Reactiva Prueba 2

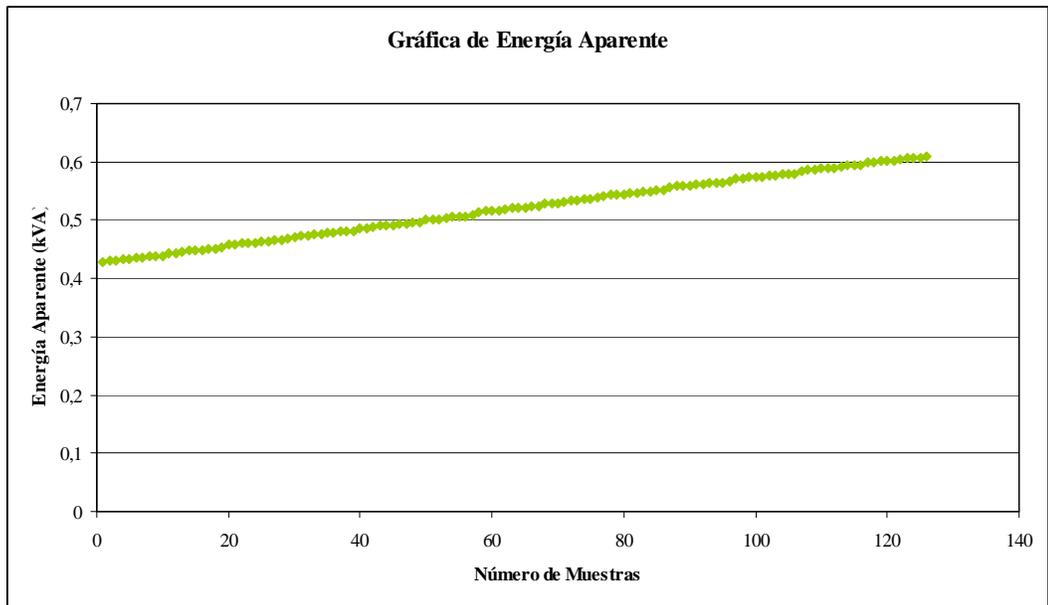


FIGURA VII.11 Gráfica de Energía Aparente Prueba 2

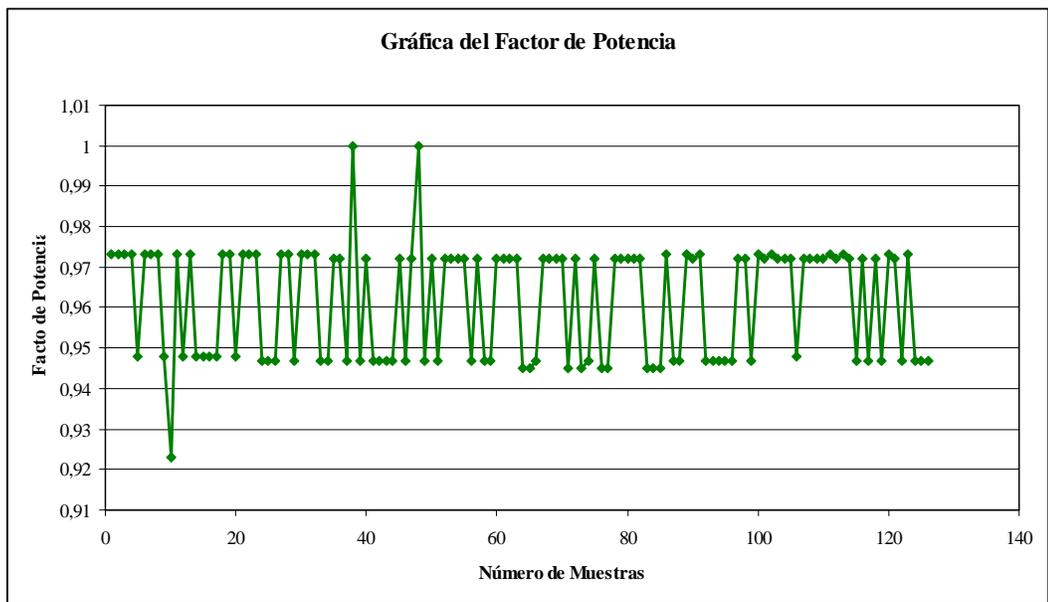


FIGURA VII.12 Gráfica del Factor de Potencia Prueba 2

- Prueba para contador de energía serial 1, 10 minutos para la recolección, 30 minutos para la transmisión.

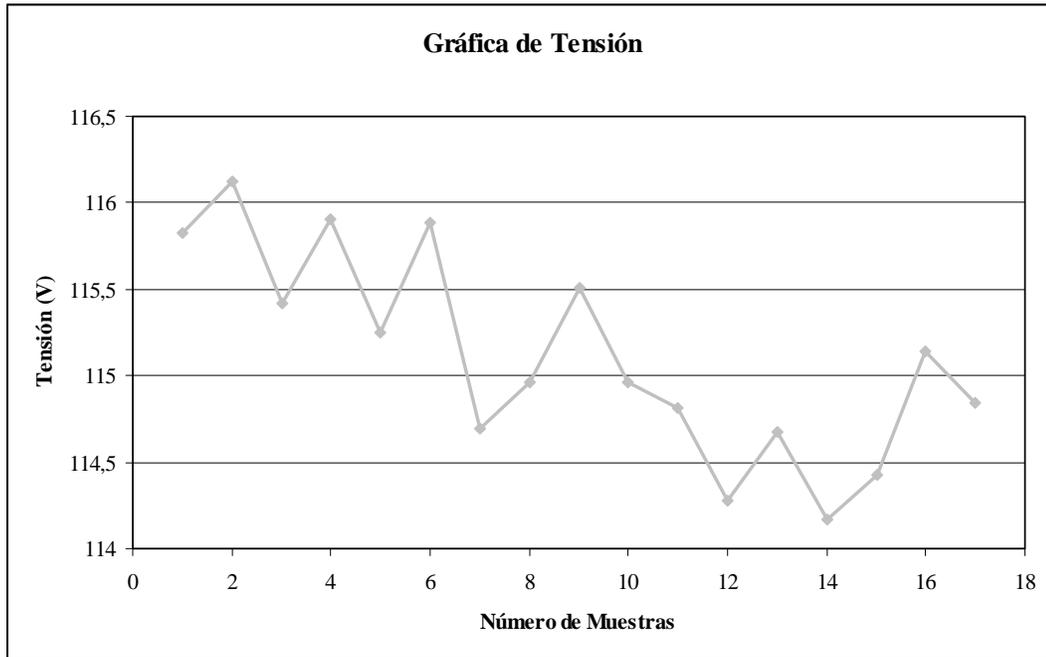


FIGURA VII.13 Gráfica de Tensión Prueba 3

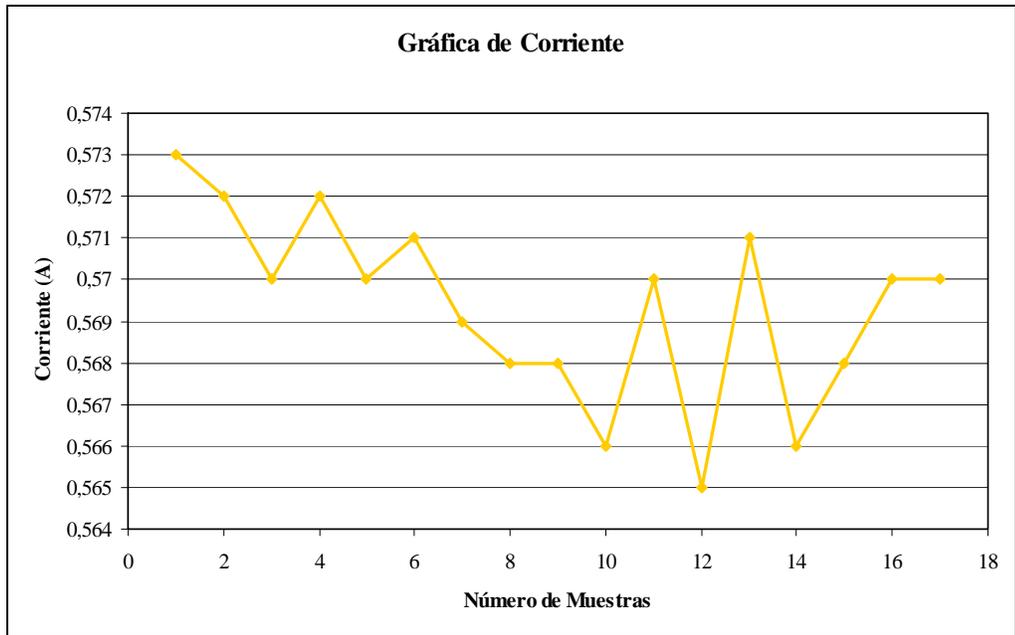


FIGURA VII.14 Gráfica de Corriente Prueba 3

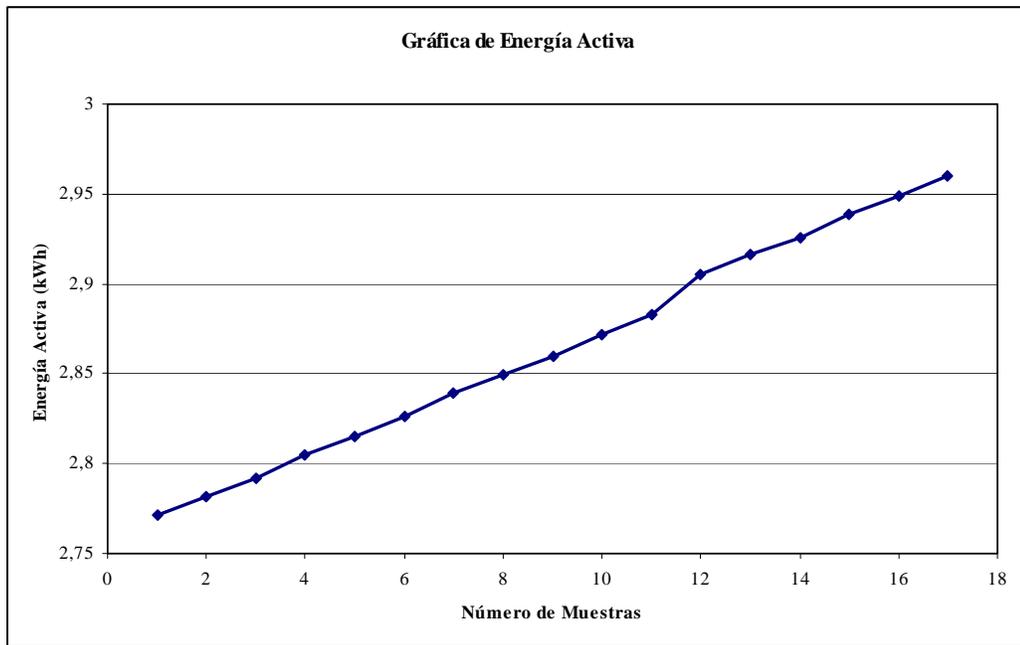


FIGURA VII.15 Gráfica de Energía Activa Prueba 3

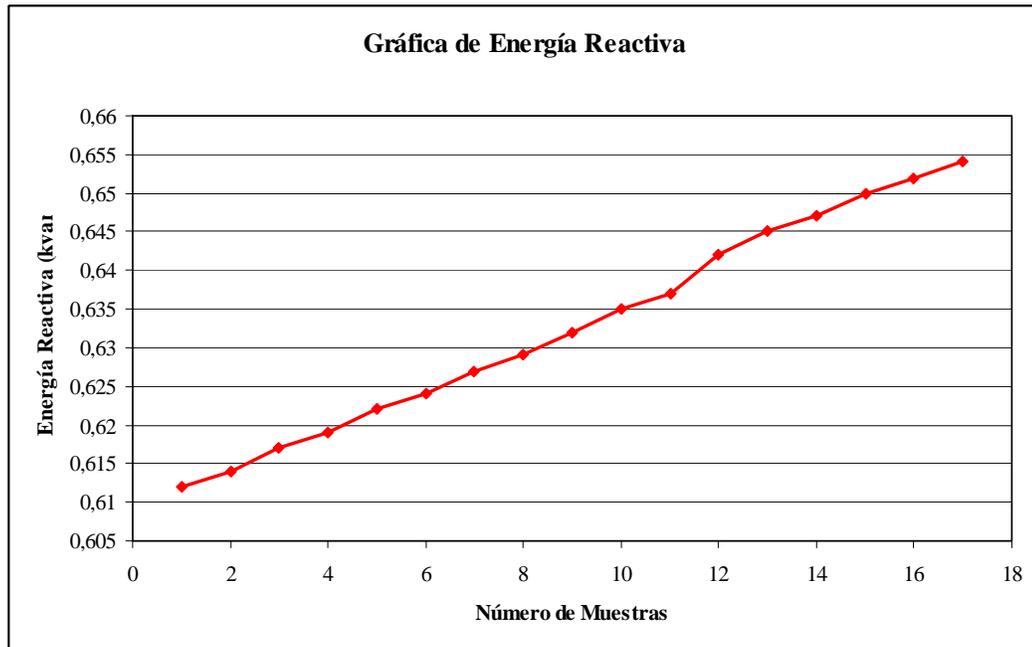


FIGURA VII.16 Gráfica de Energía Reactiva Prueba 3

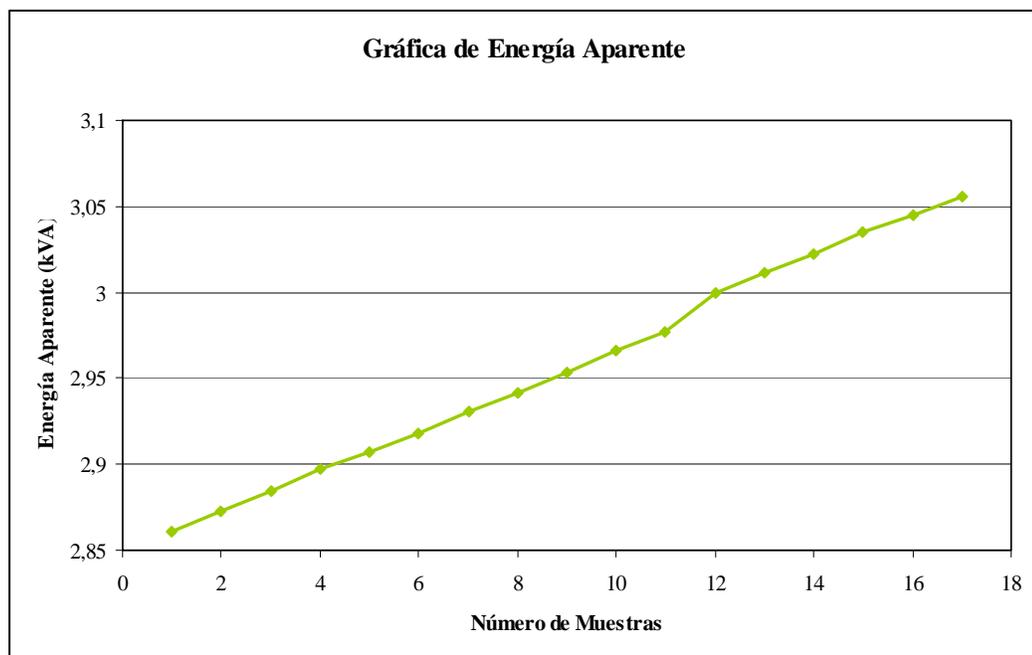


FIGURA VII.17 Gráfica de Energía Aparente Prueba 3

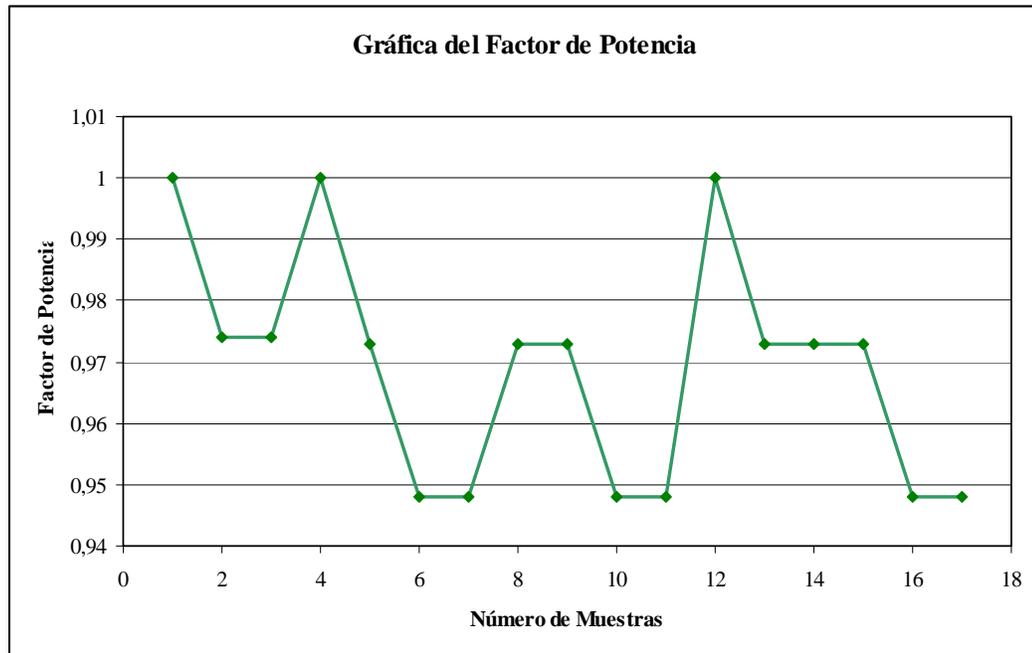


FIGURA VII.18 Gráfica del Factor de Potencia Prueba 3

## ANEXO VIII

### DIAGRAMAS AUXILIARES DE LA TARJETA DEL CONCENTRADOR

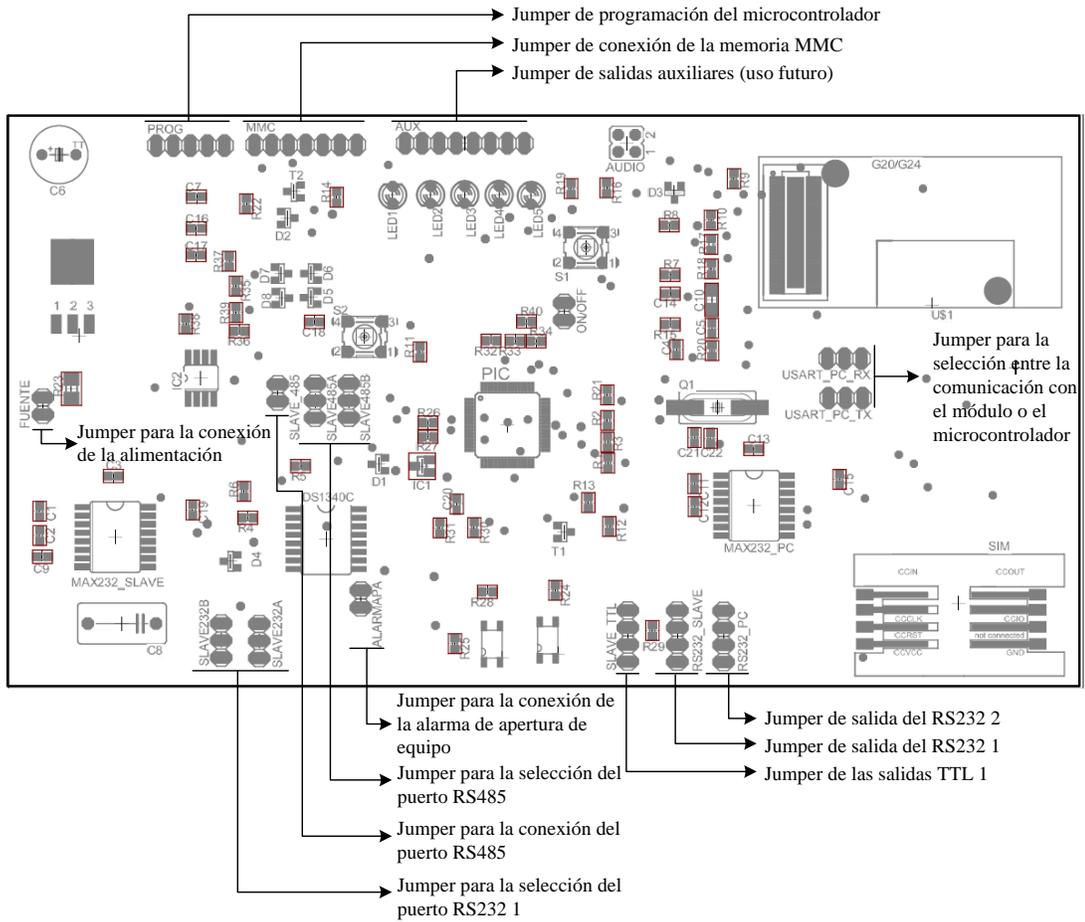


FIGURA IX.1 Conexiones externas de la tarjeta



## ANEXO IX

### COSTOS APROXIMADOS DE FABRICACIÓN DEL EQUIPO CONCENTRADOR DE DATOS

El estimado de costos del equipo concentrador de datos se presenta a continuación, los montos están colocados en dólares y en Bs.F, y en base a una cantidad mayor de 1000 piezas y componentes comprados en el exterior.

TABLA IX.1 Costos aproximados de fabricación

Descripción	Observaciones	Cantidad	Costo (\$)	Costo Bs.F
Tarjeta Principal	Incluye microcontrolador, RTC, sensores de alarmas, dispositivos de comunicación y acondicionamiento del modulo	1	20	43
Tarjeta Fuente	Incluye el acondicionamiento de la fuente de 5V, 1A	1	15	32,25
Modulo GSM Motorola	Modulo G24 de Motorola	1	70	150,5
Circuitos Impresos	Circuito impreso de la tarjeta principal, circuito impreso de la tarjeta de fuente	2	10	21,5
Caja de protección	-	1	10	21,5
Total Estimado			125	268,75