



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons  
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**Facultad de Ciencias e Ingeniería**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE  
PARÁMETROS FÍSICOS Y ELÉCTRICOS DE GRUPOS ELECTRÓGENOS**

***Tesis para optar el título de Ingeniero Electrónico***

Presentado por:  
Franco Mario Rabines Lara  
20010213

**Lima - PERÚ  
2006**

# Resumen

Las necesidades de comunicación de las empresas han llegado al punto en el que se necesita saber de manera concreta el estado y funcionamiento de los equipos, vehículos o maquinarias que integran la flota de activos que posee la empresa. Esta necesidad junto con la viabilidad y disponibilidad de los servicios de comunicación a distancia se unen para crear una solución a las necesidades de monitoreo de equipos o maquinarias a distancia.

El tema del estudio se enfoca en el monitoreo de las señales eléctricas como lo son la potencia, el voltaje y la corriente así como los parámetros físicos de temperatura, presión de aceite entre otros, por medio de microcontroladores y circuitos integrados de bajo costo. Se ha planteado una solución con dos módulos del tipo Maestro-Esclavo. El módulo esclavo va conectado directamente al grupo electrógeno, mientras que el módulo maestro se encuentra en un tablero remoto conectado al módulo esclavo por medio de un bus RS-485. El sistema permite acceder a esta información en forma de reporte histórico en una computadora remota o en vivo en el mismo panel de mando donde se encuentra el grupo electrógeno por medio de un visualizador local.

El objetivo del estudio es el de poseer un sistema de monitoreo local y de alerta temprana ante fallas del grupo electrógeno teniendo un registro del funcionamiento histórico del grupo para poder realizar un mantenimiento preventivo basándose en la información de dichos registros.

## TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Título : Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo de Parámetros Físicos y Eléctricos de Grupos Electrónicos  
Área : Electricidad \* 386  
Asesor : Ing. Ricardo Tantas Oblitas  
Alumno : Franco Mario Rabines Lara  
Código : 20010213  
Fecha : 13 de Noviembre del 2006

### Descripción y Objetivos

Las necesidades de comunicación de las empresas han llegado al punto en el que se necesita saber de manera concreta el estado y funcionamiento de los equipos, vehículos o maquinarias que integran la flota de activos que posee la empresa. Esta necesidad junto con la viabilidad y disponibilidad de los servicios de comunicación a distancia se unen para crear una solución a las necesidades de monitoreo de equipos o maquinarias a distancia.

El tema del estudio se enfoca en el monitoreo de las señales eléctricas como lo son la potencia el voltaje y la corriente así como los parámetros físicos de temperatura, presión de aceite entre otros, por medio de microcontroladores y circuitos integrados de bajo costo. El sistema permite acceder a esta información en forma de reporte histórico en una computadora remota o en vivo en el mismo panel de mando donde se encuentra el grupo electrógeno por medio de un visualizador local.

El objetivo del estudio es el de poseer un sistema de monitoreo local y de alerta temprana ante fallas del grupo electrógeno teniendo un registro del funcionamiento histórico del grupo para poder realizar un mantenimiento preventivo basándose en la información de dichos registros.

MAXIMO 100 PÁGINAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU  
SECCION ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA

  
Ing. ANDRES FLORES ESPINOZA  
Coordinador de la Especialidad de Ingeniería Electrónica



14. 11. 06

## TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Título : Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo de Parámetros Físicos y Eléctricos de Grupos Electrónicos

### Índice

1. Tecnología Operativa Actual y la Problemática de su Uso en el Perú
2. Sistema de Monitoreo de Equipos a Distancia
3. Diseño y Desarrollo de la Arquitectura del Sistema
4. Implementación y Pruebas

Conclusiones

Referencias

Anexos



14.11.06

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU  
SECCION ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA



Ing. ANDRES FLORES ESPINOZA  
Coordinador de la Especialidad de Ingeniería Electrónica

# Contenido

## **CAPITULO 1: TECNOLOGIA OPERATIVA ACTUAL Y LA PROBLEMÁTICA DE SU USO EN EL PERÚ.**

- 1.1 Uso de los Grupos Electrógenos
- 1.2 Sistemas Actuales de Baja Tecnología.
- 1.3 Problemática de los Sistemas Actuales Usados en el Perú.
- 1.4 La Necesidad de Monitoreo de los Grupos Electrógenos en el Perú.
- 1.5 Variables Externas

## **CAPITULO 2: SISTEMA DE MONITOREO DE EQUIPOS A DISTANCIA**

- 2.1 Estado del Arte.
  - 2.1.1 Presentación del Asunto en Estudio
  - 2.1.2 Algunas Empresas con soluciones en el Rubro
  - 2.1.3 Métodos de Acceso Inalámbrico a la Red
  - 2.1.4 Métodos de Acceso Alámbrico a la Red
  - 2.1.5 Características Necesarias de un Sistema de Monitoreo de Equipos
- 2.2 Conceptos y Definiciones
- 2.3 Definiciones Operativas
- 2.4 Modelo Teórico de un Sistema de Monitoreo a Distancia de Grupos Electrógenos.

## CAPITULO 3: DISEÑO Y DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA

### 3.1 Módulo Esclavo

#### 3.1.1 Subsistema de Adquisición de datos

##### 3.1.1.1 Sensores y Transductores

##### 3.1.1.2 Técnicas de Medición

###### 3.1.1.2.1 Medición de Voltaje

###### 3.1.1.2.2 Medición de Corriente

###### 3.1.1.2.3 Medición de Potencia y Energía

###### 3.1.1.2.4 Medición de Frecuencia

###### 3.1.1.2.5 Medición de Temperatura y Presión

###### 3.1.1.2.6 Obtención de Parámetros no Medidos

#### 3.1.2 Subsistema de Procesamiento digital de datos

##### 3.1.2.1 El ADE7758

##### 3.1.2.2 Microcontrolador encargado del procesamiento de datos

##### 3.1.2.3 Microcontrolador encargado de las comunicaciones e interfaz con el usuario

#### 3.1.3 Subsistema de Comunicaciones e Interfases del Módulo Esclavo

##### 3.1.3.1 El MAX232

##### 3.1.3.2 El MAX485

##### 3.1.3.3 Comunicación serial del dispositivo ADE7758

##### 3.1.3.4 Teclado Matricial

##### 3.1.3.5 Visualizador de Cristal Líquido

#### 3.1.4 Software de Gobierno del Módulo Esclavo

### 3.2 Módulo Maestro

#### 3.2.1 Módulo de Almacenamiento de Datos

#### 3.2.2 Microcontrolador Maestro

#### 3.2.3 Módulo de Comunicaciones y Acceso Punto a Punto al Usuario

#### Final

#### 3.2.4 Software de Gobierno del Módulo Maestro

## CAPITULO 4: IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

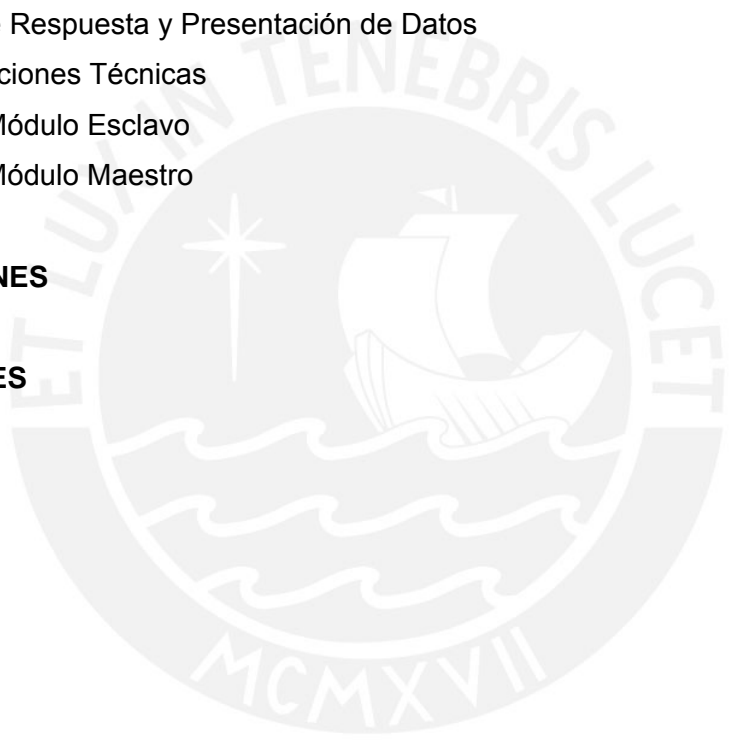
- 4.1 Implementación del Módulo Esclavo
  - 4.1.1 Implementación del Subsistema de Procesamiento de Datos
  - 4.1.2 Implementación del Subsistema de Adquisición de Datos
  - 4.1.3 Implementación de la Tarjeta de Alimentación
- 4.2 Implementación del Módulo Maestro
- 4.3 Calibración de Parámetros
- 4.4 Instalación del Sistema
- 4.5 Pruebas y análisis de Resultados
- 4.6 Tiempo de Respuesta y Presentación de Datos
- 4.7 Especificaciones Técnicas
  - 4.7.1 Módulo Esclavo
  - 4.7.2 Módulo Maestro

**OBSERVACIONES**

**CONCLUSIONES**

**FUENTES**

**ANEXOS**





# Introducción

El presente documento presenta la problemática, la teoría y la tecnología necesaria para el desarrollo de la tesis planteada, la cual pretende brindar una solución a las necesidades de comunicación y manejo de información en lo que concierne a los grupos electrógenos. Esta solución se pretende dar con el diseño de un sistema de monitoreo a distancia de grupos electrógenos, el cual se piensa implementar en algunos de los grupos electrógenos que posee la empresa Crosland Técnica S.A. quien tiene la gentileza de apoyar material y financieramente a esta investigación.

La presente tesis plantea las tecnologías con las cuales se puede implementar una solución al asunto de estudio, pero es motivo de la investigación decidir cuál es la óptima en términos de precios y confiabilidad.

Se espera que la tesis pueda servir de base para futuras ampliaciones y modificaciones las cuales le permitan ser implementada en otros equipos diferentes a los grupos electrógenos, pues la necesidad de monitoreo e información es vital para un aumento de eficiencia en los procesos productivos.

# Capítulo 1

## Tecnología Operativa Actual y La Problemática de su uso en el Perú

### 1.1 Uso de los Grupos Electrógenos

Como es de nuestro conocimiento, los grupos electrógenos son máquinas capaces de transformar energía química, como lo es la gasolina, el petróleo o el gas, en energía eléctrica. Esto lo realizan por medio de motores de combustión interna o externa (mini turbinas) que transforman la energía química en térmica y luego en mecánica que a su vez es transformada en energía eléctrica por medio de los generadores acoplados al eje del motor. En sí mismos, los grupos electrógenos son considerados generadores de energía eléctrica que son necesarios para el suministro de dicha energía en zonas que no existe red eléctrica comercial, como equipo de emergencia en caso de corte de servicio y para el manejo de la demanda.

Al poder generar energía eléctrica desde un emplazamiento “pequeño” y portátil los grupos electrógenos en muchos casos resultan la única opción para abastecer de energía a zonas que es imposible o muy difícil que llegue la red comercial. Ejemplos de esto son las minas y los barcos. En estos casos se utilizan grupos de gran potencia o una serie de grupos de media potencia más pequeños conectados en paralelo para cubrir la demanda de energía. En el caso de los barcos existen algunos de última tecnología que utilizan los generadores para abastecer de energía no solo a las cubiertas, grúas, bombas y maniobras en general, sino también a los motores eléctricos que propulsan a la nave. Las minas los utilizan debido a que en algunos casos resulta muy caro implementar una extensión de la red comercial hasta la zona de la mina,

ubicada muchas veces a alturas superiores a los 5000 msnm.

Otro uso amplio de los grupos electrógenos es como equipo de emergencia en el caso de cortes del servicio comercial. En estos casos se utilizan grupos de potencias menores de acuerdo a las dimensiones del local y se instalan en los sótanos de los edificios o en casetas en el interior del complejo.

Debido a que la demanda de energía varía durante el día, es necesario poder acomodar el suministro de energía para que cumpla con la demanda en el momento determinado. Esto quiere decir que no se debe de ofrecer demasiada energía cuando no se consume mucha y no tener deficiencia en el suministro cuando la demanda de la misma sea alta. Para esto, durante las horas punta, las centrales térmicas cubren el exceso de demanda de energía utilizando grupos electrógenos. Es por esto que durante estas horas el precio del Kwh es mayor.

Sabemos también que el cobro que realizan las empresas distribuidoras de energía comercial la realizan por máxima demanda en horas punta y en horas fuera de punta, las cuales reúnen la mayor de las potencias consumidas en estas horas durante los últimos 6 meses. Es por eso que muchas empresas optan por utilizar grupos electrógenos para alimentar las máquina del proceso de producción que consume más potencia que el resto y evitarse así arrastrar el cobro de la potencia consumida por los siguientes 6 meses.

En conclusión son muchos los usos que podemos darle a los grupos electrógenos pues vienen en un rango muy amplio de potencias y tamaños que se ajustan a nuestras necesidades de demanda de energía. Es por esto que resulta vital un mantenimiento adecuado para garantizar su correcto funcionamiento en toda clase de condiciones de trabajo.

## 1.2 Sistemas Actuales de Baja Tecnología

En el Perú en la actualidad se utilizan en gran parte paneles de mando analógicos para el monitoreo y control de los grupos electrógenos. Estos paneles solamente permiten que se realicen las acciones de control desde el lugar en el que se encuentra el grupo

por medio de un operario que se encuentra en el sitio. Estos paneles en su mayoría presentan las siguientes partes:

- **Instrumentos de Medición:** Voltímetros, amperímetros, tacómetros, frecuencímetros, contadores de horas de uso, medidor de presión de aceite, voltímetro de batería, termómetro, etc.
- **Instrumentos de Control:** Interruptor on/off/auto, botón de parada de emergencia, botón de precalentador del motor, botón probador de lámparas, etc.
- **Lámparas de Advertencia:** Fallo de encendido, temperatura alta de refrigerante, presión baja de aceite, sobre velocidad, etc.

Todas estas funciones son realizadas de manera analógica tanto eléctrica como visualmente. Estos paneles son posicionados en la parte delantera o a un costado del grupo.

Este tipo de sistema es ampliamente usado en el Perú a pesar de que existen nuevas tecnologías en el rubro y empresas peruanas que brindan el servicio., pues son de menor precio y además la mayoría de técnicos son electricistas y mecánicos que están entrenados a usarlos y se aferran a esta tecnología mirando con recelo a la nueva era de la tecnología digital encontrándola muy confusa y en un idioma que muchos de los técnicos peruanos no dominan...el Inglés.

### 1.3 Problemática de los Sistemas Actuales usados en el Perú

A pesar de que los paneles analógicos sean dispositivos muy bien diseñados y trabajen bien durante largos periodos de tiempo, éstos no permiten o hacen muy difícil el monitoreo de los grupos a distancia, el manejo de varios grupos a la vez en un solo panel, o tener un historial de funcionamiento del grupo.

El monitoreo de los grupos con los paneles analógicos se tiene que hacer in sitio por medio de un técnico que revise panel por panel para observar que todo esté funcionando correctamente y dentro de los niveles establecidos.

Cada grupo posee un panel para sí mismo y resulta difícil unir todos los grupos para poder observarlos desde un solo panel de control instalado en un sitio alejado de los grupos, eso involucraría una cantidad grande de cables de señales que irían desde los grupos al panel general, haciendo el proceso muy enredado.

Las lecturas ofrecidas por los instrumentos son instantáneas, es decir solo se presentan durante el momento del suceso y no se almacenan ni se guarda un registro de ellas, por lo cual no se puede observar de nuevo una lectura que ya ha ocurrido ni se pueden ver las condiciones bajo las cuales ha estado funcionamiento el grupo.

Otro contratiempo que sufren estos paneles es la descalibración de los instrumentos, ya sea por el deterioro de sus componentes o por efectos de la temperatura y la corrosión. Es normal que los técnicos que revisan los módulos creen ciegamente la lectura de los medidores y no se cuestionen si están bien calibrados o no, pudiendo llevar al grupo a niveles peligrosos de trabajo.

Los paneles al solo dar lecturas instantáneas no pueden procesar la información mientras esta ocurre y solo muestran una falla con una lámpara o una sirena una vez que ésta ya ocurrió resultándoles imposible anticiparse a las mismas.

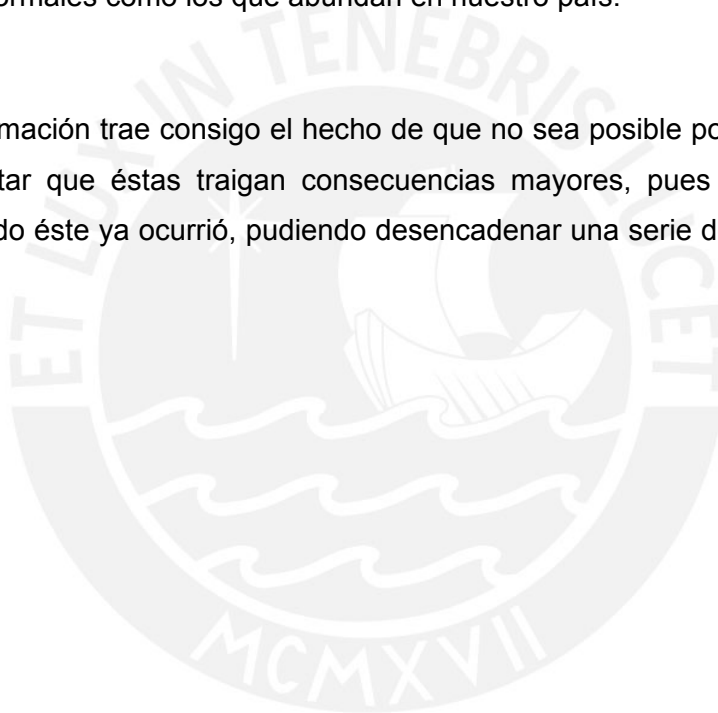
## 1.4 La Necesidad de Monitoreo de los Grupos Electrónicos en el Perú

Los grupos electrónicos se encuentran sometidos a duras condiciones de trabajo y mal mantenimiento, las cuales aumentan la probabilidad de fallas en cualquiera de las numerosas partes del sistema. Además, al sobre exigir algunas de las características del grupo, como puede ser la potencia máxima o la corriente nominal, se aumentan las posibilidades de que en un futuro ocurra una falla en el bobinado del generador o en alguna de las partes del motor. Estas fallas se manifiestan como un comportamiento irregular en el funcionamiento de los parámetros tanto eléctrico como mecánico del grupo, por estos motivos, surge la necesidad de crear un sistema que permita acceder a dichos parámetros, para poseer no solo una respuesta rápida y eficiente en el caso que se presente una falla, sino que nos permita ver las condiciones a las cuales está

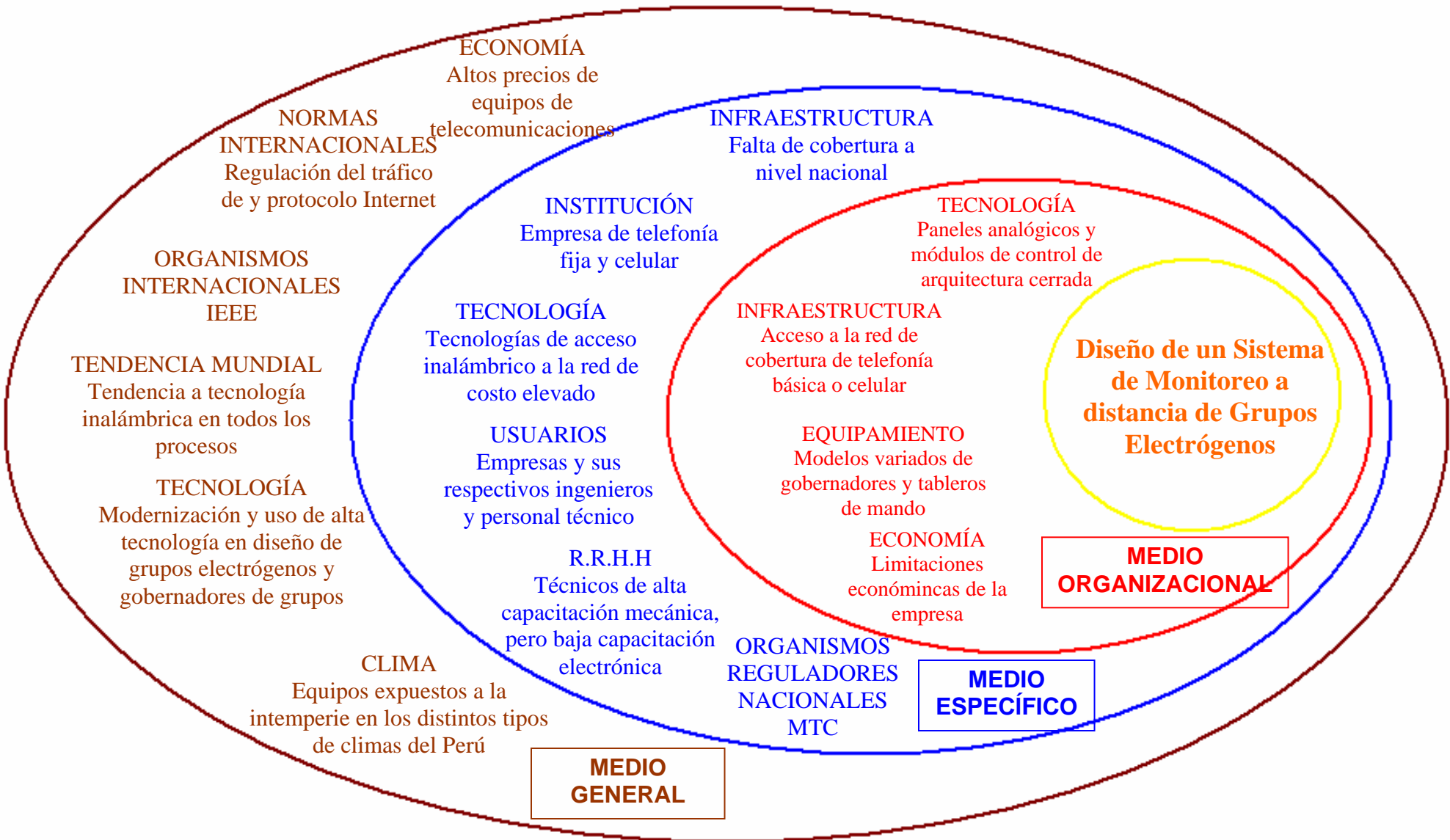
operando dicho grupo electrógeno y así darle el correcto mantenimiento cuando llegue el caso. Es necesario que esta información pueda ser accedida a su debido momento por la empresa responsable del mantenimiento del grupo electrógeno.

Un correcto funcionamiento de un grupo electrógeno en todo momento es el resultado de un correcto mantenimiento y una respuesta rápida ante cualquier eventualidad. Sin embargo la falta de comunicación y la informalidad está comprometiendo la eficiencia de dicho mantenimiento, pues no se tiene registro de las condiciones de trabajo del grupo electrógeno ni de si la empresa que realiza el mantenimiento es la calificada o son técnicos informales como los que abundan en nuestro país.

La falta de información trae consigo el hecho de que no sea posible poder anticiparse a las fallas o evitar que éstas traigan consecuencias mayores, pues un problema es detectado cuando éste ya ocurrió, pudiendo desencadenar una serie de eventos mucho peores.



## 1.5 Variables Externas



# Capítulo 2

## Sistema de Monitoreo de Equipos a Distancia

### 2.1 Marco Teórico

#### 2.1.1 Presentación del Asunto en estudio

Como ya es de conocimiento en nuestra época, una de las más grandes necesidades de las personas es el de la comunicación. La tecnología existente en estos días puede satisfacer las necesidades tanto de pequeñas y grandes empresas así como la de profesionales, estudiantes y familias. Ésta nos ofrece acceso a múltiples servicios como lo son: la telefonía celular y el Internet. Las necesidades de comunicación de las empresas han llegado al punto en el que se necesita saber de manera concreta el estado y funcionamiento de los equipos, vehículos o maquinarias que integran la flota de activos que posee la empresa. Esta necesidad junto con la viabilidad y disponibilidad de la Internet se juntan para crear una solución a las necesidades de monitoreo de equipos o maquinarias a distancia en tiempo real.

Esta tesis plantea métodos de solución para lograr un monitoreo de variables medidas en los distintos equipos que poseen las empresas, como lo son las maquinarias y vehículos, utilizando tecnologías de acceso a redes de telefonía o tecnologías de comunicación inalámbricas GSM, CDMA u otras. De manera específica, el estudio se centrará aplicado a los grupos electrógenos que posee la empresa Crosland Técnica S.A. en su flota de alquiler, monitoreando sus parámetros y comunicándolos a una



central vía Internet. La comunicación se dará utilizando la red telefónica o sistemas de comunicación inalámbricas de bajo costo.

### 2.1.2 Algunas Empresas con soluciones en el Rubro

La intercomunicación de equipos con una central a este nivel es un servicio proporcionada por varias empresas, entre ellas tenemos a la empresa ComAp, la cual es especializada en automatización de generadores y soluciones de comunicaciones. Sus módulos, como el IntelliLite® AMF 20 y el IntelliLite® AMF 25, tienen los siguientes aspectos:

- Entradas y salidas tanto analógicas como digitales, las cuales de permiten monitorear los diversos aspectos del motor y del generador, para así poder tomar acciones de control.
- Estos módulos pueden ser conectados a una PC por medio de un cable serial RS232 o por medio de un módem dependiendo del modelo del módulo.
- Encendido y apagado manual y automático, panel digital con display LCD gráfico, auto sincronización con la red eléctrica comercial o con otros grupos electrógenos. Reparto de carga en forma automática. Parámetros completamente programables vía PC.

El servicio que esta tesis plantea proporcionar es brindado en cierta manera por la empresa Sudamericana NETVMI, la cual tiene como enfoque a la reposición de productos. Según esta empresa: “Concepto de VMI (Vendor Managed Inventory - Reposición Automática de Producto) VMI es una solución automatizada de información de inventarios (líquidos, gaseosos o a granel ) para clientes, que permite que el proveedor envíe productos conforme a la conveniencia o demanda de producción, lo que se llama "Reposición Automática de Producto"...”

- “El sistema NetVMI consiste en la recolección de datos de inventarios a distancia a través de equipos de telemetría (medidores y comunicadores) que son instalados en el local (en tanques, silos o depósitos).
- Los datos son recibidos por un Data Center quedando a disposición del proveedor a través da Internet ([www.netvmi.com](http://www.netvmi.com)), e-mail o archivos enviados via FTP (File Transfer Protocol) para un Sistema ERP como por ejemplo R3-SAP”. ([http://www.netvmi.com/es/esp\\_oconceptovmi.htm](http://www.netvmi.com/es/esp_oconceptovmi.htm))

La Buenos Aires Robotic Society (BARS) nos provee también de un equipo de telemetría utilizando su producto Bars100 el cual según la empresa en la dirección de su página web nos brinda las siguientes características:

- “El Bars100 es un equipo de telecontrol vía GSM para entornos industriales que le permite controlar desde su teléfono GSM y mediante el servicio de mensajes cortos incidencias en instalaciones remotas (estaciones de bombeo, repetidores, máquinas de vánding, alarmas, sistemas de riego, sistemas domóticos, etc).
- Cuenta con un juego de 8 entradas digitales que al ser activadas provocan el envío de un SMS a los teléfonos configurados con el texto descriptivo de la alarma, nombre del equipo, fecha y hora en que se produjo la anomalía.
- Permite activar dispositivos de manera remota para lo que cuenta con 8 salidas por relay que se pueden activar mediante el envío de un mensaje corto. Este sistema fue pensado para el control y adquisición de datos.
- Por medio de los módulos de entradas y salidas puede operar con los elementos de uso industrial. Control de temperatura, pesaje y dosificación, control de producción, lógica combinacional y secuencial, registro de eventos y señalización, tableros de comando y automatización.
- Su sistema de comunicación le permite activar elementos a distancia y obtener la lectura de estados de entrada así como de cualquier sensor adosado al sistema” (<http://www.bairesrobotics.com.ar/gsm.htm>).

Otra empresa que proporciona este servicio utilizando tecnología GSM es la empresa Comtech que por medio de sus módulos de tecnología M2M (machine to machine) proporciona el servicio de monitoreo a distancia. De la información en su página web: <http://www.comtechm2m.com>: “La tecnología M2M es la habilidad de cualquier máquina para intercambiar información con personas y centros de gerencia”...”esto proporciona soluciones de negocios que generan retornos rápidos de inversión alineando productos y soluciones para satisfacer las necesidades tecnológicas y de negocios”. Una de las áreas en la que Comtech aplica su tecnología M2M es en el área de expendedores de alimentos. Tanto en este rubro como en el resto de servicios que esta empresa brinda, los equipos poseen la siguiente característica:

- Acceso a la información de cada una de sus equipos en tiempo real por medio de internet.

- Uso de tecnología GSM para transmitir la información.
- Dispositivos M2M adaptables a diversos sistemas de monitoreo

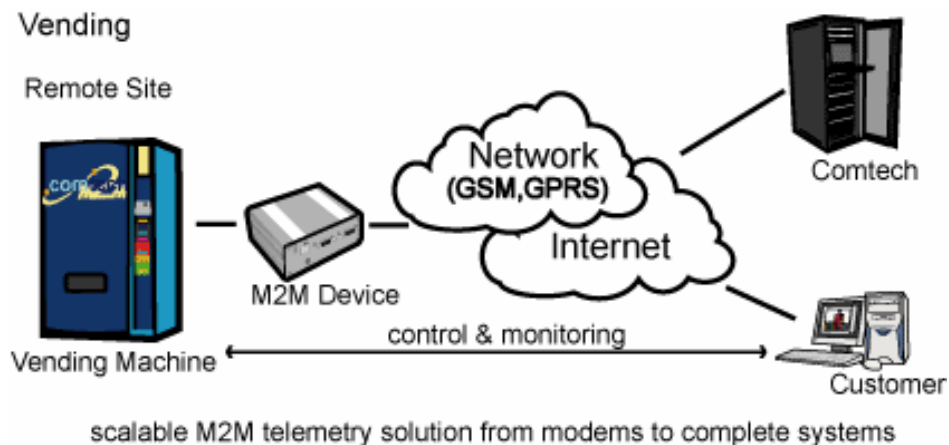


Figura 1: Soluciones utilizando telemetría M2M

<http://www.comtechm2m.com/m2m-telemetry-solutions/vending-telemetry-solution.htm>

### 2.1.3 Métodos de Acceso Inalámbrico a la Red

Las tecnologías utilizadas por las empresas presentadas anteriormente para resolver los problemas de comunicación entre los equipos son CDMA (Code Division Multiple Access) y GSM (Global System for Mobile Communications).

CDMA (Code Division Multiple Acces) es un sistema de acceso múltiple por división por código, utiliza la técnica de espectro expandido mandando múltiples señales en un mismo ancho de banda en señales similares al ruido. En general se basan en las técnicas de secuencia directa sin embargo pueden haber sistemas SS híbridos: DS/FH, FH/TH, etc. que aplicadas a varios usuarios dan lugar a nuevos esquemas múltiples. Las comunicaciones son separadas con códigos ortogonales. La voz se descompone en bits digitalizados y los grupos de bits se etiquetan con un código. Cada código se asocia a una sola llamada en la red. Los grupos de bits de una llamada se transmiten aleatoriamente junto con los de las demás llamadas. Posteriormente se recolocan en el orden correcto para completar la conversación.

La tecnología CDMA es utilizada en teléfonos celulares para la transmisión de datos por empresas como Telefónica, la cual utiliza CDMA 2000 1X. La tecnología CDMA ha

evolucionado a través del tiempo dando a lugar al CDMA2000 1x, 3x, 1xEV, etc. En el siguiente gráfico vemos la evolución de los sistemas CDMA en los últimos años:

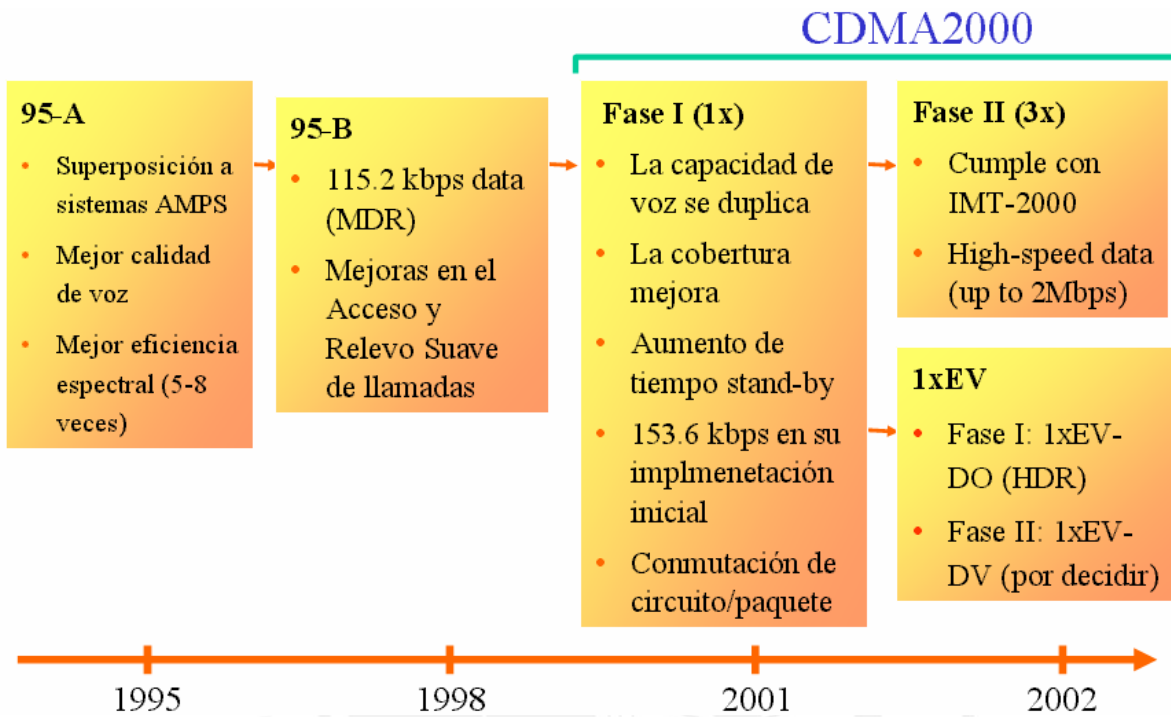


Figura 2: Arturo Vera "Sistemas celulares de tercera generación"

En las tecnologías GSM (Global System for Mobile Communications) el cual es un estándar internacional de comunicaciones digitales celulares, usadas en el Perú por empresas como TIM.

Sobre el funcionamiento de los sistemas GSM nos indica la página web: <http://www.telefonos-moviles.com/articulos/item.asp?ID=30> "El método utilizado por el GSM para administrar las frecuencias es una combinación de dos tecnologías: el TDMA (Time Division Multiple Access) y el FDMA (Frequency Division Multiple Access). El FDMA divide los 25 MHz disponibles de frecuencia en 124 canales con una anchura de 200 kHz y una capacidad de transmisión de datos de alrededor 270 Kbps. Una o más de estas frecuencias es atribuida a cada estación base y dividida de nuevo en cuestión de tiempo, utilizando el TDMA, en ocho espacios de tiempo (timeslots). El terminal utiliza un timeslot para recepción y otro para emisión. Ellos están separados temporalmente para que el móvil no reciba y transmita al mismo tiempo. Esta división de tiempo también es denominada full rate. Las redes también pueden dividir las frecuencias en 16 espacios, proceso designado half-rate, pero la calidad de transmisión

es inferior”. Podemos entender mejor la evolución de la plataforma GSM a través del siguiente gráfico:

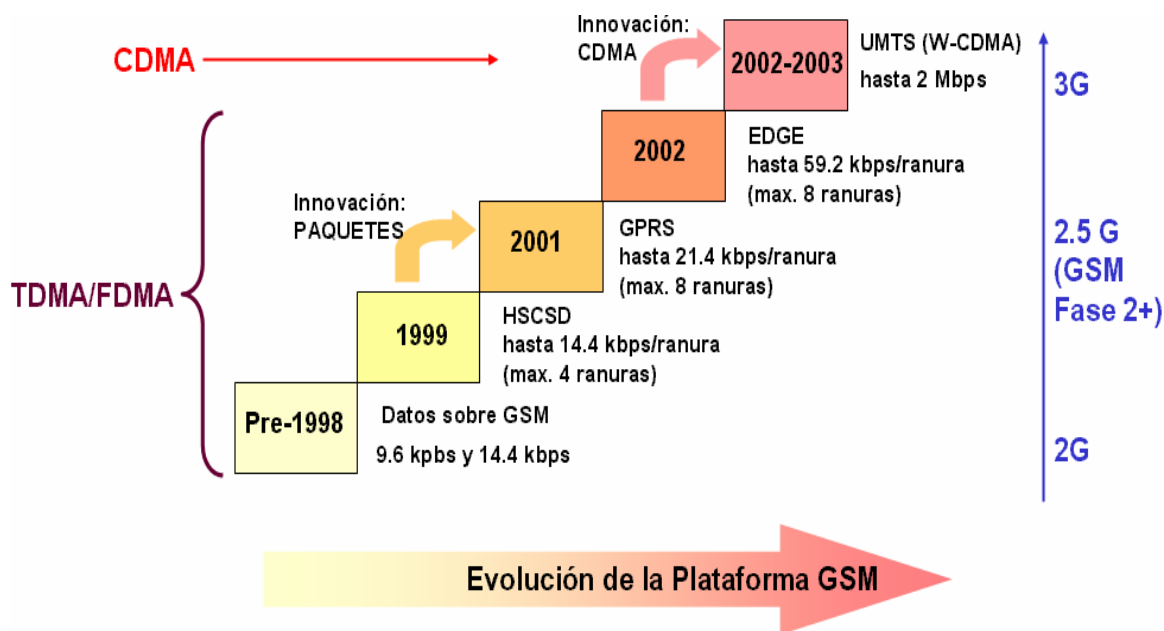


Figura 3: Arturo Vera “Sistemas celulares de tercera generación”

Hoy en día se está implementando cada vez en mayor porcentaje la tecnología WFi, la cual es una red de acceso inalámbrico. Los llamados “hot spots” están incrementando en toda la ciudad, lo cual si la cobertura llegara a ser comparable con la de los teléfonos celulares, sería la tecnología inalámbrica más versátil para la comunicación en general y la conexión a Internet.

### 2.1.4 Métodos de Acceso Alámbrico a la Red

Para el caso de transmisión de datos de dispositivos fijos tenemos la tecnología alámbrica clásica ISDN. Ésta utiliza módems analógicos o digitales en redes de telefonía digital para transmitir o recibir datos. Según la página web <http://www.uniandes.edu.co/Nuevas/servicios/IsdnDetallada.html> “La ISDN es un complejo sistema de procesamiento de llamadas que permiten transportar por la red telefónica voz y datos en el mismo "chorro" digital. Esta tecnología contempla dos tipos de interfaces, que se conocen como BRI (Basic Rate Interface) y PRI (Primary Rate Interface) . Una interfaz BRI tiene dos canales de 64Kbps que se conocen como canales B y un canal de señalización de 16Kbps conocido como canal D. Este tipo de interfaz de

escribe como BRI =2B+D. Los accesos PRI tienen 30 canales B y 16 canales de señalización D. Este interfaz se denota como PRI = 30B+D. Este tipo de interfaz es comúnmente utilizada para aplicaciones de voz (por ejemplo enlaces entre una central telefónica pública CO y la central telefónica privada PABX ) o por los proveedores de servicios para atención de diversos y múltiples usuarios”...”ISDN fue desarrollado por los distribuidores de telefonía con la intención de crear una red totalmente digital que permitiera el transporte de voz así como de aplicaciones de datos (textos, gráficas, videoconferencia, etc) todo transmitido desde una única interfaz de red”.

La tecnología xDSL, en particular la ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) que permite velocidades sobre los 10Mbps es una de las tecnologías con mayor disponibilidad hoy en día, tanto en empresas como en hogares. El ADSL permite una velocidad de bajada o downstream mayor que la velocidad de subida o upstream, por eso se dice que es asimétrica. Esta tecnología permite el tráfico de datos y voz simultáneamente (full duplex) por el par de cobre de la línea telefónica, haciendo que los precios de implementación no sean tan altos. Se puede transmitir de 5 a 9 km desde la central telefónica debido a la calidad de la línea telefónica, pero con el uso de repetidores instalados cada cierto tramo la distancia se hace irrelevante.

### 2.1.5 Características Necesarias de un Sistema de Monitoreo de Equipos

Teniendo en cuenta el avance tecnológico en materia de comunicaciones y de las distintas tecnologías utilizadas por las empresas para resolver sus necesidades de comunicación podemos obtener la siguiente síntesis:

- Las empresas están optando cada vez más por sistemas que permitan tener una comunicación con todos sus equipos y maquinarias, para así tener una respuesta rápida ante las necesidades de su empresa y del mercado.
- El acceso a Internet desde dispositivos inalámbricos es una norma hoy en día debido a la gran demanda de este servicio. Para este fin se pueden utilizar las tecnologías GSM o CDMA las cuales están compitiendo entre sí en el mercado.
- Para la conexión alámbrica, si bien existen módems xDSL y empresas que brinden este servicio (speedy de telefónica, cablenet de cablemágico) de mayor

ancho de banda y velocidad, debido al precio y a la cantidad de información a transmitir, sólo es necesario módems ISDN de menor velocidad y precio.

- Se deben de tener claramente definidos 3 sistemas separados para poder lograr el monitoreo de algún equipo a distancia, éstos son: el módulo de adquisición de datos, el módulo procesador y de almacenamiento de la información, y por último el dispositivo de comunicación, el cual puede ser un módem alámbrico o inalámbrico.
- Existen soluciones integrales para el manejo y control de grupos electrógenos cuyo precio es relativamente elevados a comparación de otras soluciones existentes en el mercado. Es una necesidad tener un sistema práctico que permita monitorear los datos en estos equipos para su correcto funcionamiento en cualquier momento debido a la importancia de la tarea que ellos realizan.

Si bien existen diversas soluciones para el monitoreo de datos a distancia, se puede rescatar de los servicios proporcionados por las empresas y las tecnologías usadas, una solución integral aplicada a grupos electrógenos que englobe los siguientes conceptos:

- Utiliza tecnología inalámbrica GSM para el sistema de comunicación, teniendo la flexibilidad de utilizar en su defecto módems alámbricos con tecnologías ISDN, xDSL, etc.
- Permita realizar acciones de control a distancia
- Monitoreo en tiempo real por medio de Internet
- Reporte de mantenimiento mensual o en un lapso de tiempo preprogramado.
- Aviso rápido, por medio de mensajes de texto a celular o e-mail, en caso de una falla inminente.
- Que presente una solución económica y fiable para que su uso se amplíe a otros sistemas más allá de los grupos electrógenos, modificando solamente algunos parámetros para la adaptación al nuevo sistema.

## 2.2 Conceptos y Definiciones

<b>Redes de Acceso Inalámbrico</b>	<b>GSM</b>	Definición	<p>Sistema compatible de telefonía móvil digital desarrollado en Europa con la colaboración de operadores, Administraciones Públicas y empresas. Se desarrolló como alternativa a los sistemas AMPS (Sistema Avanzado de Telefonía Móvil) actuales y, en el futuro, serán compatibles con aplicaciones de datos mejoradas. Permite la transmisión de voz y datos. Utiliza las técnicas de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y de acceso múltiple por división de frecuencias (FDMA) para la multiplexación de información. 2003 FERNANDEZ</p>
		Técnicas	<p><b>FDMA</b> Multiplexación por división de frecuencia. Usa un patrón pseudo-aleatorio de frecuencias de salto de la portadora, el cual es solo conocido por el receptor al cual se dirige la información.</p> <p><b>TDMA</b> Multiplexación por división de tiempo, en donde un bloque de datos es comprimido y transmitido en uno o más bloques de tiempo seleccionados de un patrón pseudo-aleatorio de tiempos de salto.</p>
	<b>CDMA</b>	Definición	<p>Son sistemas de acceso múltiple por división por código. En general se basan en las técnicas de secuencia directa sin embargo pueden haber sistemas SS híbridos: DS/FH, FH/TH, etc. que aplicadas a varios usuarios dan lugar a nuevos esquemas múltiples. Las comunicaciones son separadas con códigos. La voz se descompone en bits digitalizados y los grupos de bits se etiquetan con un código. Cada código se asocia a una sola llamada en la red. Los grupos de bits de una llamada se transmiten aleatoriamente junto con los de las demás llamadas. Posteriormente se recolocan en el orden correcto para completar la conversación.</p>
		Definición	<p>Son sistemas de acceso múltiple por división por código. En general se basan en las técnicas de secuencia directa sin embargo pueden haber sistemas SS híbridos: DS/FH, FH/TH, etc. que aplicadas a varios usuarios dan lugar a nuevos esquemas múltiples. Las comunicaciones son separadas con códigos. La voz se descompone en bits digitalizados y los grupos de bits se etiquetan con un código. Cada código se asocia a una sola llamada en la red. Los grupos de bits de una llamada se transmiten aleatoriamente junto con los de las demás llamadas. Posteriormente se recolocan en el orden correcto para completar la conversación.</p>



<p><b>Redes de Acceso Inalámbrico</b></p>	<p><b>WiFi</b></p>	<p>Definición</p>	<p>De las siglas de Wireless Fidelity (fidelidad inalámbrica). Esta tecnología tiene como finalidad el interconectar periféricos a la computadora o al dispositivo Palm o Handheld, sin necesidad alguna de utilizar cables para lograr la comunicación. Opera a una velocidad de 11 Mbps llegando hasta 54 Mbps en los últimos años. Operan en las bandas de 2.4 y 5 GHz con potencias por las cuales no necesitan licencia de uso del espectro electromagnético.</p>
<p><b>Redes de Acceso Alámbrico</b></p>	<p><b>ISDN</b></p>	<p>Definición</p>	<p>De las siglas de Integrated Services Digital Network, (Red Digital de Servicios Integrados) Tecnología de transmisión que combina servicios de voz y digitales a través de la red en un solo medio, haciendo posible ofrecer a los clientes servicios digitales de datos así como conexiones de voz a través de un solo 'cable', con una velocidad máxima de transmisión de 128 Kbps. Los estándares de la ISDN los especifica la ITU-TSS. 2003 FERNANDEZ</p>
	<p><b>xDSL</b></p>	<p>Definición</p>	<p>De las siglas de Integrated Services Digital Network, (Red Digital de Servicios Integrados ) Tecnología de transmisión que combina servicios de voz y digitales a través de la red en un solo medio, haciendo posible ofrecer a los clientes servicios digitales de datos así como conexiones de voz a través de un solo 'cable', con una velocidad máxima de transmisión de 128 Kbps. Los estándares de la ISDN los especifica la ITU-TSS. 2003 FERNANDEZ</p>
		<p>aDSL</p>	<p>De las siglas de Asymmetrical Digital Subscriber Line (Línea de Suscripción Asimétrica Digital) Tecnología de transmisión de tipo xDSL, que permite a los hilos telefónicos de cobre convencionales una alta velocidad de transmisión. Es la más utilizada actualmente y se denomina asimétrica porque permite más velocidad o canales en la recepción de datos por parte del usuario que en la emisión de datos por éste.2003 FERNANDEZ</p>
<p><b>Internet</b></p>	<p>Definición</p>	<p>Es una red de redes a escala mundial de millones de computadoras interconectadas con el conjunto de protocolos TCP/IP. También se usa este nombre como sustantivo común y por tanto en minúsculas para designar a cualquier red de redes que use las mismas tecnologías que la Internet, independientemente de su extensión o de que sea pública o privada. Algunos de los servicios disponibles en Internet aparte de la Web son el acceso remoto a otras máquinas (SSH y telnet), transferencia de archivos (FTP), correo electrónico (e-mail), boletines electrónicos (news o grupos de noticias), conversaciones en línea (IRC y chats), mensajería instantánea (ICQ, YIM, Jabber). WIKIPEDIA</p>	

<b>Grupos Electrógenos</b>	Definición	Emplazamiento estratégico de pequeñas unidades generadoras de energía eléctrica cerca del consumidor, donde el valor obtenido es mayor que el valor del servicio recibido de la red. (Jorge M. Huacuz V). Los grupos electrógenos funcionan con combustibles diesel entre los más grandes, gasolina los más pequeños y últimamente con gas natural.
--------------------------------	------------	---

## 2.3 Definiciones Operativas

### Indicadores Cualitativos

- Calidad del Servicio.** Se refiere a la facilidad con la que se dispondrá de la información cuando se quiera acceder a ella y al tipo de información que se va a evaluar, así como al confiabilidad de la red y del servicio.
- Satisfacción del Cliente.** Se percibe mediante la evaluación de las quejas y/o sugerencias que tengan los usuarios acerca del servicio brindado o del contenido o acceso a la información. Depende de los requerimientos y de la exigencia del cliente que en este caso es la empresa Crosland Técnica S.A.
- Fiabilidad.** Se percibe mediante el número de fallas o caídas del sistema durante su uso. El sistema instalado debe de garantizar su correcto funcionamiento en cualquier condición de trabajo y a cualquier hora de tal manera que el usuario final pueda contar con él cuando lo necesite y no tener que preocuparse si el sistema funciona correctamente o no.
- Cobertura.** Referido a la cantidad de lugares o área en el cual el sistema va a poder operar de manera eficiente y segura. Es importante que el sistema pueda ser utilizado en la mayoría de zonas de la ciudad y de las zonas rurales. Esta cobertura está de acuerdo a la empresa telefónica con la cual se realice el contrato.

## Indicadores Cuantitativos

- **Velocidad de Descarga.** Referida a la velocidad en bits por segundo en la que la información es descargada hasta llegar al usuario final .
- **Tiempo de Respuesta ante fallas.** Referido al tiempo entre que ocurre una falla en el equipo y el tiempo en que el usuario o propietario del dispositivo se entera de dicha falla. Este tiempo envuelve al tiempo que le toma a la información de la falla en ser procesada empaquetada y enviada por correo o mensaje de texto.
- **Costos en Adquisición y Mantenimiento de Equipos.** Referido al precio del equipo, la instalación del servicio y del mantenimiento del mismo. Es un factor importante puesto a que lo que se busca es conseguir un costo comparativamente menor a los existentes en el mercado.
- **Costo de conexión.** Referida al costo que tiene el envío de la información ya sea por medios alámbricos o inalámbricos hasta el usuario final. El costo de conexión depende de la empresa de telefonía celular con la cual se realiza el contrato.
- **Parámetros de medición.** Son las variables que van a ser monitoreadas y van a formar parte de la información que va a ser enviada al usuario, entre ellas tenemos:

<b>Voltaje de Línea</b>	Valor de voltaje que se encuentra entre dos de las 3 líneas que conforman un sistema trifásico.
<b>Corriente de Línea</b>	Referida a la corriente que pasa por una sola línea de las 3 que conforman un sistema trifásico.
<b>Potencia Aparente</b>	Suma fasorial de la potencia activa y reactiva que es suministrada por el generador a la carga.
<b>Temperatura</b>	Referido a la temperatura del motor de combustión interna que mueve el generador del grupo electrógeno.
<b>Presión de Aceite</b>	Referido al aspecto físico del motor. Necesario para mantener lubricado los sistemas móviles del motor de combustión interna del generador (válvulas, pistones etc)
<b>Tiempo de Uso</b>	Tiempo en horas durante el cual la máquina ha estado en uso desde su compra o desde su alquiler.
<b>Revoluciones Por Minuto</b>	Velocidad a la que gira el motor y el generador.

## 2.4 Modelo Teórico de un Sistema de Monitoreo a Distancia de Grupos Electrónicos

El monitoreo de datos en los equipos, en especial de los grupos electrógenos, es una técnica que involucra cantidades grandes de información. Para esto el sistema diseñado debe de ser capaz no solo de almacenar la información, sino de decidir cuál información es importante para poder enviar al usuario los datos más relevantes del proceso y no enviar una cantidad grande de datos sin utilidad aparente.

Actualmente algunas empresas proveen el servicio que este dispositivo va a brindar, pero dichas empresas se basan en redes de baja cobertura y es necesario habilitar puntos de acceso o estaciones base para poder acceder a dicha red, por este motivo el precio del sistema instalado es de elevado costo. El sistema planteado debe de utilizar redes existentes de cobertura amplia para poder disminuir así los costos de instalación. El costo del servicio es un factor económico que depende del sistema de red de comunicación escogido, dependiendo de su disponibilidad, de la complejidad del equipo o maquinaria a monitorear y de la complejidad de la instalación.

Cuando un sistema de monitoreo es instalado, se espera que este alivie las preocupaciones por la incertidumbre de la operación de la maquinaria o equipo monitoreado. El sistema de monitoreo debe de ser fiable y seguro al punto que el usuario no deba de preocuparse si el sistema funciona bien o no, puesto que ello sería aumentar una preocupación más en un ya estresante medio de trabajo.

El sistema de comunicaciones utilizado por el equipo desarrollado va a ser escogido por el usuario de acuerdo a sus necesidades y disponibilidad de infraestructura. Es decir si el usuario posee acceso a una red telefónica en las inmediaciones, puede optar por un sistema de transmisión basado en un módem ISDN. Si es de preferencia el usuario puede optar por un sistema de comunicación basado en tecnología móvil celular GSM, siempre y cuando se encuentre dentro del área de servicio. Esto quiere decir que el sistema debe permitir un fácil cambio de sistemas de comunicación sin alterar el resto del equipo instalado.

Muchas empresas poseen la necesidad de monitorear sus equipos, no solo los grupos electrógenos, así que el sistema debe de permitir una fácil adaptación a diversos equipos que se encuentren en el mercado sin tener que alterar de manera significativa los procesos vitales del sistema. Esto quiere decir que el sistema debe de considerar un amplio rango de uso y un estándar entre etapas de manejo de la información para que sean compatibles unas con otras.

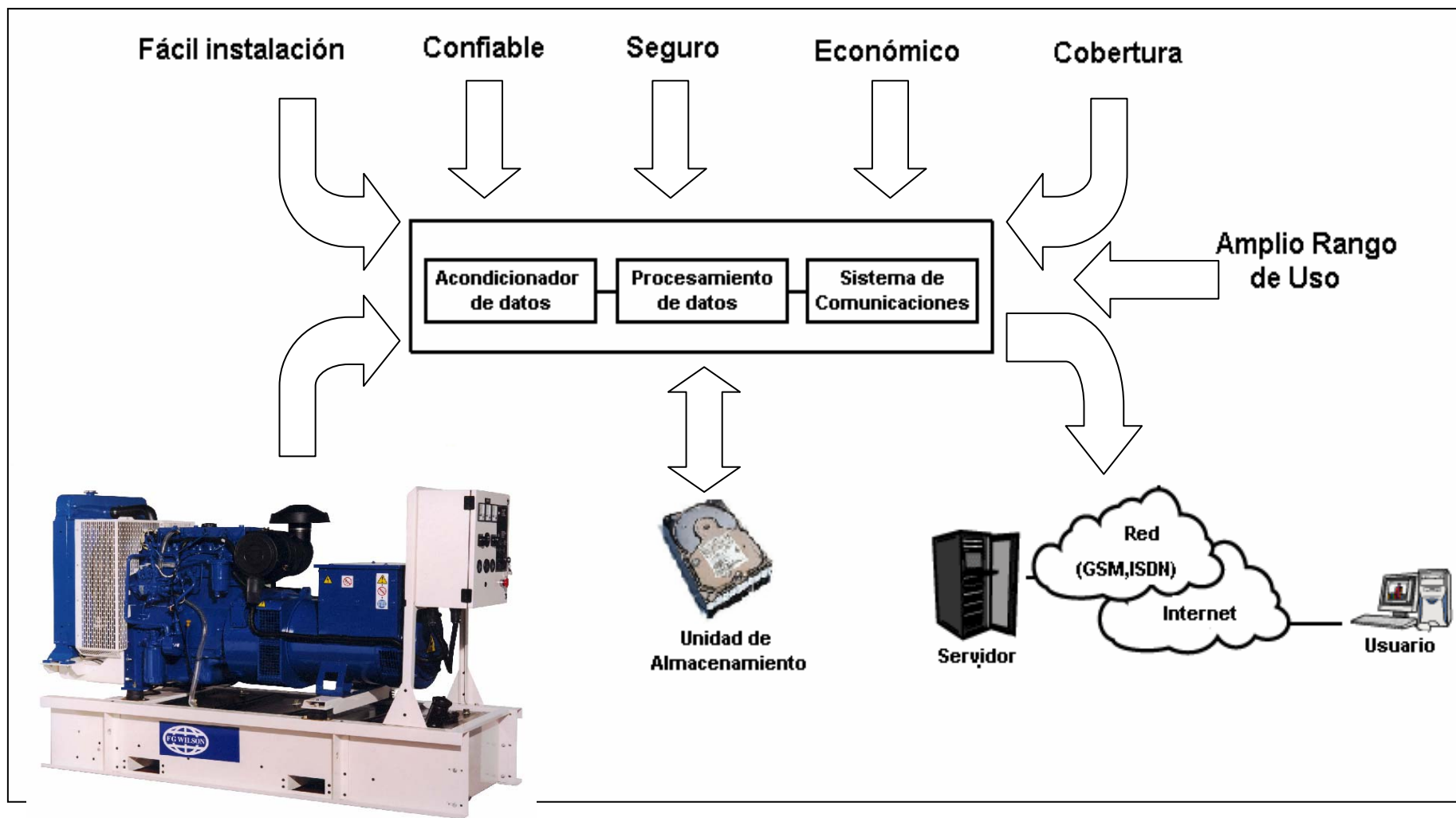


Figura 4: Modelo Teórico

# Capítulo 3

## Diseño y Desarrollo de la Arquitectura del Sistema

El sistema se plantea como la integración de 2 grandes partes. Estas partes están constituidas por 2 módulos independientes: El módulo esclavo y el Módulo maestro. El módulo esclavo es el que va a estar físicamente en el tablero del grupo electrógeno y va a encargarse de obtener los parámetros físico y eléctricos de funcionamiento del grupo en tiempo real. El módulo maestro va a recopilar dicha información y la va a almacenar en una memoria independiente. Como destino final de la información, el módulo maestro va a transmitir dicha información al usuario final a través de Internet. El módulo maestro permite almacenar la información de más de un módulo esclavo pues todos están configurados en una red RS-485. Todo el sistema se aprecia mejor en la siguiente figura:

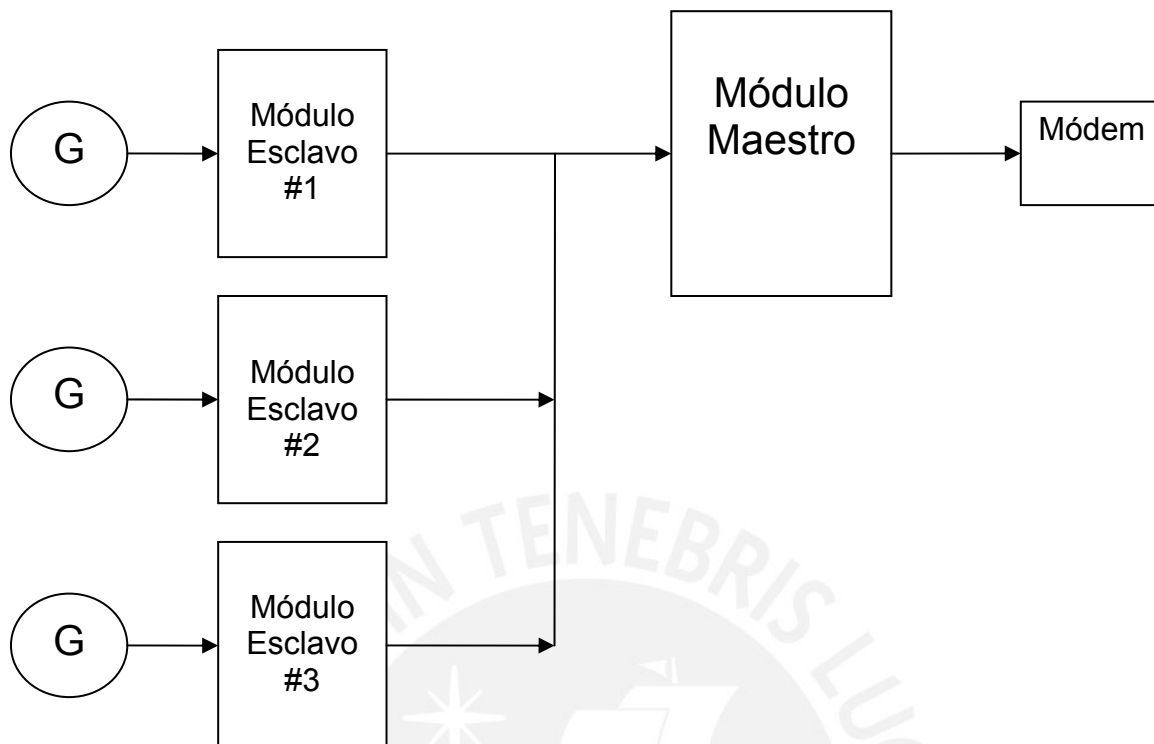


Figura 5: Diagrama de Bloques General

### 3.1 Módulo Esclavo

Este módulo se encargará de realizar 4 tareas principales:

- Lectura de los datos físicos y eléctricos del grupo por medio de los sensores.
- Acciones básicas de automatización no aplicables a redes de grupos en paralelo como lo son el encendido ante falla de la red comercial.
- Apagado del grupo ante una falla crítica.
- Interaccionar con el técnico por medio de un programa que permita variar los rangos máximos y mínimos de las señales medidas.

Para realizar estas tareas el módulo esclavo cuenta con los siguientes componentes:

#### a) Subsistema de Adquisición de datos

- Interfaz de entrada para interactuar con los sensores y con las señales de voltaje y corriente.
- Un ADE 7758 que es el encargado de preprocesar las señales de voltaje y



corriente y obtener así mediciones de energía activa, reactiva y aparente, así como los valores RMS de voltaje y corriente.

b) Subsistema de Procesamiento de datos

- Dos microprocesadores PIC16F877A encargados del manejo del programa principal para la adquisición de señales de los sensores y del ADE7758, manejo de las entradas y salidas lógicas, manejo del software de comunicaciones con el protocolo Modbus y manejo del programa que interactúa con el técnico usuario.

c) Subsistema de comunicaciones e interfaces.

- Un MAX232 para la comunicación serial RS 232 con una PC por medio del protocolo Modbus.
- Un MAX485 para la comunicación con el módulo maestro por medio del protocolo Modbus.
- Interfaz con el usuario por medio de un teclado matricial de 4x4 y una pantalla de LCD de 20 caracteres.

Los diagramas esquemáticos de los subsistemas mencionados pueden encontrarse en el anexo A, figuras 1, 2, 3 y 4.

A continuación explicamos cada uno de los puntos mencionados anteriormente así como sus principales características de implementación.

### 3.1.1 Subsistema de Adquisición de datos

#### 3.1.1.1 Sensores y Transductores

Los sensores y transductores usados están escogidos de acuerdo a las magnitudes de las señales medidas.

##### a) Voltaje

Se mide el estado del voltaje de la red comercial mediante un circuito ON/OFF mediante el MID400 el cual solo nos indica la presencia o no de la misma. Para el caso del grupo electrógeno se utiliza el ADE7758 para realizar un seguimiento al valor RMS de la señal

de voltaje por cada fase.

#### **b) Corriente**

Se realiza un seguimiento del valor RMS de las corrientes de cada fase de las líneas de potencia del generador. Estos valores son leídos de un registro de memoria del ADE7758.

#### **c) Potencias**

Se obtienen los valores de energía activa, reactiva y aparente del ADE7758. Contamos el tiempo en el que esto ocurre por medio del microcontrolador de procesamiento de datos. Con estos valores determinamos las potencias activas, reactivas y aparentes por medio de una simple operación matemática realizada por el microcontrolador. El factor de potencia se obtiene realizando una operación con dos de los tres valores de potencia. Toda esta operación se realiza en cada una de las tres fases a la vez.

#### **d) Frecuencia**

Se realiza un seguimiento del valor de frecuencia obtenido de un registro interno del ADE7758.

#### **e) Temperatura**

Se realiza un seguimiento de la temperatura del agua del radiador del motor del grupo electrógeno. Este valor nos indica cuándo el motor se está recalentando ya sea por una falla, falta de mantenimiento o sobre exigencia del motor. Se obtiene de un sensor VDO de temperatura o termistor, el cual varía su resistividad proporcionalmente a la temperatura a la que es sometido. El valor final de temperatura es interpolado según tablas por el procesador encargado del procesamiento de datos.

#### **f) Presión**

Se realiza un seguimiento de la presión de aceite del motor del grupo electrógeno. Este valor se obtiene de un sensor VDO de presión, el cual varía su resistividad proporcionalmente a la presión a la que es sometido. El valor final de presión es interpolado según tablas por el procesador encargado del procesamiento de datos.

#### **g) Estados**

Se verifican los estados de ON/OFF de los contactos de potencia del generador y de la red comercial por medio de contactos auxiliares.

#### h) RPM

Este valor se halla producto de una operación matemática entre la frecuencia y el número de polos del generador.

### 3.1.1.2 Técnicas de Medición

Se ha presentado de dónde se van a obtener los valores leídos por el sistema, ahora explicaremos cómo los obtendremos.

#### 3.1.1.2.1 Medición de Voltaje

##### a) Medición de voltaje ON/OFF

Este voltaje se utiliza para monitorear el estado de la red comercial, así podremos realizar una pequeña automatización del grupo electrógeno. El sistema detecta cuando se ha interrumpido la energía de las líneas de la red comercial y procede a encender el grupo para posteriormente conectarlo a la carga. Para realizar esta medición utilizamos un arreglo de PC814 el cual transforma una entrada AC a una salida de nivel lógico por medio de optoacopladores. Esta transformación se va a realizar en cada una de las fases de la siguiente manera:

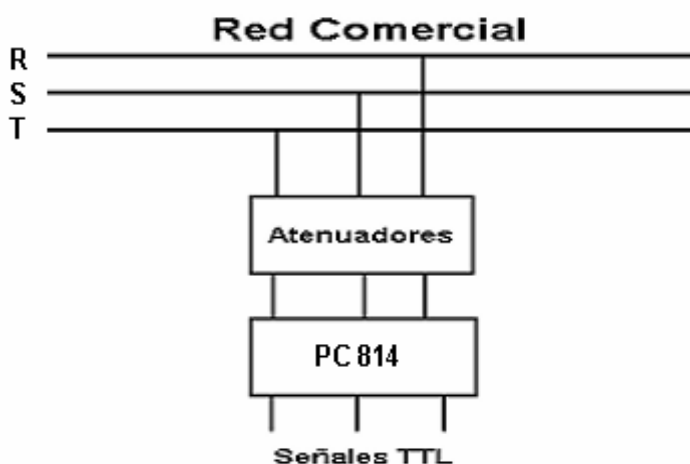


Figura 6: Conexión de lectura ON/OFF del voltaje de la red comercial

La atenuación se realizará por medio de resistencias. Los diodos emisores de luz del PC814 inciden sobre un fotodiodo el cual alimenta la base de un transistor llevándolo a la región de saturación llevando a nivel lógico cero a la señal correspondiente. Cada PC814 realiza la lectura de una sola fase por lo que se necesita un arreglo de tres PC814 para realizar al tarea de lectura completa.

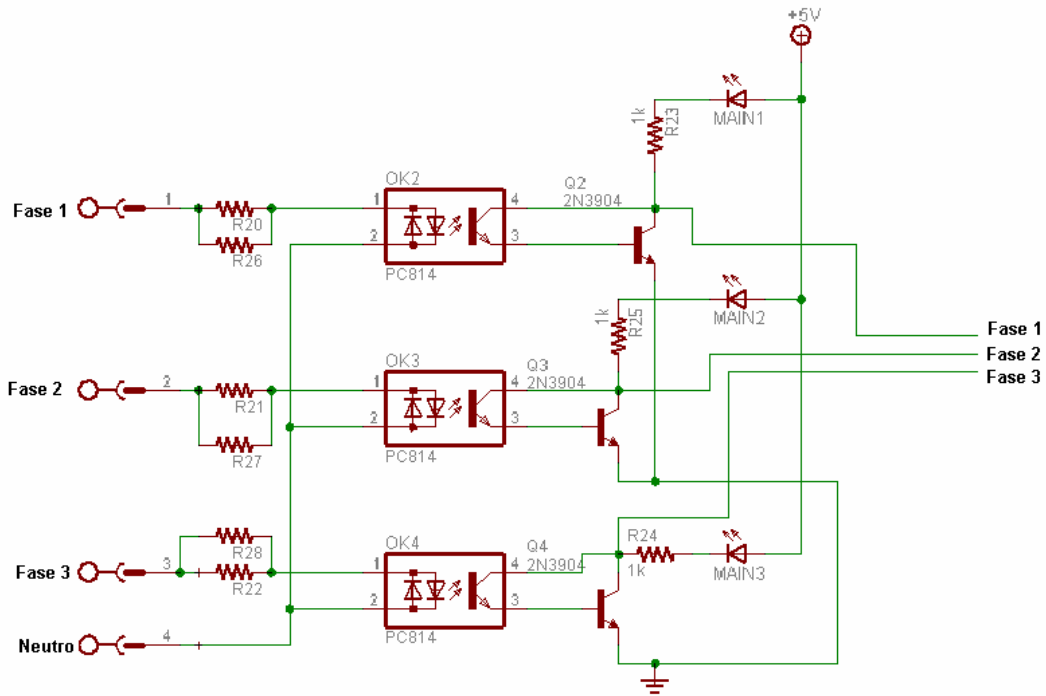


Figura 7: Circuito de conexión del PC814

**b) Medición de voltaje RMS por medio del ADE7758**

El ADE7758 realiza operaciones internas por hardware para hallar el valor RMS de voltaje de cada fase. Para esto se tiene una entrada con un valor máximo admisible de  $\pm 0.5V$ , es decir la entrada no debe de superar una amplitud de 1Vpp. Los valores de voltaje leídos son almacenados en un registro de 24 bits sin signo (AVRMS, BVRMS, CVRMS) los cuales son leídos por el microcontrolador principal. A continuación mostramos el procesamiento que realiza el ADE7758 a la señal de voltaje:

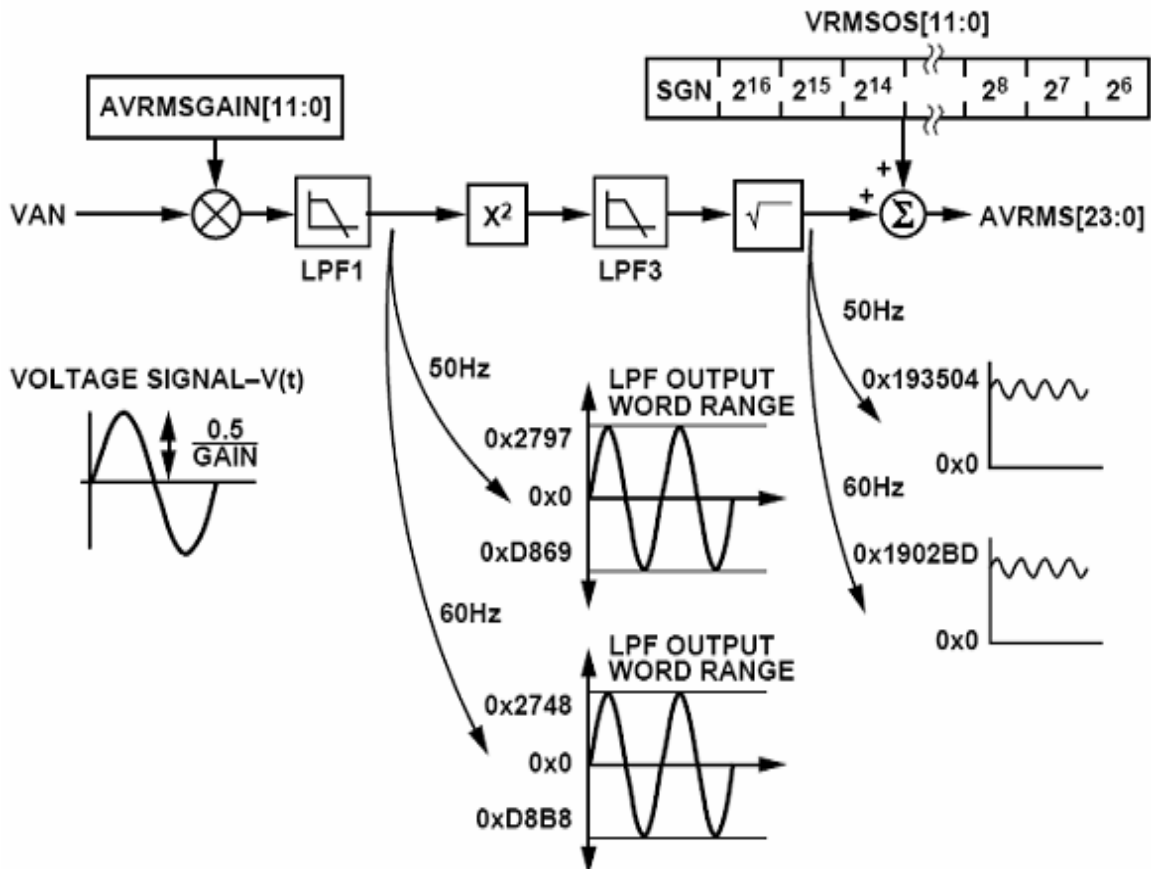


Figura 8: Procesamiento de señal de voltaje RMS

La señal de voltaje muestreada del ADC se llama VAN la cual es amplificada según el parámetro de ganancia AVRMSGAIN indicado a dicho canal. La señal pasa luego por un filtro pasabajos el cual atenúa nuestra señal hasta obtener un valor de 0x2748 para una entrada de máxima amplitud y una frecuencia de 60Hz. A esta señal se le aplica por hardware la siguiente operación:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N f^2[n]}$$

Luego se le suma el valor de VRMSOS el cual es un offset que permite realizar la compensación permitiendo remover valores erróneos debidos a ruidos en la entrada, obteniendo así el valor final de RMS. El ADE7758 produce una salida en su registro

AVRMS de 24 bits de 0x1902BD para una entrada de máxima amplitud, por lo que se tiene que colocar un factor de corrección para que dicho valor corresponda con el real en la entrada.

Para calcular el valor del factor y los valores del atenuador se debe de tener en cuenta los valores de voltaje a los que va a trabajar el grupo electrógeno. Formamos una tabla con los valores de trabajo y los valores máximos de diseño del grupo. Para esto hay que tener en cuenta de que el generador trabaja en conexión estrella y el voltaje de trabajo es el voltaje de línea. Formamos así la siguiente tabla:

Máximo de Diseño	Vrmslínea	153.2462	306.4924	612.9848
	Vrmsfase	88.48	176.95	353.91
	Vfase	<b>125.13</b>	<b>250.25</b>	<b>500.50</b>
Trabajo	Vrmslínea	<b>110</b>	<b>220</b>	<b>440</b>
	Vrmsfase	63.51	127.02	254.03
	Vfase	89.81	179.63	359.26

Tabla 1: Voltajes de Diseño

Se escogieron estos valores para garantizar un amplio rango de tolerancia ante sobrevoltajes. El valor máximo de voltaje tolerable por la entrada del ADE7758 antes de quemarse es de 12Vpp (+6V) que equivale a más de 6 veces el máximo voltaje de diseño.

Utilizamos el valor máximo de diseño para hallar el valor de las resistencias del atenuador:

Fijamos R1 a 1M luego:

$$500.5 \text{ V} \cdot R_2 = 0.5 \text{ V} \cdot (1000\text{K} + R_2)$$

$$R_2 = 1\text{K ohms}$$

Obtenemos así el siguiente circuito:

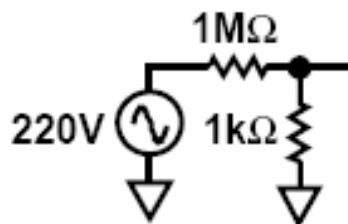


Figura 9: Atenuador de Señal de voltaje

Con estos valores en el atenuador, el voltaje máximo admisible en la entrada es de 353.91Vrms que equivalen a 500.5V.

Con este valor podemos encontrar el factor de corrección que debe de multiplicarse al valor del ADC para obtener el valor real de voltaje RMS medido:

$$V_{rms} = V_{adc} * \text{Factor}$$

Este factor realiza un escalamiento del valor medido para que este en el rango de 0V a Vrmsmax.

Hallamos el valor de este factor:

$$\text{Factor} = \frac{V_{rmsmax} - V_{rmsmin}}{V_{adcmax} - V_{adcmin}}$$

Donde:

$$V_{adcmax} = 0x1902BD$$

$$V_{adcmin} = 0x00$$

$$V_{rmsmax} = 353.91V$$

$$V_{rmsmin} = 0V$$

$$\text{Factor} = 2.159171399444e-4 = 2.16e-4$$

Así, multiplicando el valor leído del ADE7758 por el factor hallado obtenemos el valor en RMS de la entrada por cada fase. El valor del factor varía según el valor de la tensión de la red, pues para un voltaje de línea de 220V el factor sería:

$$(\text{Factor}_{rms\_de\_440}) / 2 = 2.16e-4 / 2 = 1.08e-4$$

### 3.1.1.2.2 Medición de Corriente

Para adquirir la señal de corriente que va a ser procesada por el ADE7758 se utiliza un transformador de corriente ASM 0-10 de 0 a 10 amperios, el cual tiene un 10% de tolerancia y además posee una curva de respuesta como se muestra en la figura 11. Como el valor de corriente a leer es utilizado solo para monitoreo y alarmas de sobrecarga, no es necesario que se tenga demasiada exactitud en la medición pues es un valor referencial, por lo que dicha tolerancia cumple con los requerimientos del

sistema. Dicho transformador se presenta a continuación:



Figura 10: Transformador de corriente marca Talema

Este transformador presenta la siguiente curva de respuesta ante una carga de 50 ohms:

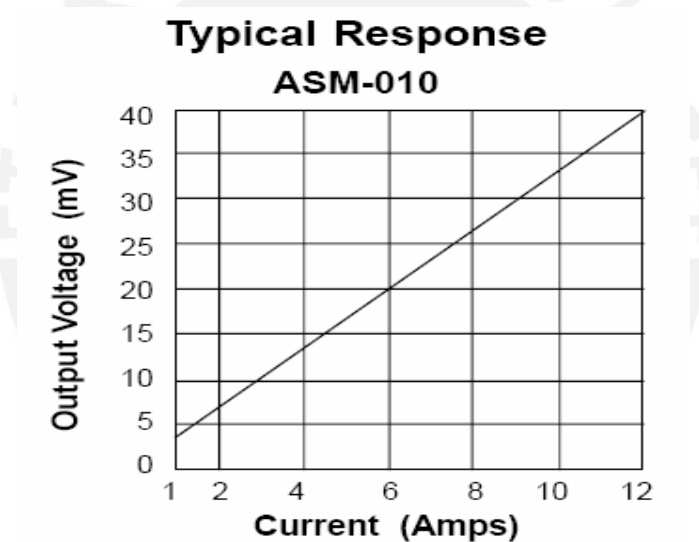


Figura 11: Respuesta típica del transformador ASM-010

De esta recta podemos hallar la relación de transformación del ASM-010. Tomamos el punto 6 amperios de entrada y 20mV de salida. Como la carga es de 50 Ω entonces la corriente de salida es de:

$$20 \text{ mV} / 50 \Omega = 0.4 \text{ mA}$$

$$6 \text{ Amp} / 0.4\text{mA} = 15000$$

Por lo tanto la relación de transformación del ASM-010 es de 15000:1.

Para transformar la señal de corriente de 0-5Arms a un rango de 0 a 0.5 voltios que corresponde a la entrada máxima de los puertos analógicos del ADE7758 utilizamos el siguiente circuito:



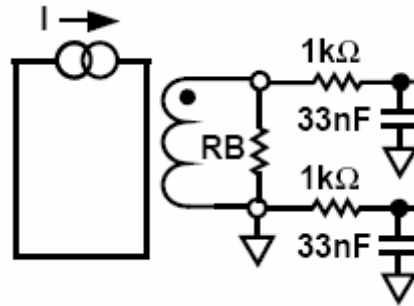


Figura 12: Circuito de entrada de señal de corriente

El valor de la resistencia  $R_B$  es hallado de acuerdo al valor máximo de entrada de corriente y a la relación de transformación. Para esto hay que tener en cuenta de que la entrada máxima de corriente que entregan los generadores es de 5 amperios RMS pues poseen aparte un transformador principal de corriente que convierte la corriente nominal del generador a dicho valor. Por lo que la corriente luego del transformador es de 0.471 mA. Por lo tanto la resistencia  $R_B$  debe tener un valor de:

$$R_B = 0.5 \text{ V} / 0.471 \text{ mA}$$

$$R_B = 1.06 \text{ k}\Omega$$

El ADE7758 realiza un muestreo de la señal de corriente de todas las fases, a dichas muestras le aplica la operación para cálculo de valor RMS y almacena el resultado en registros sin signo de 24bits llamados AIRMS, BIRMS y CIRMS. El procesamiento lo realiza de la siguiente manera:

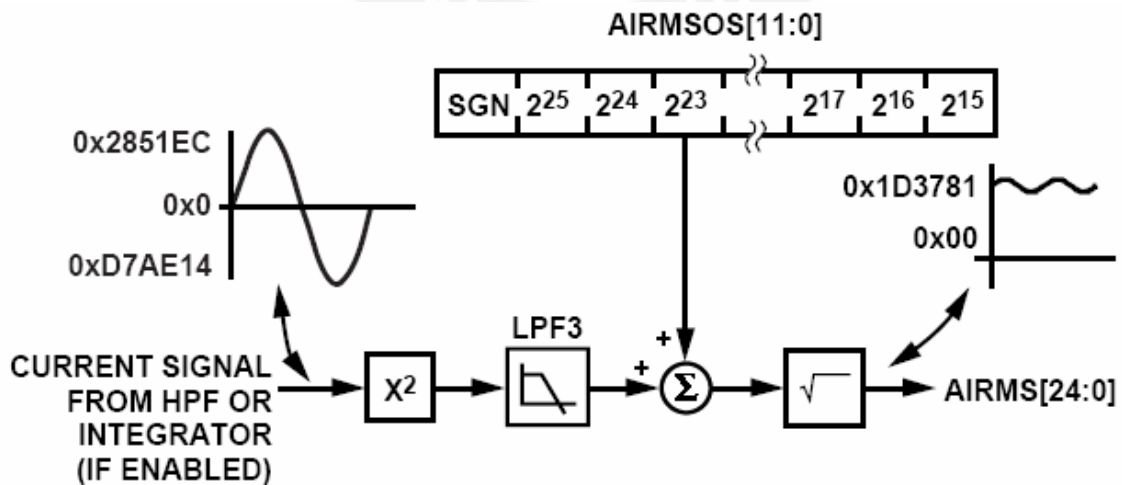


Figura 13: Procesamiento de señal de Corriente RMS

El registro AIRMSOS que se suma al valor de la señal luego del filtro pasabajos LPF3 corresponde a un compensador de offset, el cual elimina los offset generados por ruidos a la entrada que se suman a la señal RMS como una componente DC luego del integrador.

El valor de corriente RMS entregado por el ADE7758 corresponde a un valor de 24 bits sin signo al cual es 0x1D3781 cuando la entrada es de ±0.5V. Esto quiere decir que debemos aplicar un factor de corrección para pasar numéricamente la salida del ADE7758 al valor de corriente RMS real.

Para calcular este factor se aplica el mismo criterio que para el cálculo del factor de voltaje, pero a diferencia de este, el factor varía de acuerdo a la relación de transformación del transformador principal de corriente.

$$I_{rms} = I_{adc} * I_{factor}$$

$$I_{factor} = \frac{I_{rmsmax} - I_{rmsmin}}{I_{adcmax} - I_{adcmin}}$$

Donde:

$$I_{rmsmax} = I_{nominal} \text{ del grupo}$$

$$I_{rmsmin} = 0 \text{ Arms}$$

$$I_{adcmax} = 0x1D3781$$

$$I_{adcmin} = 0x00$$

Por lo que el factor es:

$$I_{factor} = \frac{I_{nominal}}{0x1D3781}$$

Tanto el factor de corriente como el de voltaje son calculados por el microcontrolador de procesamiento de datos según los parámetros de configuración del grupo.

### 3.1.1.2.3 Medición de Potencias

Para poder leer los valores de potencia es necesario calcular las energías activas, reactivas y aparentes. El ADE7758 permite leer los valores de dichas energías en sus registros internos llamados: AWATTHR, BWATTHR y CWATTHR para energía activa; AVARHR, BVARHR y CVARHR para energía reactiva; AVAHR, BVAHR y CVAHR para energía aparente. Es necesario aclarar que estos cálculos se realizan cada una de las fases. Por lo que los resultados que obtenemos son por fase.

#### a) Cálculo de la Potencia Activa

La potencia está definida como la tasa a la que fluye la energía desde la fuente hacia la carga. Esto es expresado matemáticamente como:

$$\text{Potencia} = \frac{d\text{Energía}}{dt} \quad \text{Energía} = \int p(t)dt$$

La potencia está dado como el producto entre la onda de voltaje y de corriente. La onda resultante es llamada señal de potencia instantánea y es igual a la tasa del flujo de la energía en cada instante de tiempo. La unidad de la potencia es el Watt o joules/seg. Para hallar esta potencia tomamos en cuenta las siguientes ecuaciones:

$$p(t) = v(t) \times i(t)$$

$$p(t) = IRMS \times VRMS - IRMS \times VRMS \times \cos(2\omega t)$$

Nótese que si bien  $p(t) = V_{rms} \times I_{rms} \times \cos(\phi)$ , las señales  $v(t)$  e  $i(t)$  están en fase, por lo que  $\cos(\phi) = 1$ . La potencia promedio en un número “n” finito de ciclos de línea está dada por la expresión:

$$P = \frac{1}{nT} \int_0^{nT} p(t)dt = VRMS \times IRMS$$

Donde P es la potencia activa o real. Debemos notar que la potencia activa es igual a la componente DC de la señal de potencia instantánea. Esto lo notamos en la figura14:

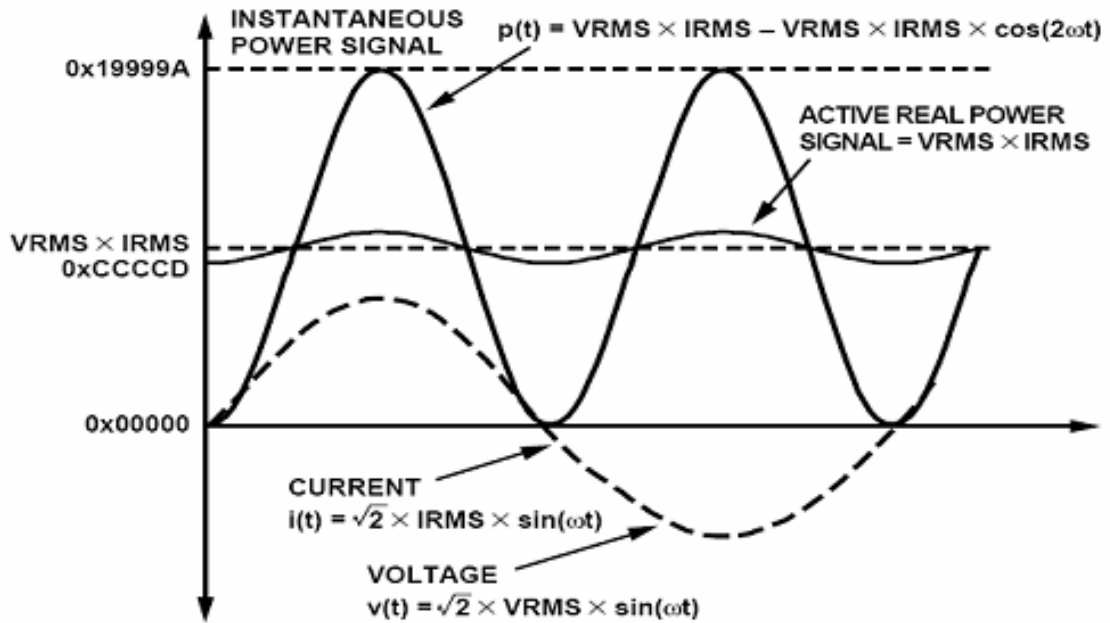


Figura 14: Cálculo de la Potencia Activa

La señal instantánea de potencia pasa por un filtro pasabajos de la siguiente manera:

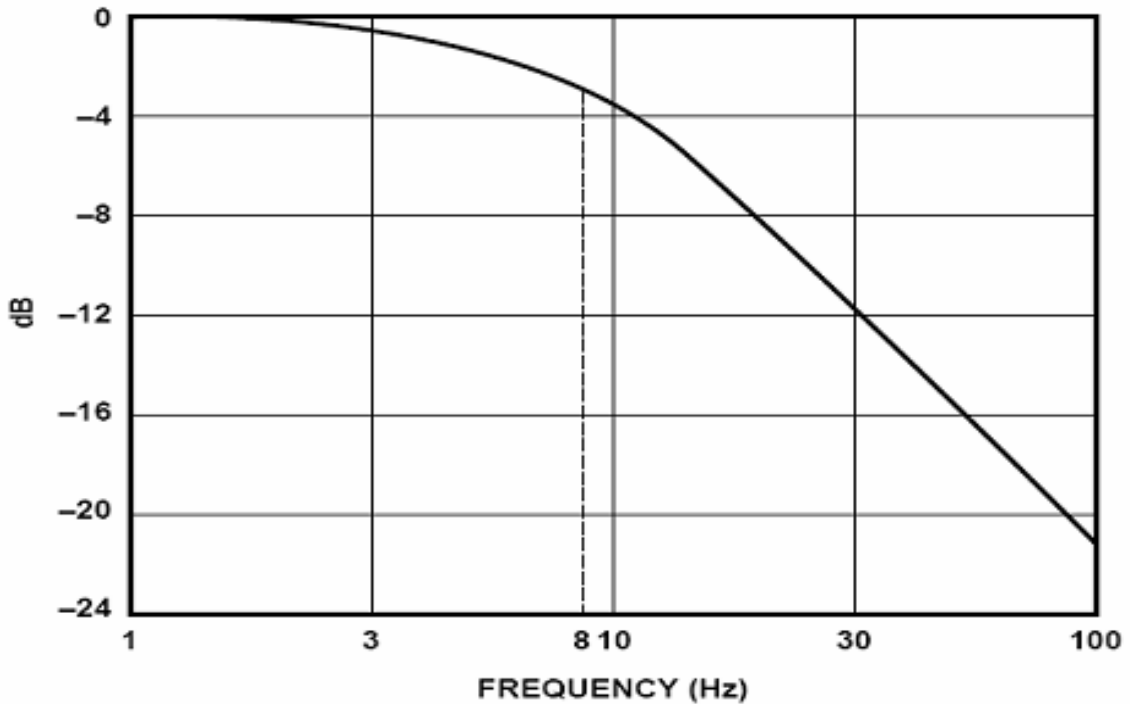


Figure 15: Filtro Pasabajos de Señal de Potencia Activa

Dicho filtro no es perfecto, por lo que la señal sinusoidal con una frecuencia igual al doble de la frecuencia de la línea no se atenúa totalmente produciendo un pequeño rizado en la señal de potencia activa calculada. Este rizado se elimina a la hora de calcular la energía activa debido al proceso de integración.

Ahora bien, la energía activa puede ser calculada en base a la potencia activa de la siguiente forma:

$$\text{Energía} = \int p(t)dt = \lim_{T \rightarrow 0} \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} p(nT) \times T \right\}$$

Lo cual representa una sumatoria en tiempo discreto de los valores instantáneos de potencia. Donde n es el número de la muestra discreta y T corresponde al periodo de muestreo.

Notamos en la figura 16 el camino que siguen las señales para calcular la energía activa. Los registros AWATTOS y AWG corresponden a valores de offset y ganancia respectivamente. Los valores de potencia activa instantáneos son acumulados en el registro AWATTHR.

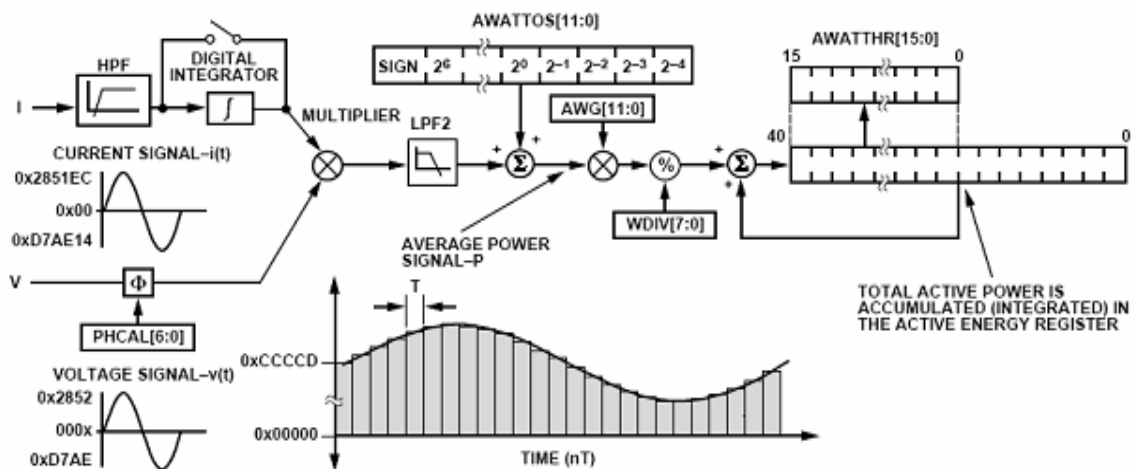


Figura 16: Medición de Potencia o Energía Activa

Luego de N ciclos de línea registro AWATTHR es leído por el microcontrolador siendo luego puesto a cero. El valor leído, junto con el tiempo de los ciclos de línea pasados entre lectura y lectura nos dan un valor más exacto de la energía activa. Es esta

energía activa y es este tiempo entre lecturas el cual usamos para obtener el valor final de la potencia activa. De este registro se obtiene:

$$E(t) = VRMS \times IRMS \times t$$

De donde podemos obtener la potencia como:

$$P = \frac{E(t)}{t}$$

Donde  $t$  es el número de ciclos de línea multiplicado por el tiempo de ciclo. Recordamos nuevamente que las señales de voltaje y corriente calculadas están en fase por lo que no es necesario el valor de  $\cos(\theta)$  pues éste vale 1.

### b) Cálculo de la Potencia Reactiva

La potencia reactiva está definida como el producto entre la señal de voltaje y del corriente cuando una de las señales está desfasada  $90^\circ$ . Esto lo expresamos en las siguientes ecuaciones:

$$v(t) = \sqrt{2} V \sin(\omega t - \theta)$$

$$i(t) = \sqrt{2} I \sin(\omega t)$$

$$i'(t) = \sqrt{2} I \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Luego, la potencia reactiva instantánea puede ser expresada como:

$$q(t) = v(t) \times i'(t)$$

$$q(t) = VI \cos\left(-\theta - \frac{\pi}{2}\right) - VI \cos\left(2\omega t - \theta - \frac{\pi}{2}\right)$$

Notemos que  $i'(t)$  es la señal de corriente con  $90^\circ$  de desfase  $q(t)$  también puede ser escrito como:

$$q(t) = VI \sin(\theta) + VI \sin(2\omega t - \theta)$$

La potencia reactiva promedio en un número “n” finito de ciclos de línea está dada por la expresión:

$$Q = \frac{1}{nT} \int_0^{nT} q(t) dt = V \times I \times \sin(\theta)$$

Donde T es el periodo de muestreo. Vemos los resultados de estas ecuaciones en el siguiente gráfico:

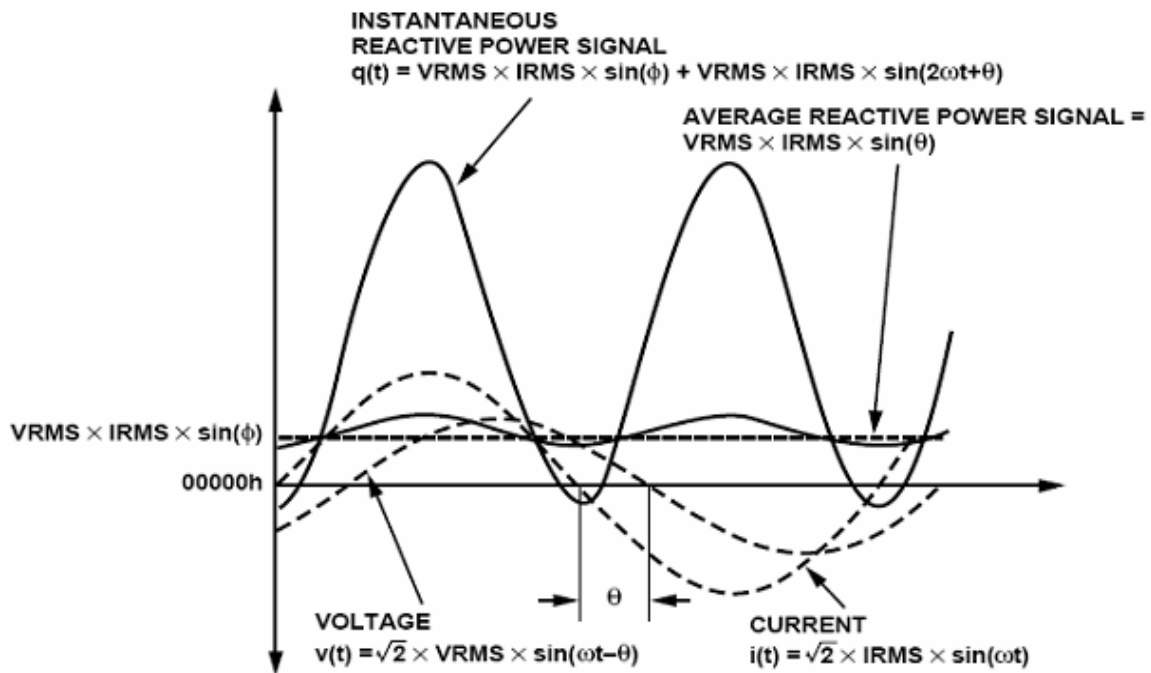


Figura 17: Medición de Potencia Reactiva

Luego de pasar por un filtro pasabajos nos quedamos con la componente DC de la señal mas un leve rizado debido a la atenuación que sufre esta componente de doble frecuencia de la señal instantánea de potencia reactiva. La potencia reactiva instantánea es acumulada en el registro AVARHR, BVARHR o CVARHR dependiendo de la fase seleccionada, obteniendo así la energía reactiva según la siguiente ecuación:

$$\text{Energía reactiva} = \int q(t) dt = \lim_{T \rightarrow 0} \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} q(nT) \times T \right\}$$

Lo cual representa una sumatoria en tiempo discreto de los valores instantáneos de

potencia reactiva. Donde n es el número de la muestra discreta y T corresponde al periodo de muestreo.

En la figura 18 mostramos el camino que toman las señales para el cálculo de la energía reactiva.

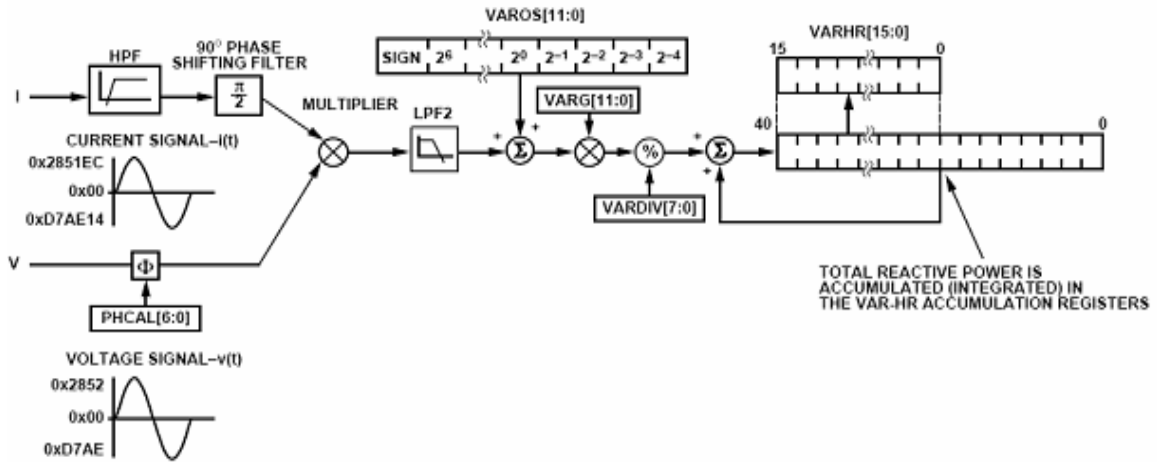


Figura 18: Cálculo de la Energía Reactiva

Como en el caso de la energía activa, los registros VAROS y VARG corresponden a señales de offset y de ganancia.

Luego de N ciclos de línea registro AVARHR es leído por el microcontrolador siendo luego puesto a cero. El valor leído, junto con el tiempo de los ciclos de línea pasados entre lectura y lectura nos dan un valor más exacto del valor de la energía reactiva eliminando así el rizado producido por el filtro pasabajos. Es esta energía reactiva y es este tiempo entre lecturas el cual usamos para obtener el valor final de la potencia reactiva. De este registro se obtiene:

$$E_{react}(t) = V_{RMS} \times I_{RMS} \times \sin(\theta) \times t$$

De donde podemos obtener la potencia como:

$$Q = \frac{E_{react}(t)}{t}$$

Donde t es el número de ciclos de línea multiplicado por el tiempo de ciclo.



### c) Cálculo de la Potencia Aparente

La potencia activa está definida como la amplitud de la suma de los vectores de las potencias activas y reactivas:

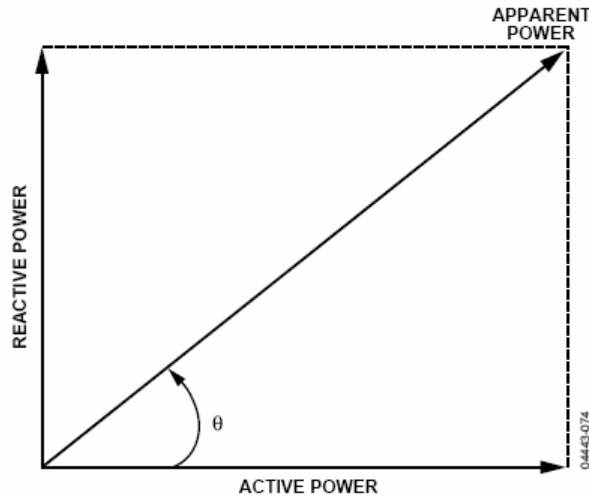


Figura 19: Triángulo de Potencias

Hay 2 formas para obtener el valor de la potencia aparente: la aritmética y la vectorial: La aproximación aritmética se obtiene de multiplicar directamente las señales de voltaje y corriente rms:

$$S = V_{RMS} \times I_{RMS}$$

La aproximación vectorial se obtiene de calcular la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las potencias activas y reactivas:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Donde P es la potencia activa y Q es la potencia reactiva.

Ambas aproximaciones producen un resultado correcto, pero debido a la facilidad de implementación se optó por usar la aproximación aritmética.

Entonces para hallar la energía activa utilizamos la aproximación aritmética pero en tiempo discreto:

$$\text{Energía aparente} = \int S(t) dt = \lim_{T \rightarrow 0} \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} S(nT) \times T \right\}$$

Lo cual representa una sumatoria en tiempo discreto de los valores instantáneos de potencia aparente. Donde n es el número de la muestra discreta y T corresponde al periodo de muestreo. Mostramos en la figura 20 el camino tomado por las señales para hallar la potencia aparente:

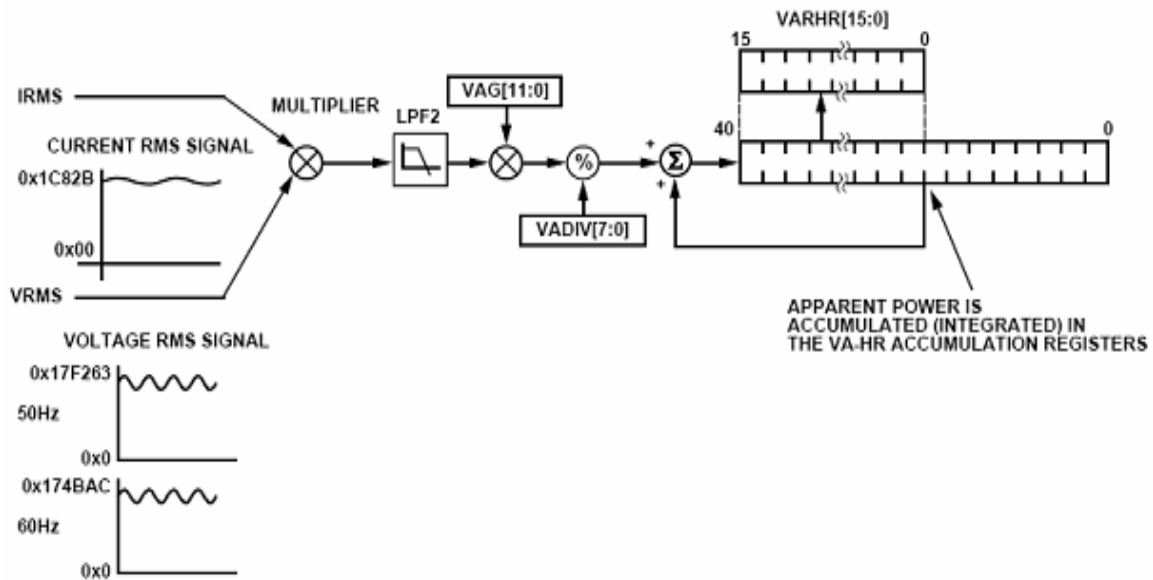


Figura 20: Medición de Energía Aparente

De la misma manera que en los casos anteriores el registro y VAG corresponde la señales de ganancia.

Luego de N ciclos de línea registro AVAHR es leído por el microcontrolador siendo luego puesto a cero. El valor leído, junto con el tiempo de los ciclos de línea pasados entre lectura y lectura nos dan un valor más exacto del valor de la energía aparente. Es esta energía aparente y es este tiempo entre lecturas el cual usamos para obtener el valor final de la potencia aparente. De este registro se obtiene:

$$E_{aparente}(t) = VRMS \times IRMS \times t$$

De donde podemos obtener la potencia aparente como:

$$S = \frac{E_{aparente}(t)}{t}$$

Donde t es el número de ciclos de línea multiplicado por el tiempo de ciclo.

### 3.1.1.2.4 Medición de Frecuencia

La frecuencia es leída por medio del dispositivo ADE7758 el cual posee en su interior un registro que almacena la frecuencia medida de una señal de entrada a la vez. Por medio del bit 7 del registro LCYCMODE se selecciona si se desea medir frecuencia o periodo de la fase seleccionada. El registro donde se almacena el valor de la frecuencia es un registro de 12 bits sin signo llamado FREQ el cual es actualizado cada 4 periodos de la fase seleccionada. Dicho registro posee un valor aproximado de 960d para 60Hz y 800d para 50Hz con una resolución de 0.0625Hz/LSB

Como el registro FREQ solo puede mostrar el valor de la frecuencia de una fase a la vez, se utilizan los bits 0 y 1 (FREQSEL1 Y FRQSEL0) del registro MMODE para seleccionar la fase a la que se le desea medir la frecuencia:

FREQSEL1	FREQSEL0	Source
0	0	Phase A
0	1	Phase B
1	0	Phase C
1	1	Reserved

*Figura 21: Configuración de los bits para selección de fase*

Con todo esto el microcontrolador encargado del procesamiento de datos escribe en el registro MMODE para seleccionar la fase y luego lee el valor de la frecuencia del registro FREQ.

### 3.1.1.2.5 Medición de Temperatura y Presión

Para la medición de la temperatura del agua del radiador y para la presión de aceite del motor, se utilizan sensores VDO los cuales varían su resistencia al aumentar la temperatura o la presión a la cual están sometidos. Los sensores VDO presenta la siguiente curva de respuesta:

### VDO Temperature sensor

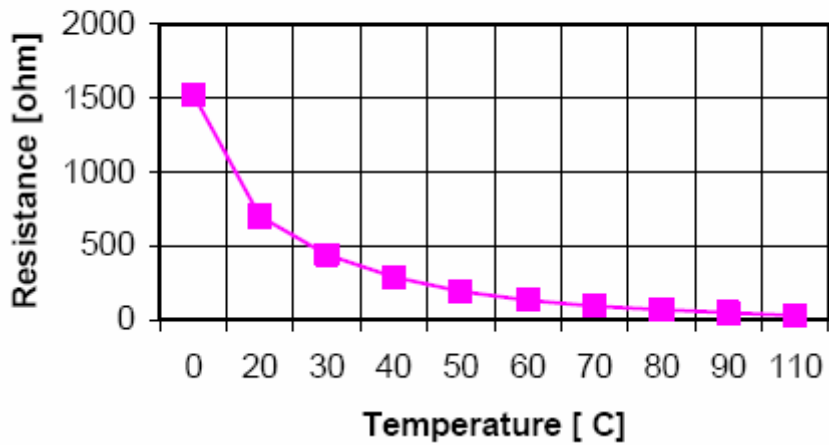


Figura 22: Curva de respuesta de sensor VDO de temperatura

### VDO Pressure sensor

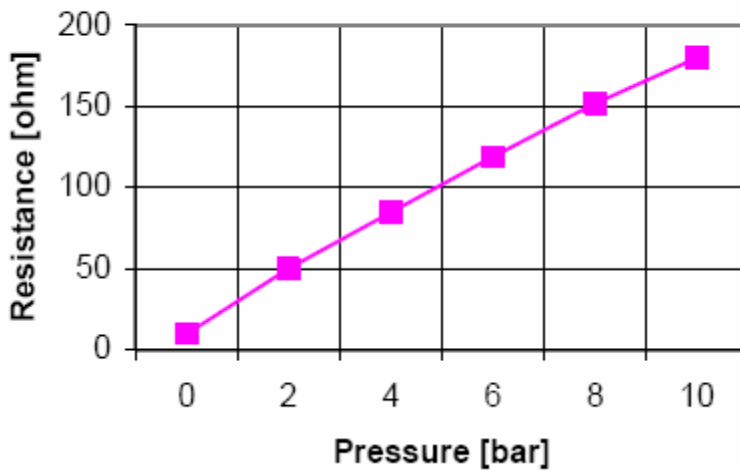


Figura 23: Curva de respuesta de sensor VDO de presión

Debido a la no linealidad de la curva de respuesta del sensor VDO se optó por no utilizar un circuito puente de Wheatstone sino un divisor de voltaje de la siguiente forma:

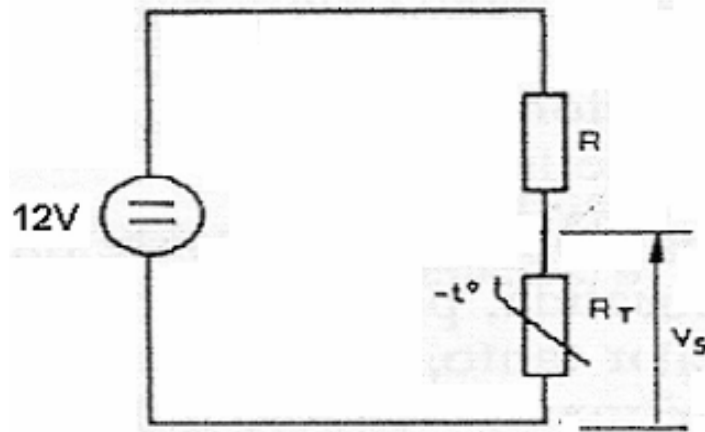


Figura 24: Circuito divisor de tensión para lectura del valor de temperatura y presión.

La salida del divisor de voltaje está conectada por medio de un buffer al ADC del microcontrolador de procesamiento de datos. Para hallar los valores de voltaje en función a la temperatura y presión se tiene lo siguiente:

$$V_s = \frac{12V \cdot R_t}{R + R_t} = \frac{12V}{R/R_t + 1} = 12V \cdot F(T)$$

Lo mismo para la presión:

$$V_s = \frac{12V \cdot R_p}{R + R_p} = \frac{12V}{R/R_p + 1} = 12V \cdot F(P)$$

Podemos hallar los valores de temperatura y resistencia y presión y resistencia para los puntos de las curvas anteriormente mostradas de tal forma que obtenemos valores para  $V_s$  los cuales son usados por el microcontrolador como puntos de referencia para interpolar el valor leído en el ADC. De esta manera se logra linealizar por tramos el valor de la curva de respuesta del sensor VDO.

Generamos las tablas de interpolación para la temperatura y presión para  $R = 2.5 \text{ k}\Omega$  para temperatura y  $R = 270 \text{ }\Omega$  para presión:

Temperatura °C	Resistencia Ohms	Vs	Valor ADC
110	29	0.138	0h1C
80	69	0.322	0h42
70	95	0.439	0h59
60	135	0.615	0h7D
50	195	0.868	0hB1
40	290	1.247	0hFF
30	440	1.796	0h16F
20	700	2.625	0h219
0	1525	4.547	0h3A3
-20	3900	7.313	Fuera de Rango

Tabla 2: Tablas de interpolación para sensor de temperatura

Vemos que el rango mínimo de temperatura está diseñado para los 0°C pues el voltaje Vs no debe de superar los 5 voltios por límites en el ADC del microcontrolador.

Presión	Resistencia	Vs	Valor ADC
0	10	0.429	0h57
20	50	1.875	0h180
40	85	2.873	0h24C
60	119	3.671	0h2EF
80	152	4.322	0h375
100	180	4.800	0h3D7

Tabla 3: Tabla de interpolación para sensor de presión

### 3.1.2 Subsistema de Procesamiento digital de datos

#### 3.1.2.1 El ADE7758

Como he mencionado anteriormente el ADE7758 se encarga de realizar los cálculos de la medición de la potencia activa, reactiva y aparente; además nos brinda la información sobre la magnitud de los voltajes y corrientes RMS de cada fase. Para esto el ADE7758

realiza dichas operaciones usando hardware. A continuación mostramos el diagrama de bloques de dicho componente:

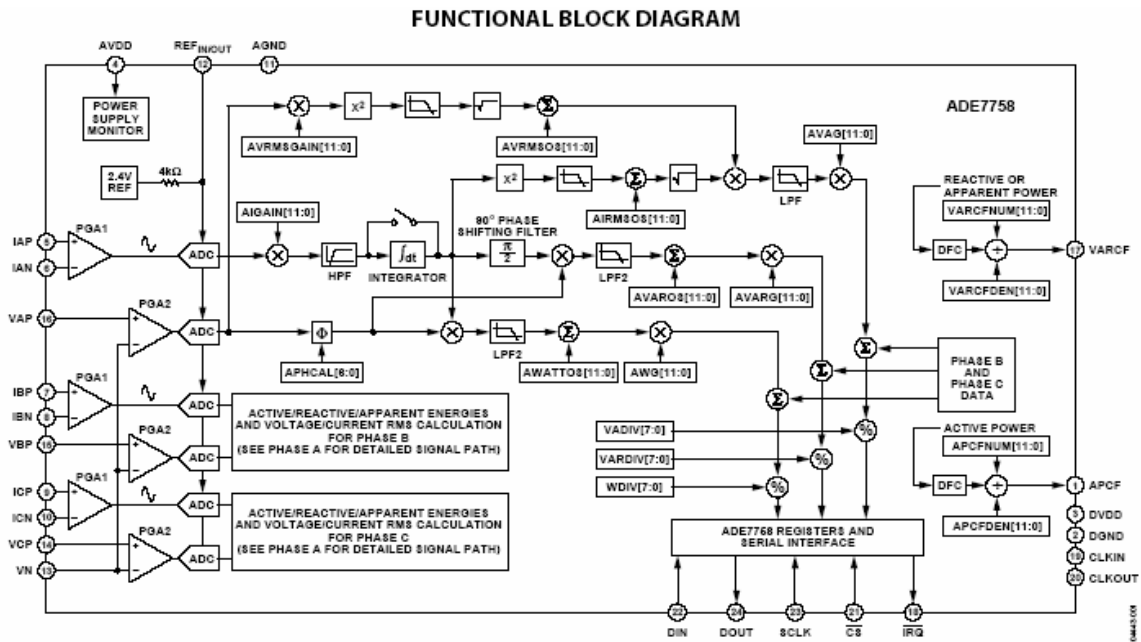


Figura 25: Diagrama de bloques del ADE7758

Las señales de entrada analógica son digitalizadas por un conversor análogo digital. El ADE7758 posee 6 de dichos conversores, 2 por cada fase, pues lee los valores de corriente y voltaje por fase.

El ADE7758 es supervisado y controlado por el microcontrolador de procesamiento de datos por medio de un puerto serial implementado, comportándose así como un periférico de dicho microcontrolador.

### 3.1.1.2.6 Obtención de Parámetros no Medidos

Los parámetros no medidos son aquellos que no se leen directamente de los sensores del motor ni del ADE7758. La obtención de estos parámetros se hace mediante cálculos internos del microcontrolador de procesamiento de datos utilizando a los parámetros medidos de voltaje, corriente, potencias y frecuencia.

Entre estos parámetros se encuentran:

a) RPM

No es necesario medir los RPM directamente del grupo mediante pickup's magnéticos como se hacía anteriormente. Es necesaria solamente la información de la frecuencia y el número de polos del generador para lograr esto. Los RPM se hallan usando la siguiente ecuación:

$$\text{RPM} = \frac{120 * \text{Frecuencia}}{\# \text{ de polos}}$$

b) Factor de Potencia

El factor de potencia se calcula directamente de la relación entre la potencia aparente y la potencia activa, valores proporcionados por el ADE7758. La ecuación es la siguiente:

$$\text{fdp} = \frac{\text{Paparente}}{\text{Pactiva}}$$

c) Horas de trabajo

Las horas de trabajo es un registro que va almacenando el tiempo en el que el motor está marchando. Este registro de memoria debe de ser no volátil, por lo que se utiliza la memoria EEPROM interna.

### 3.1.2.2 Microcontrolador encargado del procesamiento de datos

Los microcontroladores utilizados en esta tesis son PIC16F877A. Esto se debe a la robustez de dicho microcontrolador, facilidad de implementación y abundancia en el mercado.

El microcontrolador encargado del procesamiento de datos es el principal en el módulo esclavo, a continuación describimos las tareas específicas que realiza:

- Lee los parámetros obtenidos por el ADE7758.
- Lee los valores de temperatura y presión.
- Procesa dichos parámetros y analiza si se encuentran dentro de rango.
- Envía los parámetros leídos al microcontrolador encargado de las



comunicaciones e interfaz con el usuario.

- Analiza si es que existen alarmas.
- Realiza la transferencia automática para grupos aislados e independientes.

El PIC16F877A posee una memoria de programa de 14.3 KB y una memoria EEPROM de 256 Bytes. Además presenta puertos de comunicación serial síncronos y asíncronos implementados por hardware. Para la lectura de datos analógicos posee 8 canales ADC con una resolución de 10 bits. Este microcontrolador presenta 33 pines de entrada y salida distribuidos en 5 puertos.

A continuación describiremos la configuración de pines y puertos utilizados para la implementación que se ha realizado:

a) Puerto A

Este puerto está formado por 6 pines que pueden ser configurados como entradas o salidas digitales o como entradas analógicas. En la implementación se utilizó este puerto como entrada para las señales analógicas provenientes de los sensores VDO de corriente, de presión y de nivel de combustible, siendo este último dejado de lado debido a la poca demanda de este tipo de señal. Para evitar colisiones de señales se mantuvo configurado como entradas a los pines del puerto A que no fueron usados, así en caso de que se colocara accidentalmente una señal en dichos pines no se dañaría el puerto.

b) Puerto B

Este puerto consiste de 8 pines (RB0, RB1, RB2, RB3, RB4, RB5, RB6 y RB7) que pueden ser configurados como entradas o salidas digitales. En la implementación se utilizaron los pines RB3, RB4, RB5, RB6 y RB7 como salidas digitales que van a las salidas de colector abierto del módulo esclavo. Los pines RB1 y RB2 se utilizan como salidas digitales que corresponden a las salidas de relay para el encendido del motor del grupo electrógeno. El pin RB0 es utilizado para las interrupciones del dispositivo ADE7758.

c) Puerto C

Este puerto consiste de 8 pines (RC0, RC1, RC2, RC3, RC4, RC5, RC6 y RC7). El pin RC0 está configurado como entrada digital correspondiente a una de las cinco entradas

del módulo esclavo. Los pines RC1 y RC2 se utilizan para la comunicación serial I<sup>2</sup>C entre el microcontrolador principal y el de comunicaciones e interfaz con el usuario. Los pines RC3, RC4 y RC5 son utilizados para realizar la comunicación serial con el dispositivo ADE7758. Por último, los pines RC6 y RC7 son utilizados para la comunicación serial RS-232 auxiliar.

d) Puerto D

Este puerto consta de 8 pines (RD0, RD1, RD2, RD3, RD4, RD5, RD6 y RD7). El pin RD3 es usado como señal CS para la comunicación con el ADE7758. Los pines RD4, RD5, RD6 y RD7 están configurados como entradas digitales y corresponden a 4 de las 5 entradas digitales del módulo esclavo.

e) Puerto E

El puerto E consiste de 3 pines (RE0, RE1 y RE2) que pueden ser configurados como entradas o salidas digitales. Estos pines se han configurado como entradas digitales por los cuales se lee los valores lógicos provenientes de los MID400 para indicar la presencia de la red comercial.

### 3.1.2.3 Microcontrolador encargado de las comunicaciones e interfaz con el usuario

Este microcontrolador es un PIC16F877A y tuvo que ser usado debido a la escasez de puertos necesarios para realizar las tareas para el correcto funcionamiento del módulo esclavo. Las tareas realizadas por este microcontrolador son las siguientes:

- Guardar la configuración del sistema.
- Manejar el programa de interfaz con el usuario.
- Realizar las comunicaciones del módulo esclavo con el módulo maestro por medio del protocolo serial RS-485.
- Visualizar los resultados en una pantalla de LCD.
- Leer los datos ingresados por el usuario por medio de un teclado matricial.

Para poder realizar estas tareas se ha asignado a cada puerto del microcontrolador las funciones que describimos a continuación:

a) Puerto B: El puerto B ha sido conectado directamente al teclado matricial que va ser

usado por el usuario para ingresar los valores de configuración del sistema.

b) Puerto D: Este puerto está siendo usado para el manejo de la pantalla de LCD

c) Puerto C: De este puerto se están usando los pines RC0, RC6 y RC7 para la comunicación serial RS-232 y RS-485. Los pines RC3 y RC4 son usados para la comunicación serial I<sup>2</sup>C con el microcontrolador encargado del procesamiento de datos.

El resto de puertos no están siendo usados por lo que han sido configurados como entradas para evitar colisiones.

### 3.1.3 Subsistema de Comunicaciones e interfaces del Módulo Esclavo.

Para que todas las etapas del módulo esclavo puedan funcionar correctamente, la información debe de viajar de una etapa a otra por medio de diferentes protocolos de comunicación serial. Cada uno de estos protocolos tiene diferentes niveles de voltaje de trabajo y de trama. Para acceder a estos diferentes protocolos se utilizan convertidores de señal como lo son el MAX232 y el MAX485.

#### 3.1.3.1 El MAX232

El MAX232 es un adaptador de de señales el cual convierte las señales TTL (0V y 5V) o CMOS, provenientes del microcontrolador a valores correspondientes con los del protocolo RS-232 (+12V y -12V), tanto para la transmisión como para la recepción. A continuación mostramos el circuito típico de operación del MAX232:

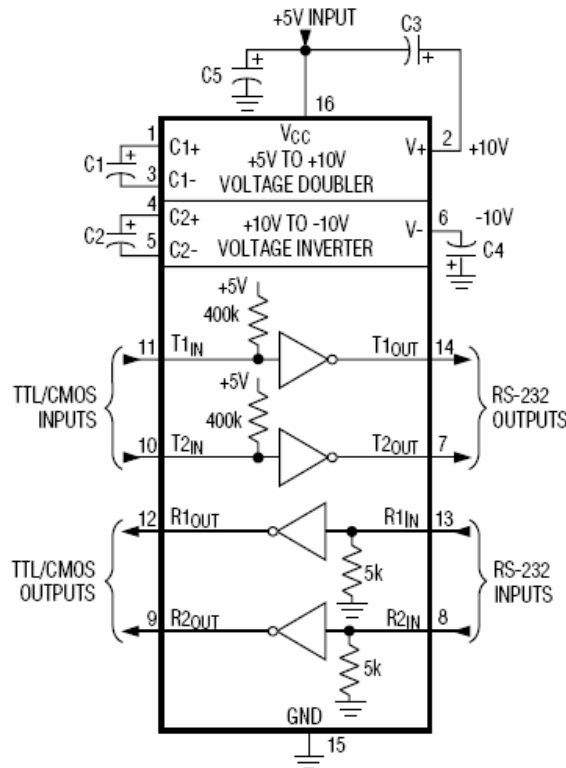


Figura 26: Circuito típico de operación del MAX232

Por los pines 10 y 11 se envían las señales desde el microcontrolador y por los pines 9 y 12 se reciben al mismo. Las señales transformadas a los voltajes del protocolo RS-232 salen por los pines 7 y 14, y se reciben por los pines 8 y 13. Sin este conversor de señales en el momento en el que se conecte el microcontrolador a un bus de protocolo RS-232 se quemaría pues los niveles de voltajes de trabajo son diferentes. El MAX232 consume muy poca potencia por lo que es ideal para la implementación en sistemas portátiles y en módems de bajo consumo de potencia.

### 3.1.3.2 EI MAX485

De la misma manera que el MAX232, el MAX485 es un conversor de señales de los niveles TTL o CMOS a niveles de voltaje según los estándares de las redes RS-485 que trabajan con voltajes diferenciales. El MAX485 presenta un consumo de potencia bajo, además tiene implementado un limitador de corriente de cortocircuito y está protegido contra disipación excesiva de potencia.

A continuación mostramos el circuito típico de operación del MAX485:

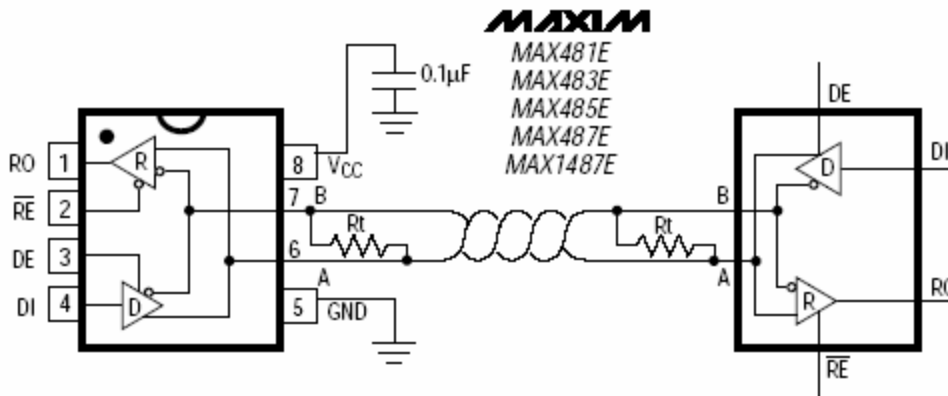


Figura 27: Circuito típico de operación del MAX485

### 3.1.3.3 Comunicación serial del dispositivo ADE7758

El ADE7758 se comunica con el microcontrolador encargado del procesamiento de datos por medio de una interfaz serial que consta de 4 líneas:

- a) **SCLK**: Corresponde al reloj utilizado para la transmisión serial de datos. Posee una estructura de entrada Schmitt trigger que permite suavizar el rizado de los bordes de la señal de reloj. Todas las operaciones de transferencia son sincronizadas con esta señal de reloj.
- b) **DIN**: Las señales que entran al ADE7758 lo hacen por este pin durante los flancos de bajada de la señal de reloj SCLK.
- c) **DOUT**: Corresponde al pin por donde salen los datos seriales del ADE7758 durante los flancos de subida de la señal de reloj SCLK.
- d) **/CS**: Corresponde al chip select. Es decir, la comunicación va a estar habilitada solo si /CS está en cero. Esto sirve si se utilizan más de un ADE7758 en un mismo puerto de comunicaciones seriales. Este pin debe de estar en cero durante toda la operación de transferencia, de lo contrario se aborta dicha operación.

En el modo de comunicación el ADE7758 espera que la primera comunicación sea la de escritura al registro interno de comunicaciones. La información escrita en este registro contiene la dirección y especifica si la siguiente operación va a ser de lectura o de escritura. Por lo tanto todas las operaciones de comunicación deben de empezar mediante la escritura al registro de comunicaciones. Dicho registro posee 8 bits, siendo el MSB el que determina si la siguiente operación de comunicación es de lectura o escritura. Los 7 siguientes bits determinan la dirección del registro a leer o a escribir. A continuación en las figuras 28 y 29 mostramos la secuencia de bits que se tienen que realizar al registro de comunicaciones antes de cualquier lectura o escritura a otro registro:

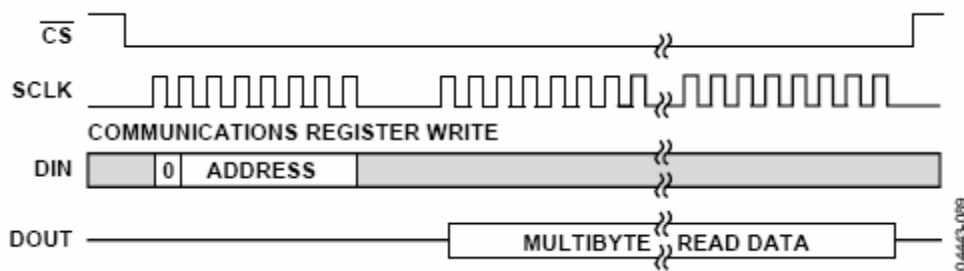


Figura 28: Secuencia para la lectura de información del ADE7758

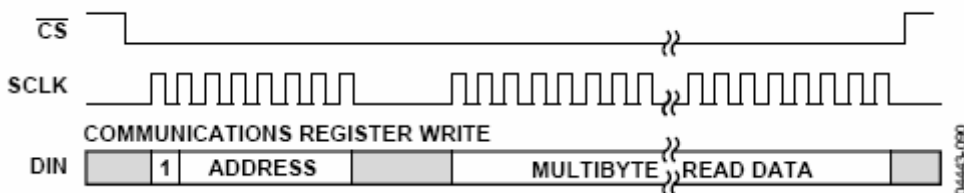


Figura 29: Secuencia para la escritura de información en el ADE7758

Cuando se completa la transferencia de información el ADE7758 entra de nuevo en el modo de comunicaciones esperando que la siguiente instrucción sea de escritura en el registro de comunicaciones. La transferencia de datos se completa cuando el LSB del registro del ADE7758 siendo leído o escrito, es transferido desde o hasta el ADE7758.

### 3.1.3.4 Teclado Matricial

El teclado matricial es un teclado de 16 caracteres (4x4) con el cual se ingresan los

parámetros de configuración al módulo esclavo. El teclado presenta la siguiente configuración:

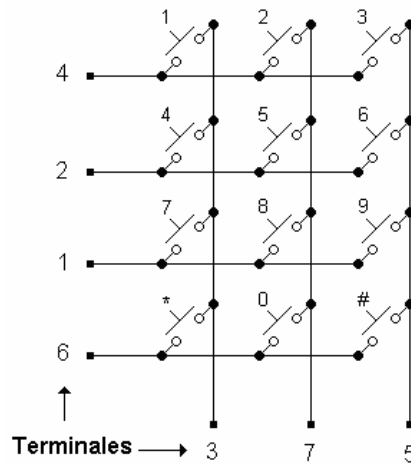


Figura 30: Configuración de teclado matricial

De esta manera vemos que cuando se presiona cualquiera de los botones, éstos cierran el circuito entre dos de los pines del teclado. Esto es leído por el microcontrolador el cual le asigna un código a cada uno de los botones del teclado. Es con este código que se sabe cuál botón ha sido presionado.

### 3.1.3.5 Visualizador de Cristal líquido

Para que el usuario que está presente en la máquina pueda ver los valores que están siendo leídos en ese preciso momento por el módulo de adquisición de datos y para que pueda modificar la configuración del sistema se usa una pantalla de cristal líquido. La pantalla utilizada en el módulo esclavo es de 20x2, es decir tiene 2 líneas y presenta 20 caracteres por línea. Como indicamos anteriormente dicha pantalla está conectada al puerto D del microcontrolador en configuración de bus de 4 bits. En el ANEXO A puede observarse cómo es la conexión específica entre el microcontrolador y la pantalla de LCD.

### 3.1.4 Lógica de Gobierno del Módulo Esclavo

Los diagramas de flujo del programa principal utilizado por el microcontrolador encargado del procesamiento de datos se encuentran en el anexo C, figuras 11, 12, 13 y 14. Las variables SGCB, SMCB corresponden a las salidas digitales que energizan los

contactos de potencia del grupo y de la red comercial respectivamente. Las variables EGCB y EMCB corresponden a las entradas de los contactos auxiliares de dichos contactores de potencia. Para el caso de que el grupo corra en modo aislado se tienen tres modos de funcionamiento: OFF, manual y automático. El modo OFF apaga el grupo y desconecta la red comercial. Este modo se activa en el inicio cuando se instala recién el grupo, cuando existe una falla en los contactores de potencia o cuando ocurre una falla grave en el grupo.

Debido a la extensión limitada que debe de tener este documento no se van a presentar todos los diagramas de flujo, sólo nos vamos a focalizar en las rutinas importantes.

El software que va a usarse para el desarrollo del programa es el compilador de C a assembler, MicroC v3.05. Ahí se van a desarrollar las rutinas en detalle, pues los diagramas de flujos muestran las tareas a realizar en base a la lógica de sucesos.

### 3.2 Módulo Maestro

Este módulo se encargará de las siguientes tareas:

- Recopilar la información de los diferentes módulos esclavos y almacenarla en una memoria MMC.
- Analizar las banderas de alarmas de cada uno de los módulos esclavos.
- Transmitir la información almacenada en el disco al usuario final.

Para realizar estas tareas el módulo maestro posee 2 bloques característicos: El módulo de almacenamiento de datos y el módulo de comunicaciones y acceso punto a punto al usuario final, tomo manejado por el microcontrolador maestro.

El diagrama esquemático del módulo maestro puede verse en el anexo A, figura 5.



### 3.3.1 Módulo de Almacenamiento de Datos

El módulo de almacenamiento de datos está conformado por una memoria de escritura serial SD-MMC (Secure Digital MultiMedia Card) como la que se muestra a continuación:



Figura 32: Memoria SD

Estos dispositivos de almacenamiento de memoria vienen en diferentes capacidades, siendo las últimas versiones de 2GB. En este proyecto se van a usar de memorias de menor capacidad pues el volumen de información a almacenar es limitado.

El microcontrolador del módulo maestro puede acceder a los registros de memoria a través del puerto SPI. Todas las memorias MMC implementan este tipo de comunicación. Estas memorias presentan la siguiente configuración de pines:

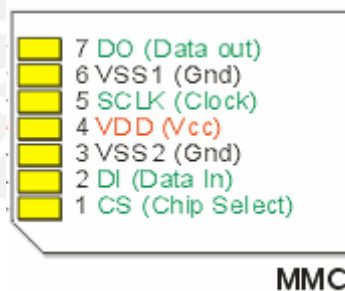


Figura 33: Configuración de pines de memorias SD- MMC

**Pin1) CS:** Corresponde al “chip select”, el cual selecciona la tarjeta de memoria que va a ser leída. Este pin tiene que estar activado durante todo el proceso de lectura-escritura.

**Pin2) DI:** Corresponde al data in, que es por donde ingresan los datos de escritura serial

**Pin3) VSS2:** Es el segundo pin de tierra de la tarjeta.

**Pin4) VDD:** Es la alimentación de la tarjeta. Estas tarjetas se alimentan con 3.3V.

**Pin5) SCLK:** Corresponde a la señal de reloj de la comunicación serial.

**Pin6) VSS1:** Es la tierra de la tarjeta.

**Pin7) DO:** Corresponde al data out, que es por donde salen de los datos seriales desde la tarjeta al microcontrolador.

### 3.3.2 Microcontrolador Maestro

El microcontrolador utilizado para esta aplicación es el PIC18F458 de microchip. Se escogió este microcontrolador debido a que no solo presenta los puertos de comunicación serial USART y SPI sino que soporta las funciones de las librerías del microC para poder acceder a la tarjeta MMC y grabar los datos como archivos FAT16. En el resto de cualidades este microcontrolador es muy similar al PIC16F877A, pero a diferencia de éste, puede trabajar a 40Mhz y tiene una memoria de programa de 32KB. Este microcontrolador está configurado de la siguiente manera:

a) Puerto B: Este puerto consiste de 8 pines (RB0, RB1, RB2, RB3, RB4, RB5, RB6 y RB7) que pueden ser configurados como entradas o salidas digitales. En la implementación se utilizaron los pines RB1 y RB2 como los pines del dispositivo serial USART virtual implementado por software para la comunicación RS-232 entre el microcontrolador y el módem externo. El pin RB0 está configurado como entrada de interrupciones para estabilizar el sistema antes de apagarlo. Los pines RB6 y RB7 son salidas digitales las cuales van conectadas a LED's los cuales indican si el sistema se encuentra ocupada o listo para ser apagado.

b) Puerto C: Este puerto consiste de 8 pines (RC0, RC1, RC2, RC3, RC4, RC5, RC6 y RC7). De este puerto se están usando los pines RC0, RC6 y RC7 para la comunicación serial RS-485. Los pines RC3, RC4 y RC5 son usados para la comunicación serial SPI con la tarjeta de memoria MMC.

El resto de puertos no está siendo utilizado por lo que se configuran como entradas para evitar algún conflicto entre señales.

El programa que maneja este microcontrolador se encarga de lo siguiente:

- Interrogar a cada módulo esclavo para que envíe los parámetros monitoreados.
- Interactuar con la tarjeta de memoria MMC para almacenar los valores leídos en sus respectivos archivos.
- Interactuar con el módem para permitir la conectividad al usuario final.
- Procesar los datos enviados por el usuario final para ver si existe alguna petición de descarga de la información por parte del usuario final.
- Evaluar las banderas de alarmas para ver si se hace un llamado al usuario final para descargar la información almacenada en la memoria.

### 3.3.3 Módulo de Comunicaciones y Acceso Punto a Punto al Usuario Final

El módulo de comunicaciones consta de dos partes:

La primera es la encargada de gestionar la red RS-485 donde se encuentran conectados todos los módulos esclavos. Para esto el microprocesador maestro posee un puerto serial conectado a un MAX485 el cual, como mencionamos anteriormente, convierte las señales eléctricas TTL del microcontrolador maestro a señales que estén acorde a los del protocolo RS-485.

La segunda parte es la del acceso punto a punto hasta el usuario final. Esta parte es la encargada de transportar la información contenida en la memoria MMC desde el módulo maestro hasta el usuario final, para esto utiliza un módem con conexión serial RS-232. La comunicación con el usuario final se da de manera punto a punto, es decir, el usuario se va a poder comunicar con el módem directamente y no a través de los protocolos de aplicación TCP/IP de Internet. No se optó por hacer una conexión a través de Internet mediante la implementación de un servidor web o mediante la implementación de los protocolos HTTP o SMTP debido a la complejidad y aumento de recursos tanto de software como de hardware que esto significa. Se ha tratado de hacer que esta etapa de la comunicación sea lo más transparente posible para el microcontrolador maestro.

Debido a que este tipo de módem está un poco en desuso por la popularidad de la tecnología TCP/IP fue difícil encontrar uno. En el Perú, es casi imposible encontrar un módem GSM externo por lo que para la aplicación se ha optado por utilizar el módem externo TFM-560X de TRENDnet.

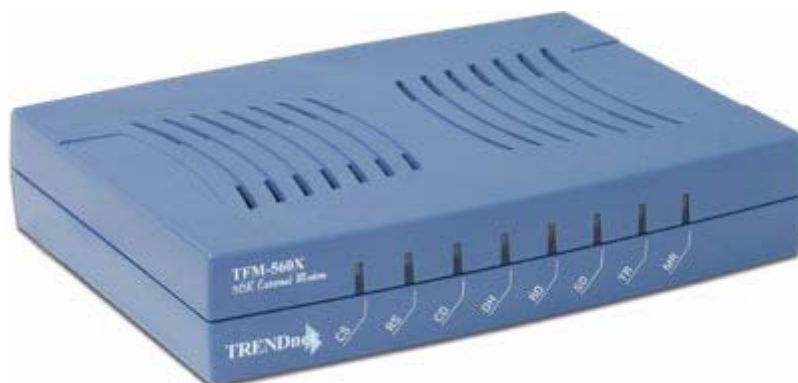


Figura 34: Módem Externo TFM-560X de TRENDnet.

Este módem presenta las siguientes características:

- Descarga de datos a 56Kbps V.90
- Admite protocolo de fax V.17, V.29 y V.27ter Grupo 3
- Soporta un diagnóstico automático
- Admite Windows 95/98/ME/2000/XP y Linux
- Protocolo de fax Grupo 3 / Interfaz RS-232
- Detección automática de velocidad
- Funciones de codificación y decodificación de voz / TAM
- Máquina de contestación telefónica con micrófono full-dúplex
- Datos de alta velocidad a 56Kbps y comunicación de fax a 14.4Kbps
- Protocolo estándar industrial para la compresión de datos y corrección de errores.
- Compatible también con todo tipo de software de comunicación y es capaz de utilizar la configuración del comando 'AT' Hayes.

El protocolo de comunicación que se va a utilizar es el protocolo de comandos AT que es un estándar para los módems seriales. Una vez establecida la conexión con un módem remoto, se pasa del modo comando al modo conexión. Los teléfonos celulares con módems incorporados también soportan este protocolo de comandos. Esto último lo vamos a tener en mente durante la programación, pues quiere decir que el sistema puede mudarse a utilizar un teléfono celular con módem GSM y deshacernos del módem externo TFM-560X, lo cual traería muchas ventajas. Quizás se haga esto en una futura extensión, pues requeriría mayores gastos para la implementación.

### 3.3.4 Lógica de Gobierno del Módulo Maestro.

Igual que en el caso anterior, por motivos de extensión del documento, solo se mostrarán los diagramas de flujo de las rutinas principales del programa de gobierno del módulo maestro. Los diagramas muestran las tareas a realizar en base a la lógica de sucesos, mas no brindan información detallada de cómo se va a realizar. Dicha información se encontrará en el programa principal escrito en lenguaje C.

El programa permanece interrogando al módem para ver si hay llamadas y además está permanentemente revisando las banderas de alarmas de los módulos esclavos conectados a él. Si encuentra una bandera de alarma activada, realiza una llamada a un módem predeterminado y envía la información a éste.

Cada minuto se genera una interrupción que hace que el programa descargue todos los parámetros de cada uno de los módulos esclavos conectados a él. Esta información es almacenada en la memoria MMC para que pueda ser descargada al usuario en caso de que llame o en caso de una alarma.

Los diagramas de flujo del programa que ejecuta el módulo maestro se encuentran en el anexo C, figuras 15 y 16.

# Capítulo 4

## Implementación y Pruebas

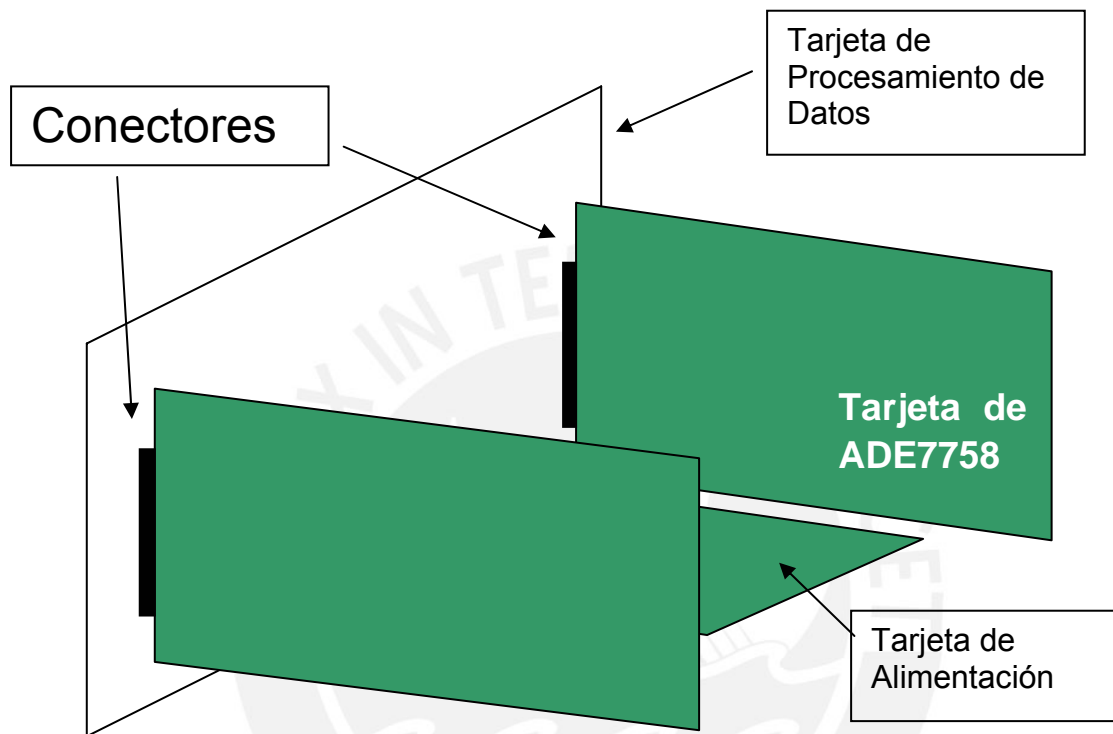
Como era de esperarse la implementación se realizó en 2 etapas: Primero se implementó el módulo esclavo y luego el módulo maestro.

### 4.1 Implementación del Módulo Esclavo

Para la implementación del módulo esclavo, se optó primero por implementar el subsistema de procesamiento de datos, pues sin éste no podríamos visualizar los resultados obtenidos de las mediciones hechas por el subsistema de adquisición de datos.

La primera consideración que hay que hacer es el medio en el que se va a encontrar el módulo esclavo. Uno de los problemas que se da a notar en un primer momento es la cantidad de vibración y ruido que hay en el grupo debido a la presencia del motor que hace mover al generador. El ruido no representa ningún inconveniente en el módulo, pero sí lo son las vibraciones. El hecho de que el módulo esclavo se encuentre sometido constantemente a vibraciones trae como consecuencia de que en el diseño no se puedan usar conectores de bornera comunes y que la interconexión de señales entre las tarjetas no puede ser hecha por conectores molex o cables a borneras. Las vibraciones hacen que los cables se desconecten de las borneras y que los molex

presenten falsos contactos. Es por eso que se diseñaron las tarjetas de este módulo de la forma en que las señales viajen de tarjeta a tarjeta por medio buses sólidos hechos con jumpers y conectores de jumpers que se alojan en las tarjetas. De la siguiente forma:



*Figura 35: Disposición de Tarjetas*

Esto hace que en el diseño de una tarjeta se considere a su vez el diseño de la otra, pues las tarjetas deben de quedar perfectamente alineadas para evitar forzar las tarjetas y garantizar la conexión entre todas ellas.

Para evitar que el módulo esté expuesto a interferencias electromagnéticas se optó por usar una carcasa de metal para que actúe como una jaula de Faraday, protegiendo así los circuitos de estas interferencias.

Otra cosa que hubo que tomar en consideración es la inexistencia de representantes o distribuidores legales de la mayoría de marcas de componentes electrónicos en nuestro país. Esto hace que al momento de escoger un tipo de componente, antes se tenía que verificar con algún vendedor local para ver si éste lo poseía o no, si no, se buscaban

reemplazos. En el caso de elementos vitales para el funcionamiento como lo es el caso del circuito integrado ADE7758 y de los transformadores de corriente de tarjeta no se tuvo otra opción más que importarlos del extranjero. Los componentes demoraron cerca de 2 meses en llegar, atrasando así el avance de la presente tesis. Es por eso que durante el diseño siempre se tuvo en cuenta la viabilidad de conseguir los componentes necesarios en este país.

#### 4.1.1 Implementación del Subsistema de Procesamiento de Datos

La imagen de la interconexión de pistas de la tarjeta (layout) de este subsistema se encuentra en detalle en el anexo B, figura 8.

Para el diseño de esta tarjeta se tomó en consideración la ubicación del resto de tarjetas puesto a que la tarjeta de procesamiento de datos sirve como soporte principal ya que el resto de tarjetas están conectadas a ella directamente. Esta tarjeta se sujeta por medio de 3 pernos ubicados en las esquinas. Otro factor que se tuvo en consideración fue la ubicación de los conectores de la pantalla de LCD y del teclado matricial, los cuales están conectados en la parte posterior de la tarjeta. Los conectores RS-232 de esta tarjeta sirvieron para la fase de programación puesto a que se necesitaba una comunicación externa al microcontrolador de procesamiento de datos antes de que éste pudiera comunicarse al otro microcontrolador a través del bus I2C.

Esta tarjeta no podría comunicarse con el exterior por medio de sus entradas y salidas digitales si no fuera por la tarjeta de entradas y salidas. Esta tarjeta de entradas y salidas (I/O) aísla ópticamente las señales TTL del microcontrolador, permitiéndonos así pasar las señales de niveles TTL a señales de 0 a 12V o contactos de relays. Se tienen así 5 entradas digitales opto aisladas, 5 salidas digitales opto aisladas y 2 salidas de contactos normalmente abiertos N/A de relays. El diagrama esquemático de esta tarjeta de I/O se muestra en el anexo A, figura 2.

A continuación mostramos las tarjetas terminadas luego de trazar las pistas y soldar los componentes:



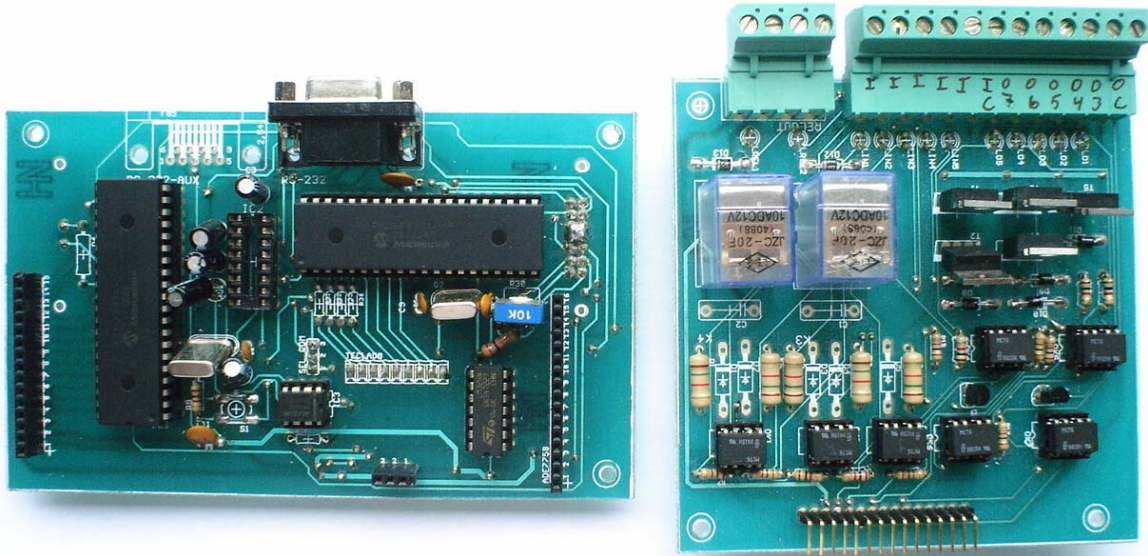


Figura 36: Tarjetas de Procesamiento de Datos y de Entradas y Salidas

Debido a que los componentes de la tarjeta de entradas y salidas dan hacia el interior del módulo, los leds que indican qué entrada/salida se ha activado están colocados en la parte trasera de la tarjeta para que apunten al exterior.

#### 4.1.2 Implementación del Subsistema de Adquisición de Datos

La imagen del trazado de pistas de la tarjeta (layout) de este subsistema se encuentra en el anexo B, figura 6. Luego de Trazar las pistas y soldar los componentes y los transformadores de corriente obtuvimos la siguiente imagen:

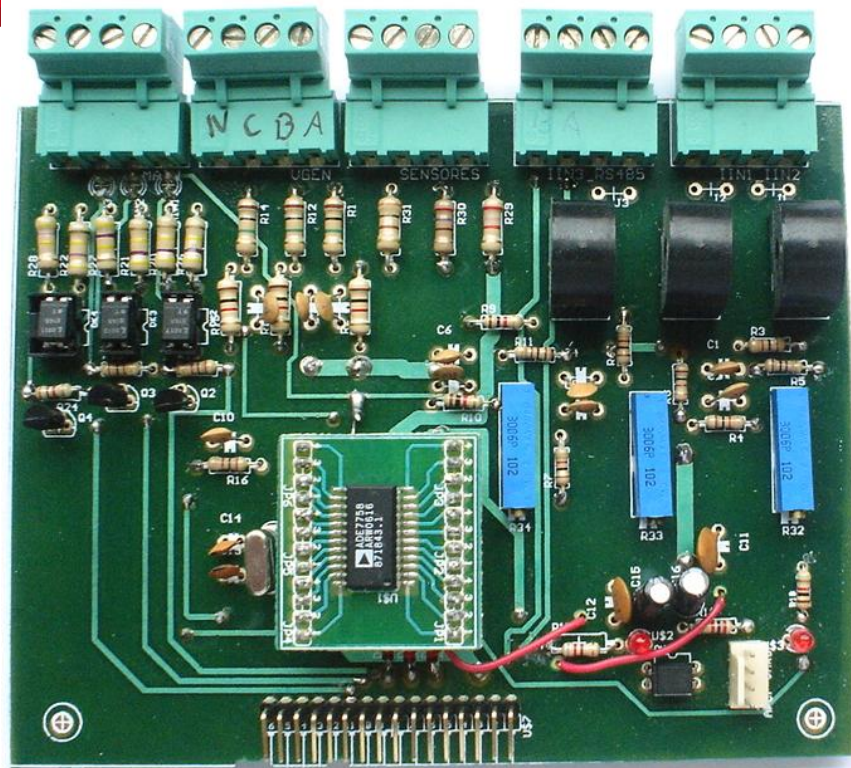


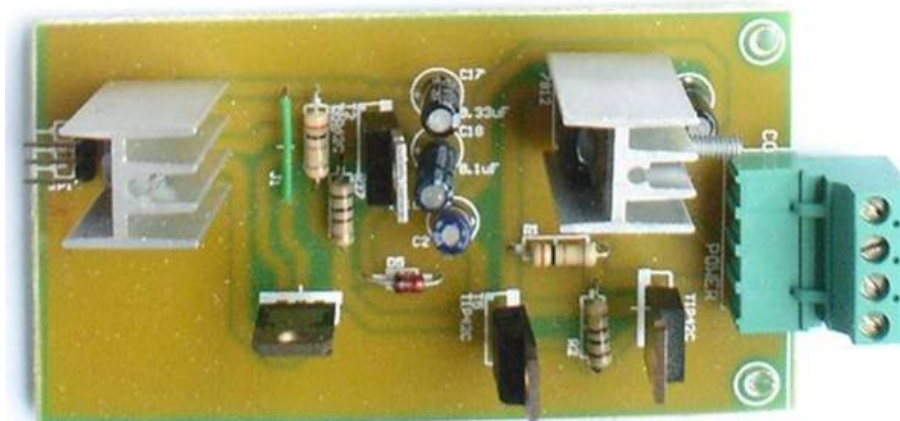
Figura 37: Tarjeta de Adquisición de Datos

Para esta tarjeta se tuvieron en consideración las dimensiones, puesto a que no podía sobrepasarse superiormente en tamaño a la tarjeta de procesamiento de datos y en largo al resto de las tarjetas. Los conectores están separados según las funciones que realizan las señales que le ingresan, con excepción de la señal del bus RS-485 que comparte el conector con la señal de corriente de la tercera fase. Esta tarjeta tiene 2 agujeros para sujetarse al case exterior. Debido a que todos los componentes miran hacia el interior, los leds que indican presencia de voltaje de red se encuentran en la parte trasera de la tarjeta para que apunten así hacia el exterior para poder ser vistos.

#### 4.1.3 Implementación de la Tarjeta de Alimentación

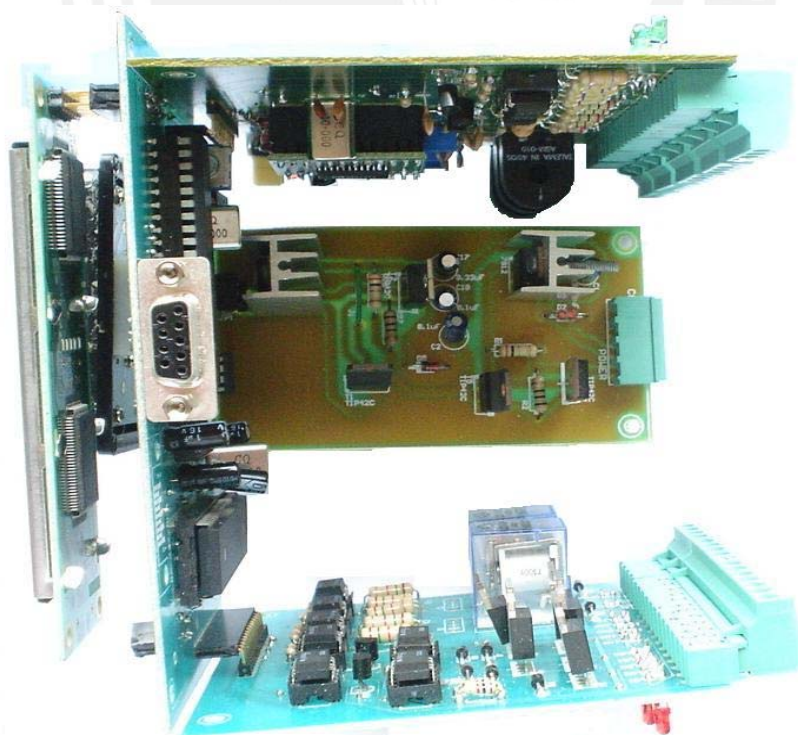
Poco mencionada, pero no menos importante es la tarjeta de alimentación, la cual va a proveer de 5 y 12 voltios al resto de tarjetas del módulo. El diagrama esquemático y la tarjeta diseñada se encuentran en el anexo A, figura 4. Esta tarjeta va en forma horizontal, pues utiliza elementos disipadores de calor que tienen que estar posicionados en el interior del espacio hueco que queda entre las tarjetas, pues es éste el espacio que va a recibir la mayor ventilación. La tarjeta puede ser alimentada con 12

ó 24 Voltios. Es necesario recordar que todas las tarjetas han sido diseñadas tomando en cuenta el patrón de conexión de la figura 35, por lo que se tuvo cuidado con las medidas para que encajen las unas con las otras.



*Figura 38: Tarjeta de Alimentación*

El módulo esclavo con todas las tarjetas ensambladas y con la pantalla y el teclado instalados es mostrado en la siguiente figura:



*Figura 39: Vista Superior del Módulo Esclavo*



*Figura 40: Vista Frontal del Módulo Esclavo*

Las tarjetas de entradas y salidas, la tarjeta de alimentación y la tarjeta de adquisición de datos están sujetados entre sí a través de láminas de aluminio entornillados en el extremo de cada tarjeta ayudando así a que los conectores no vengzan al torque producido por las tarjetas.

La ventilación de los componentes fue tomada en consideración haciendo que todos los componentes den hacia el interior del módulo donde van a estar expuestos a las ranuras de ventilación que se van a colocar en la cara superior del módulo.

## 4.2 Implementación del Módulo Maestro

El módulo maestro consta de 3 partes: la tarjeta de memoria SD, el módem externo y la tarjeta que contiene el microcontrolador. En el anexo B figura 10, se encuentra el trazado de pistas de la tarjeta del módulo maestro.

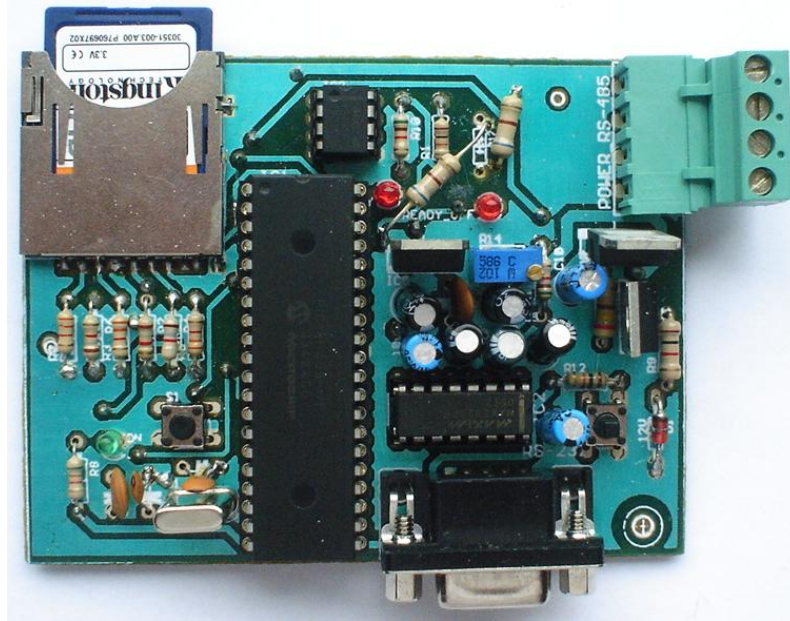


Figura 41: Tarjeta del Módulo Maestro

Vemos que el módulo maestro tiene un tamaño mucho menor que el módulo esclavo, esto es porque realiza tareas más puntuales como lo son el almacenamiento de datos y la comunicación serial RS-485 y RS-232. Para el diseño del módulo maestro se tuvo en consideración la ubicación de la tarjeta de memoria SD la cual debía tener un fácil acceso. El conector RS-232 hembra se encuentra en la parte posterior del equipo y el conector de la alimentación y bus RS-485 está ubicado en la parte lateral izquierda. La tarjeta se sujeta por medio de 3 tornillos a la caja que va a contener a dicho módulo.

### 4.3 Calibración de Parámetros

Como todos sabemos, los componentes pasivos utilizados como son las resistencias y condensadores presentan una tolerancia. Esta tolerancia se hizo notar más aún en la medición del voltaje RMS, ya que una pequeña variación en la ganancia del divisor de voltaje, se refleja en una variación de hasta 10 voltios en la respectiva medición. Así medimos los valores reales de las ganancias de los divisores de voltaje:

$$\text{Divisor fase A: } \frac{220V * \sqrt{2} * 0.98K}{1016K + 0.98K} = 0.299814V$$

$$\text{Divisor fase B: } \frac{220V * \sqrt{2} * 0.984K}{994.5K + 0.984K} = 0.3075V$$

$$\text{Divisor fase C: } \frac{220V * \sqrt{2} * 0.976K}{991.484K + 0.976K} = 0.30596V$$

Con Dicha tensión, el valor debería ser de:

$$\frac{220V * \sqrt{2} * 1K}{1000K + 1K} = 0.3108V$$

Como para el ADC 0.25V equivale a 1902BDh los valores de las fases luego del ADC son:

Fase A: 1DFE83h

Fase B. 1EC456h

Fase C: 1EC456h

Utilizamos la calibración por ganancia de voltaje RMS del ADE7758. Dicha ganancia corresponde al registro XVRMSGAIN, donde X es la fase a calibrar. El ADE7758 realiza la siguiente operación:

$$VRMS_{\text{final}} = \frac{VRMS_{\text{medido}} * (1 + XVRMSGAIN)}{2^{12}}$$

Por lo tanto, despejando el valor de XVRMSGAIN para cada una de las fases obtenemos:

AVRMSGAIN: 96h

BVRMSGAIN: 2Ch

CVRMSGAIN: 41h

Otro parámetro a calibrar es la ganancia de la corriente. Los transformadores de corriente secundarios utilizados presentan una curva de Voltaje/Corriente con una pendiente de 1/300. Esto quiere decir que si se hacen pasar 5 amperios a través de dichos transformadores, se obtiene a la salida n voltaje de  $5 / 300 = 16.66 \text{ mV}$ .

Calibramos entonces el factor de corrección para que concuerden los valores de corriente mostrados con el valor de corriente antes del transformador principal. Debido a que los valores de voltaje a la salida del transformador secundario de corriente amplificamos la señal por medio de los niveles de referencia internos del ADE7758, esto es, hacemos que la señal de entrada pase por un amplificador de ganancia 4 y luego que tome como referencia de nivel de voltaje máximo a la entrada 0.25Vpp en vez de 1Vpp. Ambas ganancias en conjunto representan una ganancia total de  $4 * 1/0.25 = 16$ . Mostramos entonces la ecuación que rige el cálculo del valor de corriente RMS:

Transformador primario de corriente:

$$I_{entrada} = \frac{I_{real} * 5}{I_{nom}}$$

Transformador secundario de corriente:

$$V_{entrada} = \frac{I_{entrada}}{300}$$

Cálculo RMS:

$$RMS = \frac{V_{entrada} * 1D3781h * 4}{(0.125 / \sqrt{2})}$$

Valor final linealizado:

$$I_{rmsfinal} = \frac{RMS * I_{nom}}{Factor}$$

Reemplazando las ecuaciones anteriores tenemos:

$$I_{rmsfinal} = \frac{I_{real} * 5 * 1D3781h * 4 * I_{nom} * \sqrt{2}}{300 * I_{nom} * 0.125 * factor} = \frac{1444197 I_{real}}{factor}$$

Como el valor mostrado debe de ser igual al valor leído, entonces:

$$I_{real} = I_{rmsfinal}$$

Por lo tanto:

$$Factor = 1444197 = 160965h$$

El microcontrolador lee del ADE7758 el valor del ADC y realiza la operación de linealización con el valor de corriente nominal ingresado por el usuario y el valor del factor de linealización.

Con los valores de corriente y voltajes calibrados se tienen a su vez calibrados los valores de potencia activa y aparente. Para calcular la potencia reactiva es necesario realizar una calibración del compensador de fase, esto se debe a que el transformador de corriente ingresa un ligero desfase en la señal de corriente y este desfase compromete el valor de la potencia reactiva calculada. El desfase hallado en las pruebas es de  $2.72^\circ$ . Utilizamos el compensador de fase interno del ADE7758 para llevar este desfase a cero.

#### 4.4 Instalación del Sistema

Cada puerto de entrada o salida corresponde a una función en particular, por lo que es importante conectar correctamente el grupo electrógeno al módulo esclavo para que puedan cumplirse las tareas a realizar y poder leer los parámetros correctos, en especial los transformadores de corriente pues si se conectan en el orden equivocado las lecturas de potencias serían erradas.

El módulo esclavo debe de ser instalado en el panel de control del grupo electrógeno asegurándose de conectar los cables correctamente y de manera ordenada en sus respectivas borneras. A continuación mostramos el diagrama de conexiones del módulo esclavo.



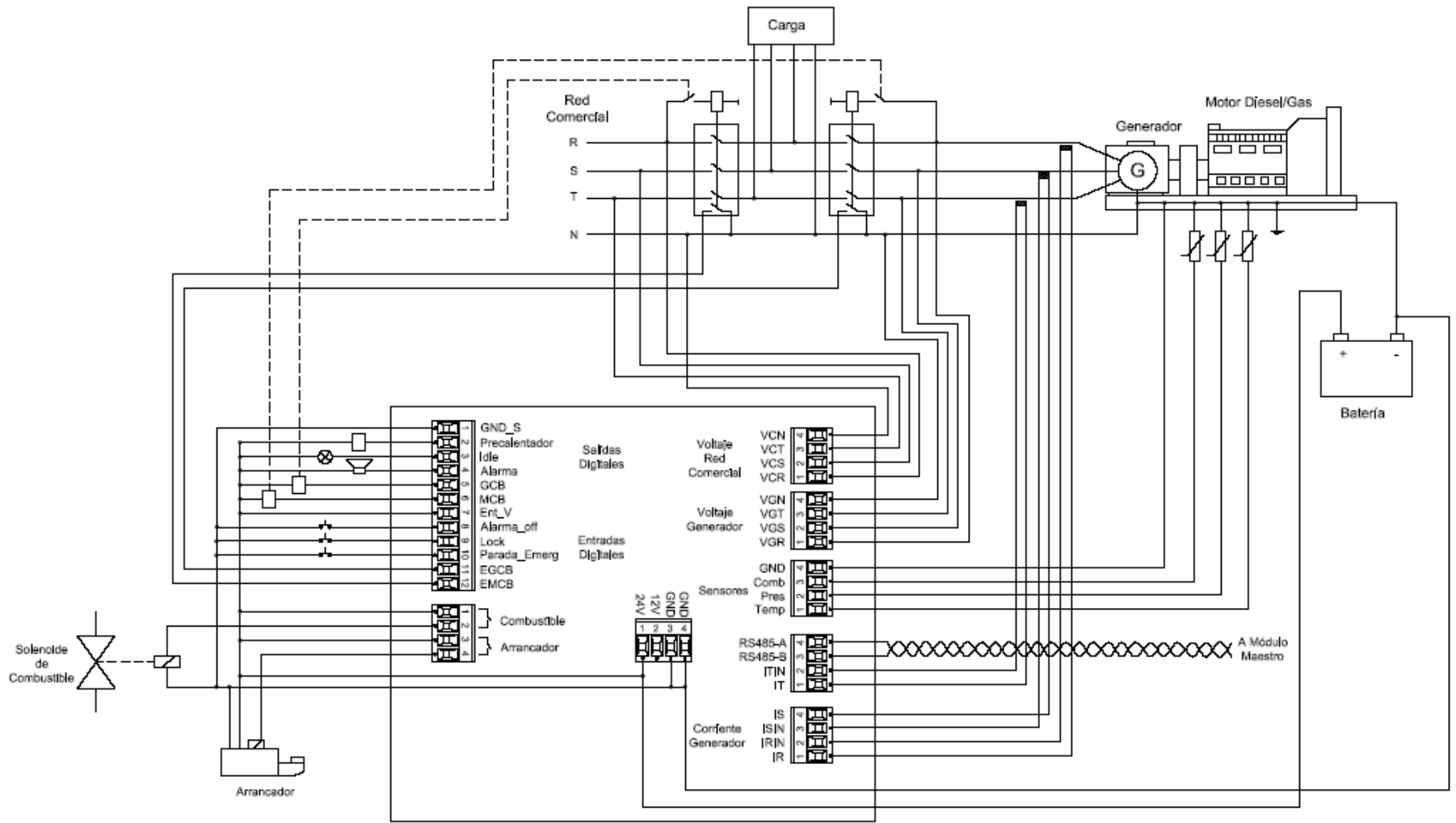
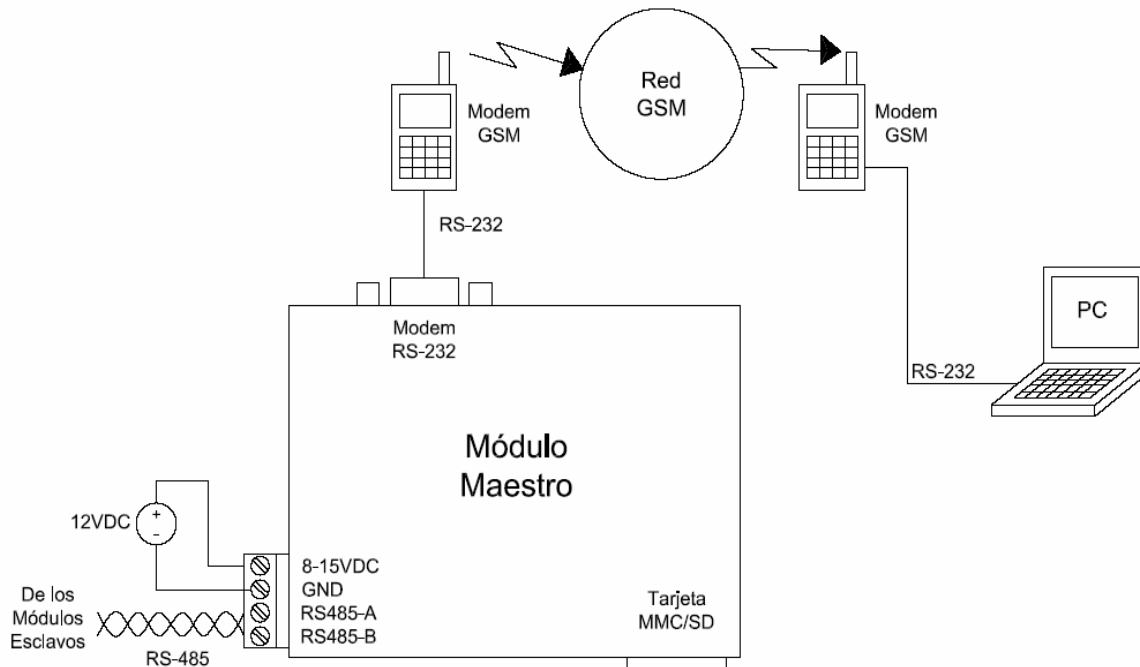


Figura 42: Diagrama de Conexiones del Módulo Esclavo

El módulo maestro puede ser instalado en el tablero de la subestación al cual está conectado el grupo electrógeno. El módulo maestro debe de estar conectado a los módulos esclavos a través de un bus RS-485. El módem se conecta al módulo maestro a través de un cable según las normas RS-232. Si bien el sistema ha sido diseñado para utilizar un módem celular GSM, por motivos de costos durante la implementación se ha utilizado el módem ISDN mencionado en el capítulo anterior.



*Figura 43: Diagrama de Conexiones del Módulo Maestro*

## 4.5 Pruebas y Análisis de Resultados

Para la realización de las pruebas se escogió una fuente de voltaje alterna variable y un banco de resistencias y de inductancias trifásicas como carga de prueba, pero solo se utilizó una sola fase para facilitar el cableado. No se realizó una conexión directa a un grupo electrógeno para estas pruebas, pues lo que se quería someter a evaluación era el porcentaje de error de las lecturas. Estas pruebas se realizaron en una primera instancia antes de calibrar el módulo esclavo debido a que se necesitaban los valores de lectura para compararlos con los valores referenciales. Las cargas de pruebas fueron proporcionadas por la Pontificia Universidad Católica del Perú y las pruebas fueron realizadas en sus instalaciones, específicamente en el laboratorio de Máquinas Eléctricas. El cableado se realizó de la siguiente manera:

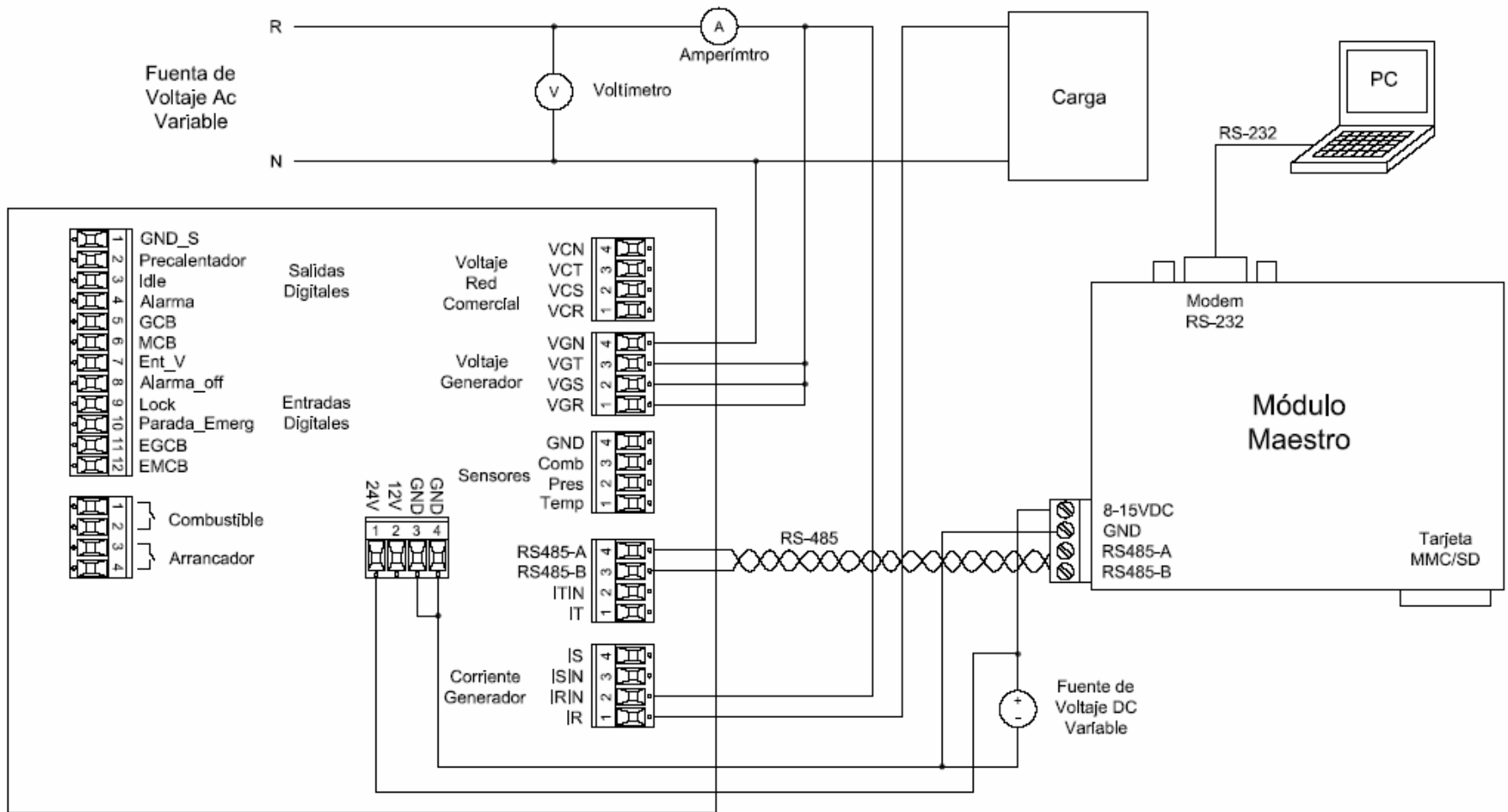


Figura 44: Diagrama de Conexiones de Prueba

## Pruebas con Cargas Resistivas

Realizamos las pruebas primero utilizando una carga netamente resistiva. Llenamos la siguiente tabla:

Valores reales:

V real	I real Amp	P real W	S real VA
240	1.05	252	252
240	1.17	280.8	280.8
240	1.3	312	312
240	1.4	336	336

*Tabla 4: Valores reales de Carga Resistiva*

Valores medidos por el módulo esclavo:

V medido	I medido	P medido kW	S medido kVA	Mul
240	101	23	24	100
240	112	26	27	100
240	123	28	30	100
240	134	31	32	100

*Tabla 5: Valores Medidos por el Módulo*

Debido a que la resolución de corriente es de 1 amperio, utilizamos un multiplicador de 100 para poder observar con mayor resolución el valor de dicha corriente. Esto hace que las potencias medidas al final también se multipliquen por 100, es decir, para un valor real de por ejemplo 250VA, el módulo leerá  $250 \cdot 100 = 25000 = 25 \text{ KVA}$ . Vemos que el valor de potencia aparente medido es muy similar al valor normal, con un error máximo del 4.76% para la primera y última lectura. Para la potencia activa, el error aumenta debido al desfase que produce el transformador de corriente en la lectura. Este desfase corresponde a  $2.72^\circ$ . Una vez compensado este desfase, el error de lectura de potencia activa es similar al de la potencia aparente.

## Pruebas con Cargas Inductivas

Retiramos a continuación la carga resistiva y probamos con la carga inductiva pura. Esto lo realizamos con el fin de observar mejor el desfase producido por los transformadores de corriente. Llenamos con los datos de las pruebas.

Valores reales:

V real	I real	Q real VAR	S real VA
220	1	220	220
220	0.8	176	176
220	0.65	143	143
220	0.55	121	121

*Tabla 6: Valores reales de Carga Inductiva*

Valores medidos:

V medido	I medido	Q medido kVAR	S medido kVA	Mul
220	99	22	22	100
220	80	17	17	100
220	65	14	14	100
220	55	12	12	100

*Tabla 7: Valores Medidos por el Módulo Esclavo*

El error en la potencia aparente y reactiva es del 3.4% para segunda lectura, pero en realidad este error es menor debido a que el valor medido es redondeado al valor entero, es decir, 176VA equivale a 17.6KVA en la lectura, que se redondea a 17KVA. Durante la prueba apareció un valor de potencia activa de 4KW, que corresponde a unos 40 watts aproximadamente. Dichos valores no se mostraron en la tabla de pruebas debido a que se desconoce el valor de la resistencia interna de la inductancia que se utilizó durante las pruebas.

Durante las pruebas, la lectura de frecuencia de la línea se mantuvo en 60Hz reduciéndose a veces a 59Hz, con lo que da un error de lectura de hasta 1.6%

De las pruebas realizadas podemos observar que existe un pequeño error en las

lecturas. Dicho error va a corresponder a la tolerancia de la lectura de nuestro equipo, es decir, por cada parámetro leído tenemos un correspondiente error de lectura.

Error en la lectura de voltaje: de 0 a 0.5%

Error en la lectura de corriente: de 0 a 5%

Error en la lectura de potencia activa: de 0 a 7.7%

Error en la lectura de potencia reactiva: de 0 a 3.4%

Error en la lectura de potencia aparente: de 0 a 4.76%

Error en la lectura de frecuencia: de 0 a 1.6%

Hay que tomar en cuenta de que los errores en las lecturas son acumulativos, es decir, un error en las lecturas de corriente y voltaje se refleja en un error en las lecturas de la potencias.

Debido a que el equipo es utilizado como un medidor de energía referencial, es decir, es utilizado para el monitoreo del equipo en lo que respecta a cantidad de uso y fallas, no es primordial que el error en las lecturas sea menor al 1%.

Con respecto al módulo maestro y al subsistema de comunicación con el usuario final, las pruebas fueron realizadas utilizando el módem externo de TRENDnet. Para realizar las pruebas se tuvo que utilizar un simulador de línea ya que si no el módem tendría que tener un número telefónico en particular correspondiente al lugar en donde se encuentre, y como el sistema tenía que ser mudable para realizar las pruebas, esto último no podía ser. El simulador de línea simulaba el tono de la línea telefónica y sólo permitía entablar la comunicación en un solo sentido. Tampoco simulaba los timbres que se producen cuando uno recibe una llamada, así que el sistema tuvo que ser probado manualmente. La comunicación entre el módem de TRENDnet y el módem de la computadora fue establecida, pero lamentablemente no podía ser automática, es decir, se necesitaba que mientras el usuario atendiera la llamada justo cuando el

módem realizaba la misma ya que no podía contestar automáticamente. Esto último no ocurriría en el caso de usar los celulares con módem GSM pues cada celular posee un único número y recibe el timbrado de llamada entrante. Por este motivo solo se probó la correcta recepción de la información entre el módem del módulo maestro y la PC del usuario final utilizando el simulador de línea.

## 4.6 Tiempo de Respuesta y Presentación de Datos

El módulo maestro monitorea los valores medidos por el módulo esclavo cada 5 minutos, pero realiza una lectura constante del registro de alarmas. Cuando un esclavo no responde por 1 segundo se considera que el esclavo no está conectado, por lo que el peor de los casos se daría si es que el error ocurriese a penas se termina de leer el registro de alarmas de dicho esclavo, seguido de una lectura del valor de registro de datos de los 32 esclavos.

El tiempo aproximado de la lectura del registro de alarmas de 31 esclavos es menor a 0.5 segundos. El tiempo de espera por no haber encontrado el último esclavo es de 1 segundo. La lectura de los datos de los 32 esclavos se realiza en menos de 2 segundos. Por lo que el tiempo de respuesta sería la suma de estos tiempos mas el tiempo que se demora en realizar la conexión con la computadora. Sumando estos tiempos se puede dar un aproximado de 3.5 segundos desde que se da la alarma hasta que se empieza a realizar la llamada y de unos 15 segundos hasta que la información llega hasta el usuario final.

La información es enviada en forma de tabla de Excel para que el usuario final realice con ella gráficos con los valores enviados. Es posible realizar un programa que obtenga esta información y la grafique automáticamente mostrando los valores más importantes y que pueda dar un diagnóstico automático, pero dicho programa no es el tema de esta tesis.

La tabla que se presenta a continuación es un ejemplo del archivo de datos en Excel generado por el sistema, los valores son de forma referencial pues la tabla no se generó por pruebas ni cargas conectadas.

Voltaje Fase 1	Voltaje Fase 2	Voltaje Fase 3	Corriente Fase 1	Corriente Fase 2
220	220	220	93	93
218	218	218	91	91
238	238	238	100	100
238	238	238	100	100
238	238	238	100	100
238	238	238	100	100
239	239	239	101	101
239	239	239	101	101

Corriente Fase 3	Potencia Activa	Potencia Reactiva	Potencia Aparente	Temperatura
93	20	0	21	50
91	19	0	20	50
100	23	0	24	50
100	23	0	24	50
100	23	0	24	50
100	23	0	24	50
101	23	0	24	50
101	23	0	24	50

Presión	Factor de Potencia	RPM	Frecuencia
3	96	1800	60
3	96	1800	60
3	95	1800	60
3	96	1800	60
3	96	1800	60
3	96	1800	60
3	96	1803	60
3	95	1800	60

Tabla 8: Ejemplo con Valores Referenciales del Archivo de Datos Generado por el Módulo Maestro



## 4.7 Especificaciones Técnicas

En esta sección mostramos los parámetros de voltaje y corriente que manejan los módulos para sus entradas y salidas, ya sean digitales o analógicas.

### 6.7.1 Módulo Esclavo

#### Alimentación

Voltaje de Alimentación terminal 12VDC: 12VDC  $\pm$  0.5V

Voltaje de Alimentación terminal 24VDC: 15 – 24VDC

#### Dimensiones

Tamaño del módulo: 17.2 x 14.65 x 14cm

#### Generador

Frecuencia nominal; 60Hz

Resolución de frecuencia: 1Hz

Corriente nominal de entrada (desde los TC): 5A

Impedancia de entrada de corriente:  $< 0,1\Omega$

Corriente máxima de entrada: 10A

Tolerancia en medición de Corriente:  $\pm 5\%$  de la corriente nominal

Voltaje de entrada (con respecto a neutro): 20-353 Vrms

Máximo voltaje medido (con respecto a neutro): 353Vrms

Tolerancia en medición de Voltaje:  $\pm 1V$

Impedancia de Entrada de voltaje:  $1M\Omega$  entre fase y neutro

#### Entradas y Salidas Digitales

Número de entradas: 5

Impedancia de entrada: 1.5K $\Omega$

Rango de Voltaje de Entrada: 0-24VDC

Número de salidas de colector abierto: 5

Corriente máxima: 0.5A

Máximo voltaje de conmutación:	24VDC
Salidas por relay:	2
Voltaje Máximo de Conmutación:	24VDC
Corriente Máxima:	1A

### Entradas Analógicas

Resolución:	10bits
Rango de resistencia del sensor de temperatura:	0 - 1600Ω
Rango de lectura de temperatura:	-1 a 110°C
Rango de resistencia del sensor de presión:	10 - 180Ω
Rango de lectura de temperatura:	0 a 10 bar

### 4.7.2 Módulo Maestro

Alimentación:	8-15VDC
Dimensiones:	10 x 7.5 x 3 cm
Comunicación RS-232:	4800 baud
Número máximo de esclavos:	32

# Observaciones

A lo largo de la realización del proyecto de tesis se plantearon muchas dificultades que sólo pueden ser aprendidos por medio de la experiencia y que no fueron tomadas en cuenta en un primer lugar por falta de la misma. Estas dificultades obstruyeron en mayor manera el proceso de diseño. Al vivir en un país del tercer mundo se hace más difícil la tarea de diseñar, puesto a que uno no consigue fácilmente los componentes que planteó inicialmente en su diseño, debido a que en el Perú, solo se encuentran componentes comerciales o reciclados de algún otro dispositivo y muy difícilmente se pueden encontrar más de dos componentes no comerciales iguales. Sin contar con el costo que implica importar dichos componentes de otros países, pues con nuestra alta tasa de impuestos el costo sale mucho más elevado. Por este motivo se tuvo que rediseñar varias veces algunos de los subsistemas. Esto nos demuestra como el país mismo presenta trabas para impulsar una ingeniería de diseño y desarrollo, quedándose solo en la ingeniería de mantenimiento y reparación, sin miras a impulsar una industria más competitiva a nivel internacional.

Otra dificultad que se tuvo en relación al tema del párrafo anterior, fue la adquisición de programas y licencias para realizar la implementación del proyecto de tesis. Al no existir licencias para estudiantes para muchos de los programas utilizados el costo de la implementación aumenta enormemente. Si bien la Universidad posee algunos de estos programas, no los tiene todos. Además se tendría que estar en la universidad durante todo el proceso de diseño e implementación. La Universidad debería de conseguir a los tesisistas la posibilidad de adquirir las licencias de los programas que necesiten para la implementación de sus tesis.

Un factor que retardó enormemente la implementación del proyecto de tesis fue la adquisición de los transformadores de corriente y del dispositivo medidor de energía

ADE7758, ya que tuvieron que ser importados. En el caso de los transformadores de corriente resultó una tarea imposible tratar de conseguirlos en el Perú y tuvieron que ser importados desde Sydney-Australia. Para el caso del ADE7758 se pidió a Analog Devices que mandaran 2 muestras de prueba gratis, así que el costo de los mismos fue nulo, pero Analog Devices no tenía representantes legales en Sudamérica y el Perú no era un país de destino válido para el envío de las muestras. Para solucionar este inconveniente se tuvo que hacer enviar los ADE7758 a la misma persona que mandó los transformadores de corriente desde Australia para que vinieran todos los componentes en el mismo envío, ahorrando así costos. Dicho proceso demoró más de 2 meses, tiempo en el cual la implementación tuvo que ser detenida puesto a que no se podía avanzar sin los dispositivos a la mano.

Durante la implementación no hubo suficiente presupuesto para prueba y error. Sólo se tuvo que rehacer un par de tarjetas debido al mal dimensionamiento de los conectores, pero no se tuvo que volver a comprar ningún componente. Para que no volviera a ocurrir lo mismo se tuvo que pensar siempre por adelantado, es decir, diseñar el sistema teniendo en cuenta cada aspecto del mismo, desde ancho de las pistas de acuerdo a la cantidad de corriente, hasta tamaño de las tarjetas para que pudieran encajar según el diseño preestablecido, facilitando la ventilación y acceso a diversos componentes y señales para que se hiciera más fácil la depuración de errores. Al final el diseño resultó ser el correcto con excepción de algunos detalles como el uso de resistencias de pull-up para algunas señales que tuvieron que ser añadidas posteriormente.

# Conclusiones

Luego del proceso de implementación y pruebas, algunos aspectos del sistema se hicieron obvios: el sistema si bien es un diseño complejo, puede ser expandido en funciones, lo cual abre la ventana de posibilidades a siguientes versiones con quizás más funciones, o quizás menos funciones pero más especializadas. Por ejemplo: Realizar un módulo que cumpla con las tareas de ambos módulos, (el maestro y el esclavo) y que solo realiza la tarea de leer datos y enviarlos continuamente a una computadora receptora, sin que tenga la opción de automatizar el funcionamiento del grupo ni de almacenar memoria. Dicho módulo sería más barato de implementar, pero como la comunicación es continua, ésta sería más cara, además de necesitaría un módem por cada dispositivo.

Una expansión de los objetivos de esta tesis podría ser mejorar la visualización de datos, por medio de programas en la computadora del usuario final que faciliten el procesamiento de la información del historial enviado. También se podría enviar un mensaje de texto a un celular preestablecido para alertar en caso de una falla.

La implementación de esta tesis demuestra que es posible y más eficiente realizar dispositivos de monitoreo a distancia de equipos y maquinarias ya que estos demuestran ser una ventaja en lo que a logística se refiere, sobretudo para empresas que poseen flotas de alquiler distintos tipos.

Si bien esta tesis fue aplicada específicamente para el uso en grupos electrógenos, es posible desarrollar el mismo principio para sistemas de diversos tipos, como por ejemplo, vehículos automotrices, máquinas expendedoras de alimentos, maquinaria de

alquiler agrícola, etc.

De las pruebas realizadas podemos concluir lo siguiente:

- Los márgenes de error del sistema son acumulativos, es decir, un error en la lectura de corriente y voltaje se ve reflejado en un aumento en el error de lectura de valores de potencia. Este problema no puede ser resuelto, debido a que dichas señales de corriente y voltaje son utilizados para calcular los valores de potencias de manera directa.
- Los parámetros eléctricos que poseen menor error de lectura son los parámetros de voltaje y corriente RMS.
- El parámetro con mayor error de lectura es el de la potencia activa y reactiva.
- El sistema cumple con los parámetros de lectura deseados a pesar de los márgenes de error. Los requerimientos de precisión de lectura del sistema son bajos, ya que este equipo no piensa ser un equipo de medición al nivel de los medidores electrónicos que se encuentran en el mercado, sino que es un equipo de monitoreo a distancia que permite realizar acciones de alarma y apagado automático si alguno de los valores medidos se salen fuera de rango.
- Debido a la cantidad de señales monitoreadas, tanto parámetros físicos como las 3 fases de señales eléctricas, el cableado del módulo esclavo no es tan sencillo y hay que tener cuidado con cruces y cortocircuitos, especialmente entre los cables con las señales de voltaje y corriente. Es por eso que el orden de los cables debe ser una prioridad.

Una limitación que se tuvo durante la implementación fue el uso de los microcontroladores PIC16F877A, pues al ser ya de una familia anterior a la nueva serie de microcontroladores 18FXXX presentan menor capacidad de memoria de programa y de memoria de datos. Esto limitó la calidad del programa de interfaz con el usuario pues no se tenía memoria suficiente para poder manejar el menú del dispositivo al nivel que se deseó inicialmente.

Con respecto al sistema de comunicaciones con el usuario final, el diseño está realizado para que se utilice un módem celular GSM, pero por motivos externos se tuvo que utilizar el módem de TRENDnet. Con dicho módem la comunicación no podía realizarse en un lugar cualquiera pues se requería la presencia de la red de telefonía y de un número predeterminado de acuerdo al lugar en el que se encontrase al cual iba a responder el módem, por eso se optó por usar el simulador de línea descrito en la fase de pruebas para poder entablar una comunicación entre ambos módems. El problema que se tuvo con esta comunicación fue que el simulador de línea no simulaba los timbres y por lo tanto el proceso de entablar la comunicación, (contestar), tenía que ser hecho manualmente impidiendo mostrar la comunicación en forma automatizada. Esto último no ocurriría si se utilizasen los módems celulares GSM pues sólo requieren de estar en el rango de la red GSM y cada celular tiene un número propio esté donde esté.



# Fuentes

## ModBus

1. Modicon Modbus ProtocolReference Guide  
June 1996  
MODICON, Inc., Industrial Automation Systems
2. MODBUS over serial line specification and implementation guide V1.0  
Modbus.org <http://www.modbus.org/>  
12/02/02

## GSM

3. GSM35  
900/1800MHz GSM Modem Module  
User's Manual  
Hardware revision 1.1  
FIN-00660 HELSINKI  
FINLAND
4. Artículo de [www.telefonos-moviles.com](http://www.telefonos-moviles.com) referente a redes GSM  
<http://www.telefonos-moviles.com/articles/item.asp?ID=30>
5. GSM: Cellular radio Telephony  
Joachim Tisal  
ESME-Sudria  
France  
1997
6. An introduction to GSM  
Siegmond M. Redl, Matthias K. Weber, Malcolm W. Oliphant  
1995
7. GSM Networks: Protocols, Terminology, and Implementation  
Gunnar Heine  
1999
8. Control remoto a través de GSM  
Revista Mundo electrónico



Febrero 2002

Pág 52-57

9. <http://www.wmlclub.com/articulos/fundamentosgsm.htm>

### **Módems**

10. <http://www.antel.com.uy/portal/hgxpp001.aspx?2,359,439,O,S,0,MNU;E;123;7;MNU;>
11. Módem externo de datos/fax/voz de 56K V.92  
Especificaciones técnicas  
TRENDware Internacional, Inc.

### **CDMA**

12. <http://www.umtsworld.com/technology/cdmabasics.htm>
13. Sistemas celulares de tercera generación  
Arturo Vera

### **ISDN**

14. <http://www.duiops.net/hardware/modems/modems.htm>
15. <http://www.uniandes.edu.co/Nuevas/servicios/IsdnDetallada.html>

### **xDSL**

16. <http://www.overclockers.cl/modules.php?name=news&id=494>

### **Interfases a PC**

17. <http://www.electronicaestudio.com/interfase.htm>

### **Glosarios**

18. Rafael Fernández Calvo 2003  
[http://www.ati.es/novatica/glosario/glosario\\_internet.html](http://www.ati.es/novatica/glosario/glosario_internet.html)
19. <http://es.wikipedia.org/wiki/Portada>

### **Interfase a variables monitoreadas**

20. Sensores y Acondicionadores de señal.  
Ramón Pallás Areny  
3era Edición

## Empresas y productos

21. <http://www.comap.cz/>
22. DT DAS 8000, Sistema Modular de Adquisición y medida de datos  
Documento número 9950 P005-3  
Dpto. de Software t Dpto. de Marketing.  
©Desin Instruments, S.A. Barcelona, España  
Diciembre 1999
23. <http://www.bairesrobotics.com.ar/gsm.htm>
24. IntelliLite® AMF 20/AMF 25  
Automatic Mains Failure Controller
25. Current Sense Transformers and Inductors  
Catálogo  
THE TALEMA GROUP  
<http://www.talema-nuvotem.com>

## Datasheets

26. [http://www.netvmi.com/es/esp\\_vantagens.htm](http://www.netvmi.com/es/esp_vantagens.htm)
27. <http://www.analitica.com/va/sociedad/noticias/3876050.asp>
28. <http://www.telefonica.com.pe/Movistar/movimultimedia.html>
29. <http://www.tim.com.pe/portalTimWebApp/application?origin=menuAccionesServicios.jsp&event=bea.portal.framework.internal.portlet.event&pageid=Servicios&portletid=serviciosMenu&portletns=menuServicios&wfevent=ServiciosMenu.link&evento=NetMovilLink-Tecno>
30. <http://www.comtechm2m.com/m2m-telemetry-solutions/vending-telemetry-solution.htm>
31. IntelliGen® Modular Gen-set Controller  
Written by Ladislav Kadanik  
Prague, Czech Republic
32. Intelli Communication Guide  
Written by Ladislav Kadanik  
Prague, Czech Republic
33. MID400  
AC LINE MONITOR LOGIC-OUT DEVICE  
Data Sheet  
© 2003 Fairchild Semiconductor Corporation

34. PIC16F87XA  
Data Sheet  
28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers  
2003 Microchip Technology Inc.
35. ADE7758 Poly Phase Multifunction Energy Metering IC with Per Phase Information.  
One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.  
Analog Devices, Inc.

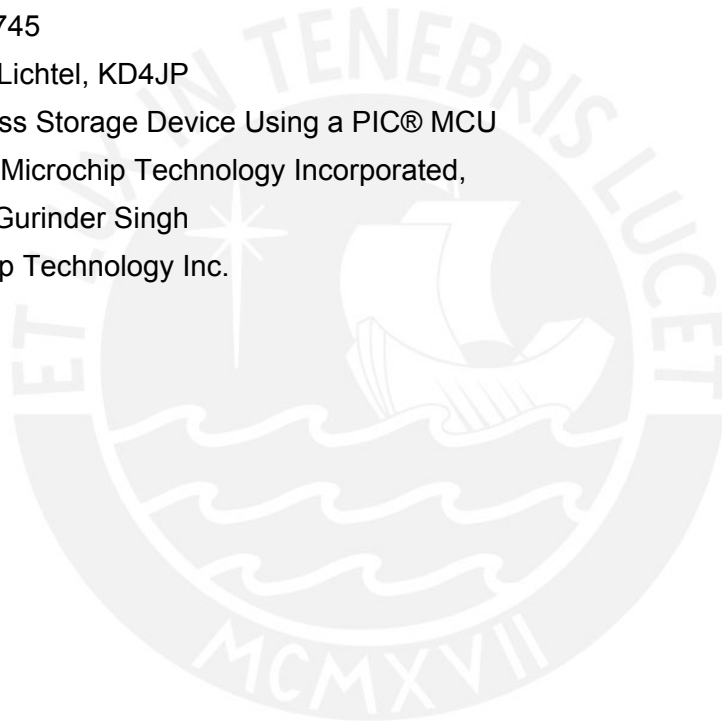
### Tesis

36. Pontificia Universidad Javeriana,  
Bogotá Colombia  
[www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis102.pdf](http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis102.pdf)
37. Sistema de Control y Monitoreo Integrado con Wireless Application Protocol (WAP)  
Autores: Hans Christian Guevara Parker ([a811027@upc.edu.pe](mailto:a811027@upc.edu.pe))  
Alejandro Real Espinoza ([a610587@upc.edu.pe](mailto:a610587@upc.edu.pe))  
Asesor: Ing. José Oviden Martínez ([pceljoli@upc.edu.pe](mailto:pceljoli@upc.edu.pe))  
Universidad Peruana de Ciencia Aplicadas

### Aplicaciones con Microcontroladores

38. An Embedded Device Utilising GPRS for Communications  
Kevin B. Mayer, Dr Ken Taylor CPEng, MIEAust CSIRO Mathematical and Information Sciences Division & The Australian National University  
GPO Box 664, Canberra, ACT, 2601  
Fax: (02) 6216 7111
39. Using PICmicro® MCUs to Connect to Internet via PPP  
© 2002, Microchip Technology Incorporated  
Author: Myron Loewen  
for Microchip Technology Inc.
40. Embedding PICmicro® Microcontrollers in the Internet  
© 2002, Microchip Technology Incorporated  
Author: Rodger Richey/Steve Humberd  
Microchip Technology Inc.  
Chandler, AZ

41. Asynchronous Communications with the PICmicro® USART  
© 2002, Microchip Technology Incorporated  
Author: Mike Garbutt  
Microchip Technology Inc.
42. AN10406  
Accessing MMC card using SPI on LPC2000  
Rev. 02 — 28 November 2005 Application note  
© Koninklijke Philips Electronics N.V. 2005
43. Implementing a USB Equipment  
Interface Using the Microchip  
PIC16C745  
By Dick Lichtel, KD4JP
44. USB Mass Storage Device Using a PIC® MCU  
© 2005, Microchip Technology Incorporated,  
Author: Gurinder Singh  
Microchip Technology Inc.



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**Facultad de Ciencias e Ingeniería**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE  
PARÁMETROS FÍSICOS Y ELÉCTRICOS DE GRUPOS ELECTRÓGENOS**

**ANEXOS**

Presentado por:  
Franco Mario Rabines Lara  
20010213

**Lima - PERÚ  
2006**

# Anexos



# Anexo A



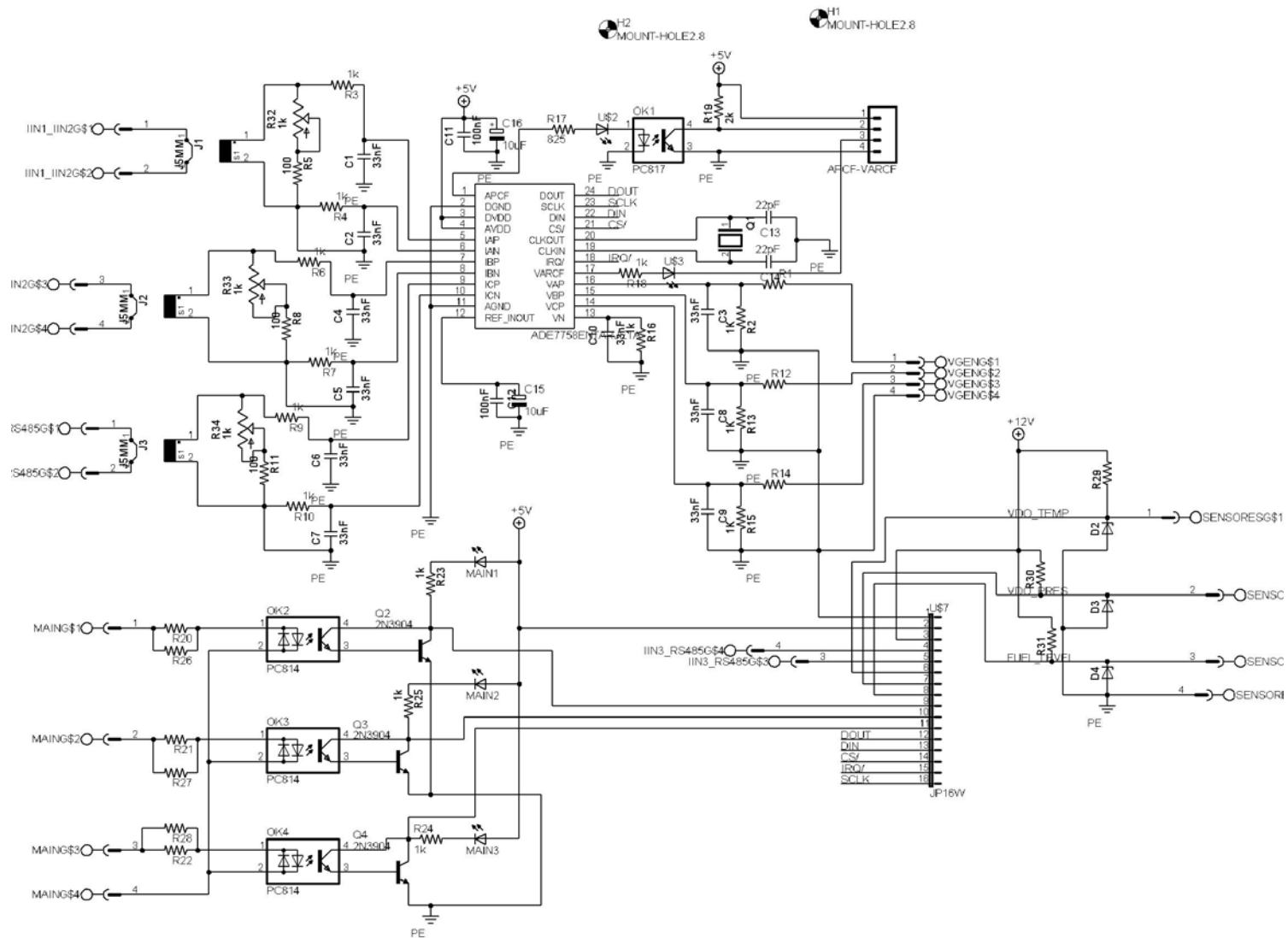


Figura 1: Diagrama esquemático tarjeta de adquisición de datos



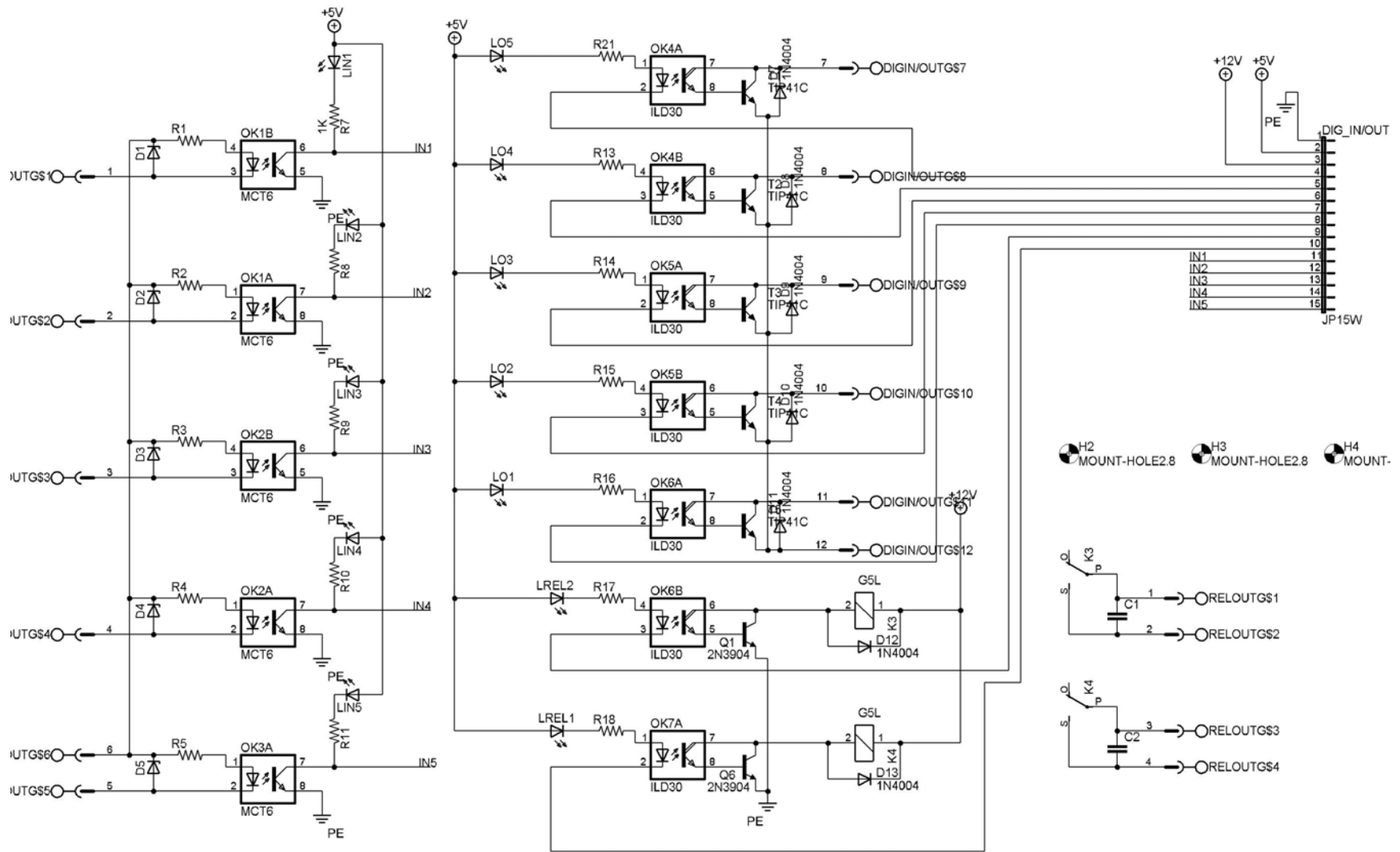


Figura 2: Diagrama esquemático tarjeta de entradas y salidas

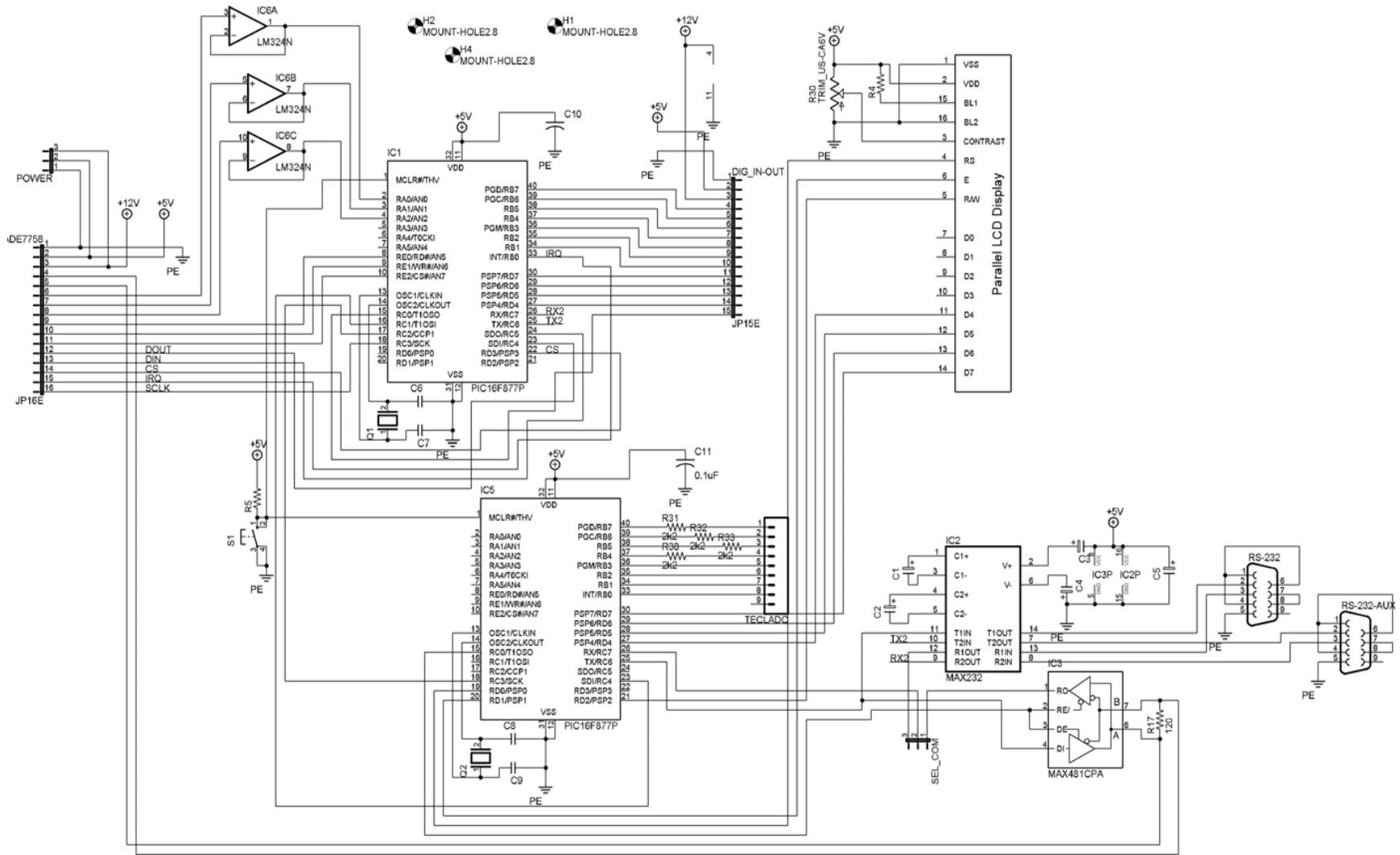


Figura 3: Diagrama esquemático tarjeta de procesamiento de datos

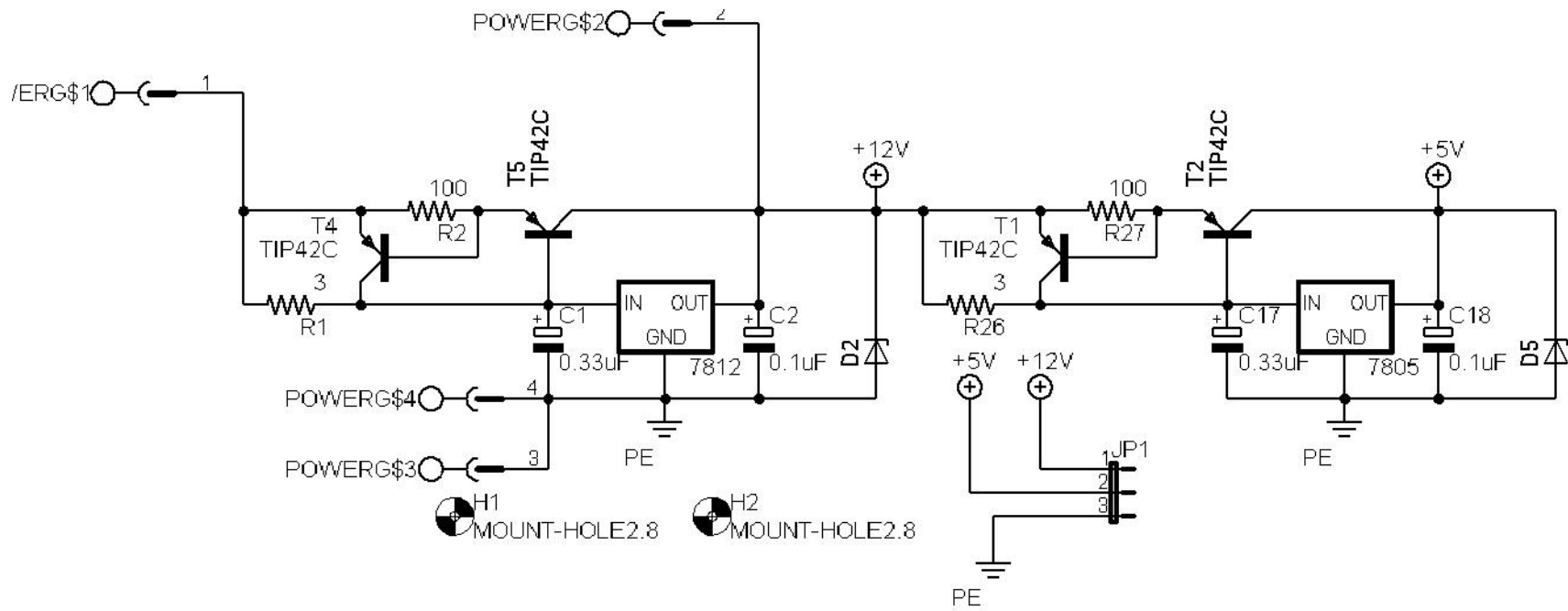


Figura 4: Diagrama esquemático tarjeta de alimentación

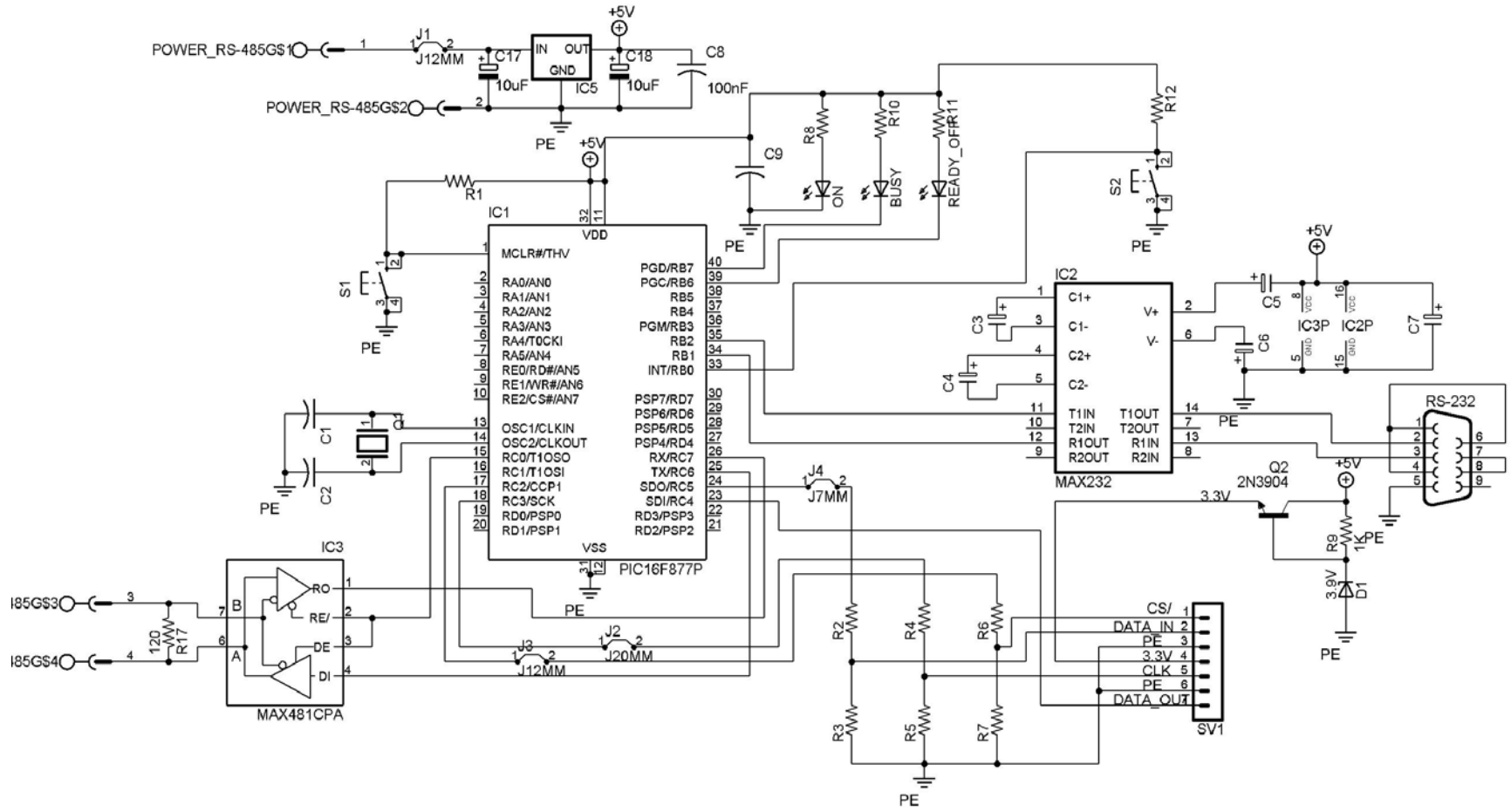


Figura 5: Diagrama esquemático tarjeta del módulo maestro



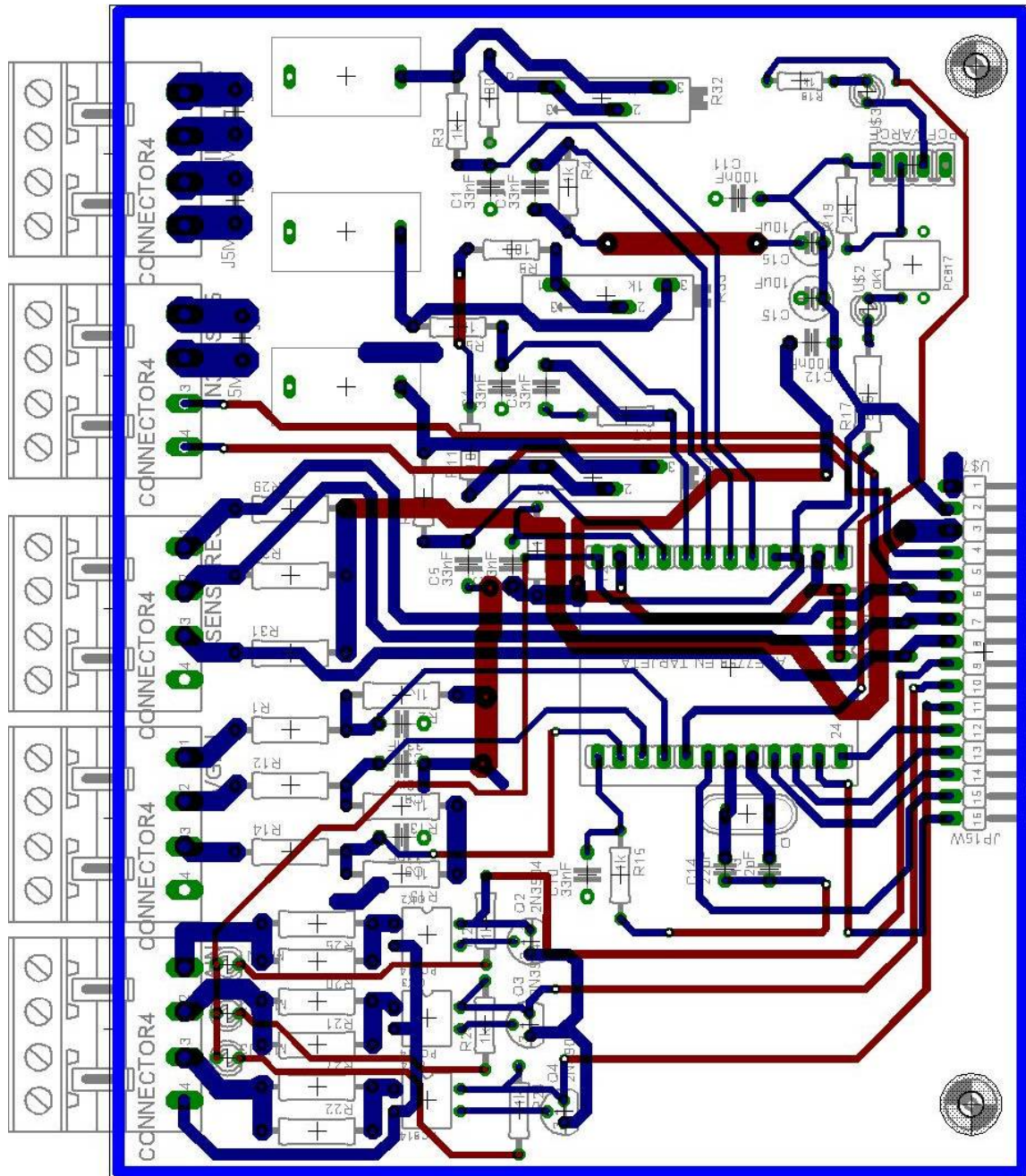


Figura 6: Trazado de pistas de tarjeta de adquisición de datos

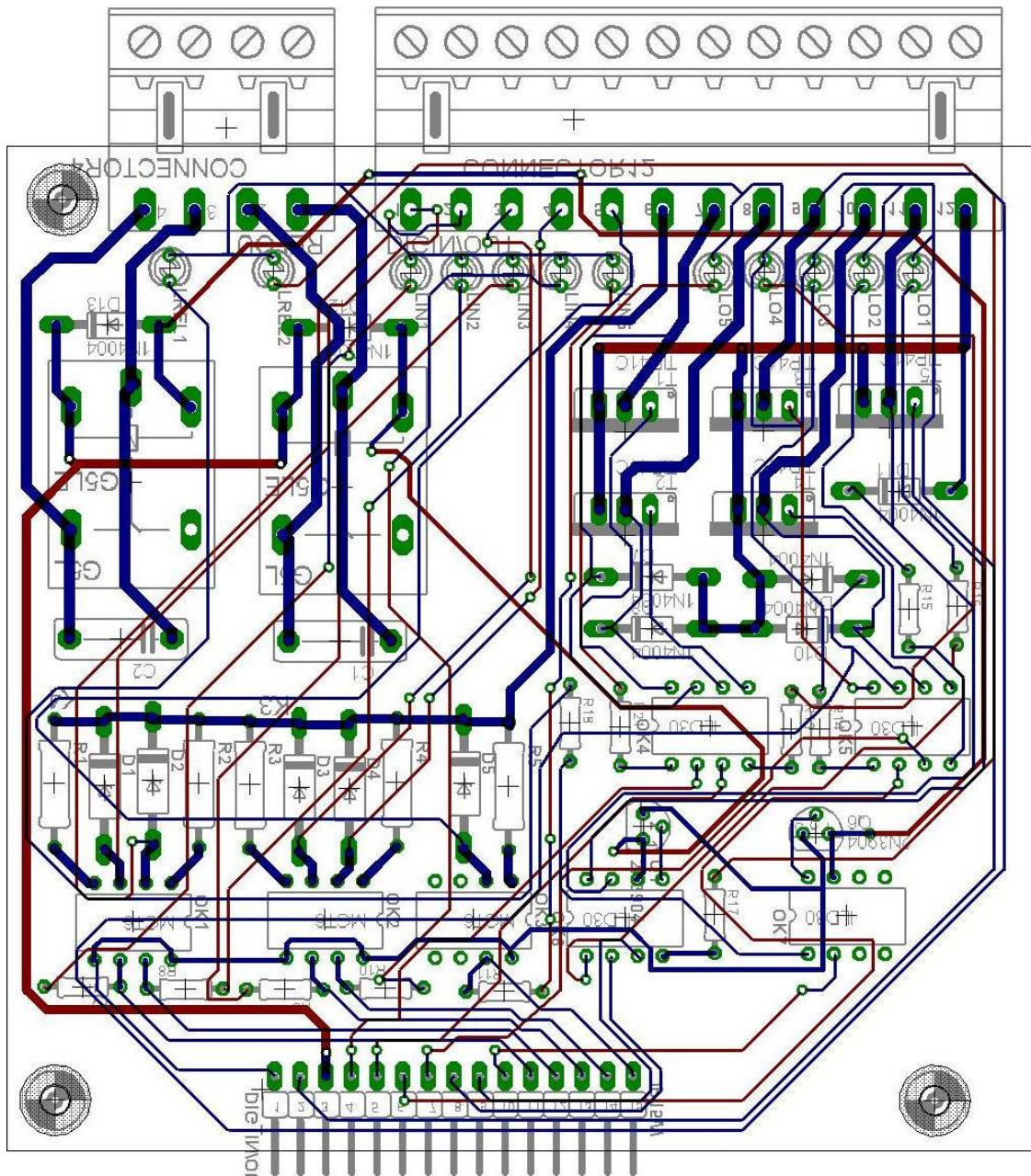


Figura 7: Trazado de pistas de tarjeta de entradas y salidas

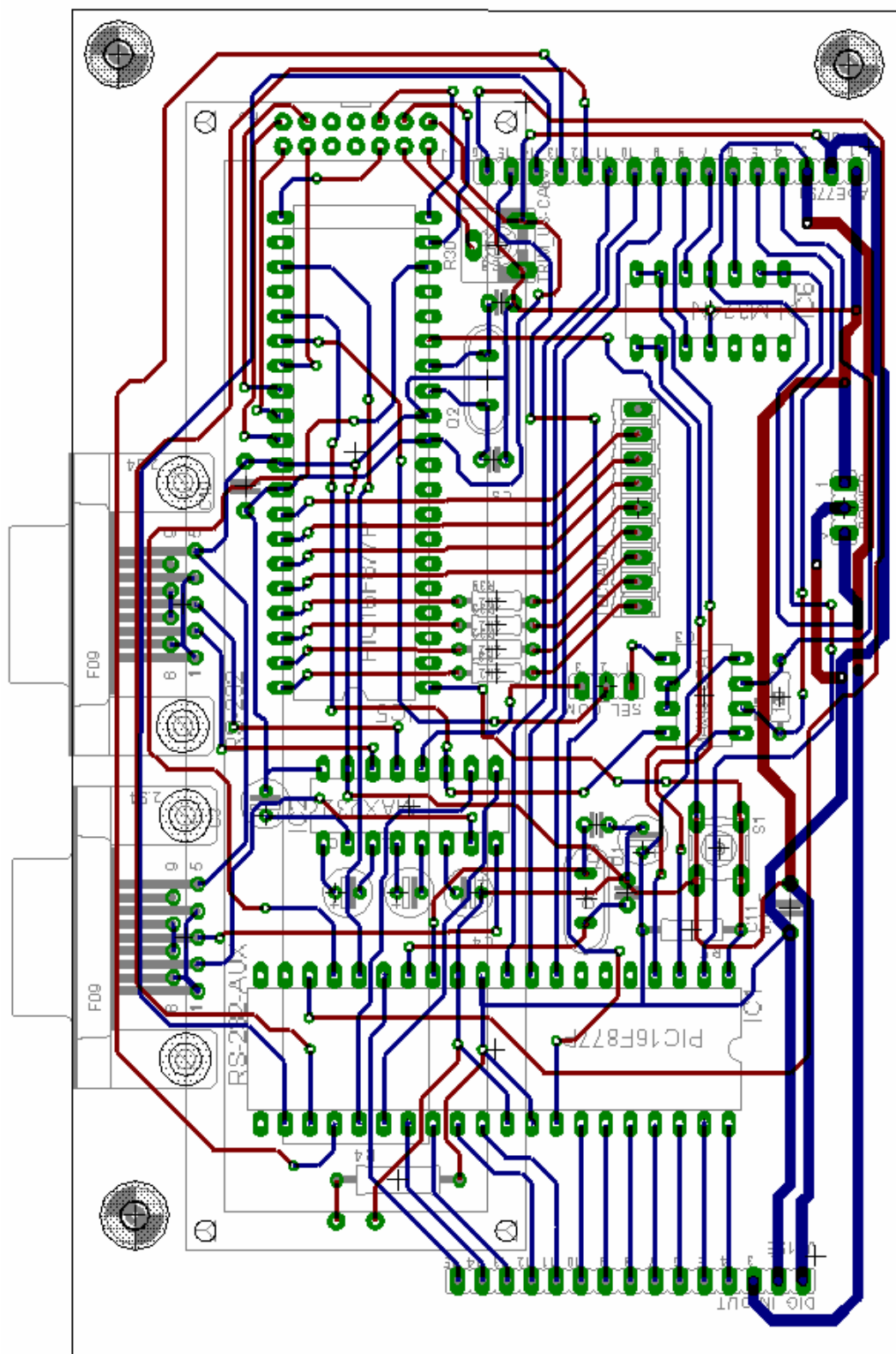


Figura 8: Trazado de pistas de tarjeta de procesamiento de datos



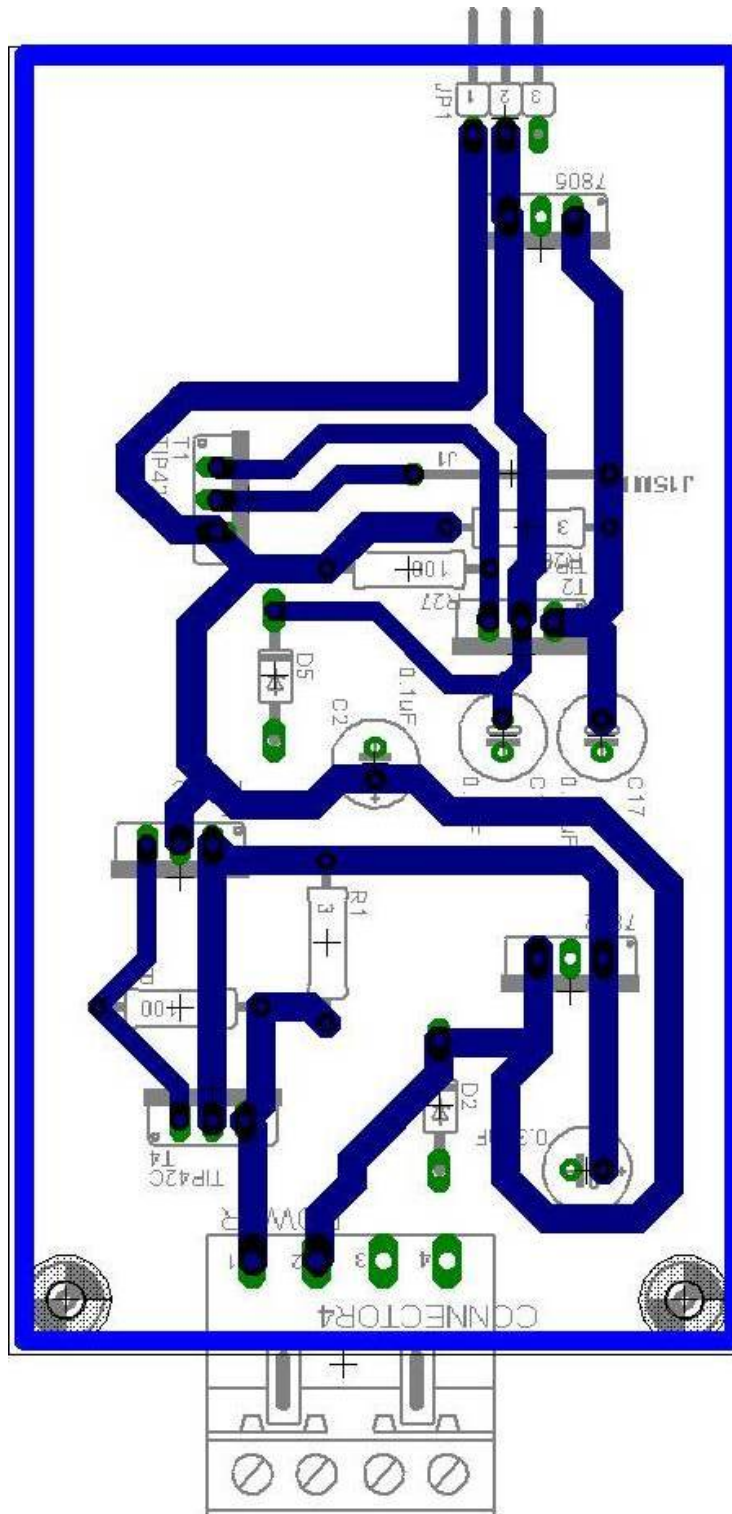


Figura 9: Trazado de pistas de la tarjeta de alimentación

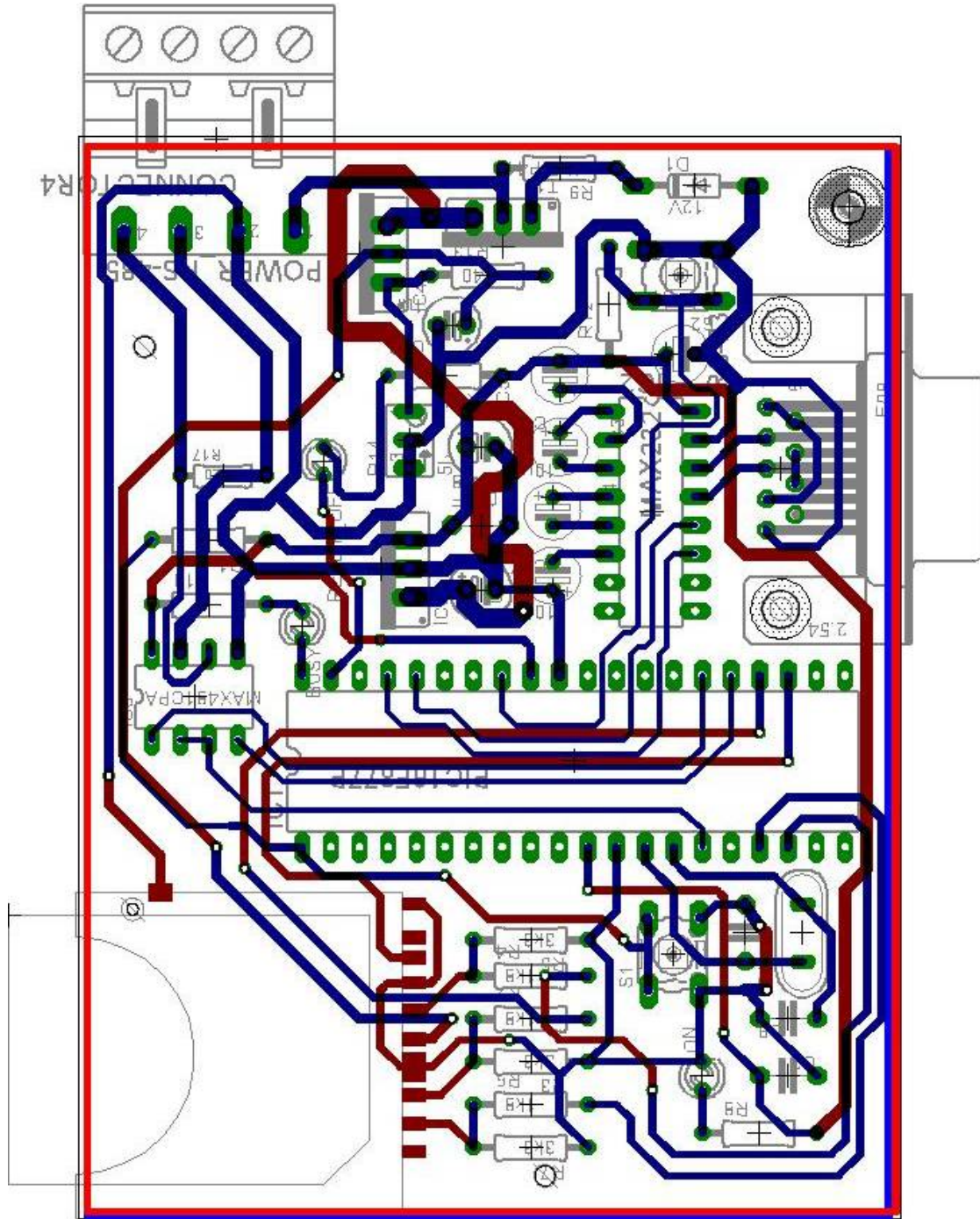


Figura 10: Trazado de pistas de la tarjeta del módulo maestro



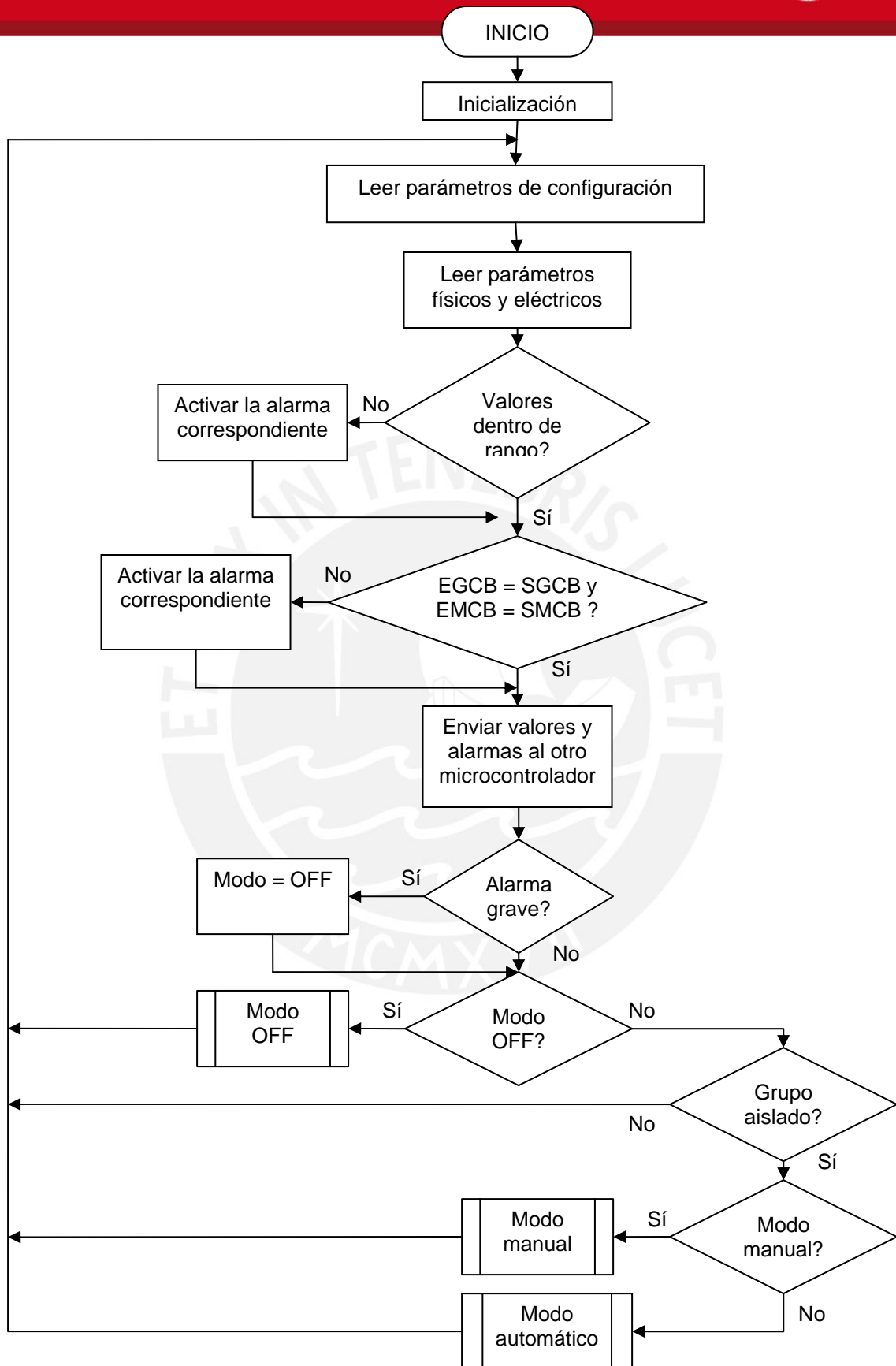


Figura 11: Diagrama de flujo principal del microcontrolador de procesamiento de datos

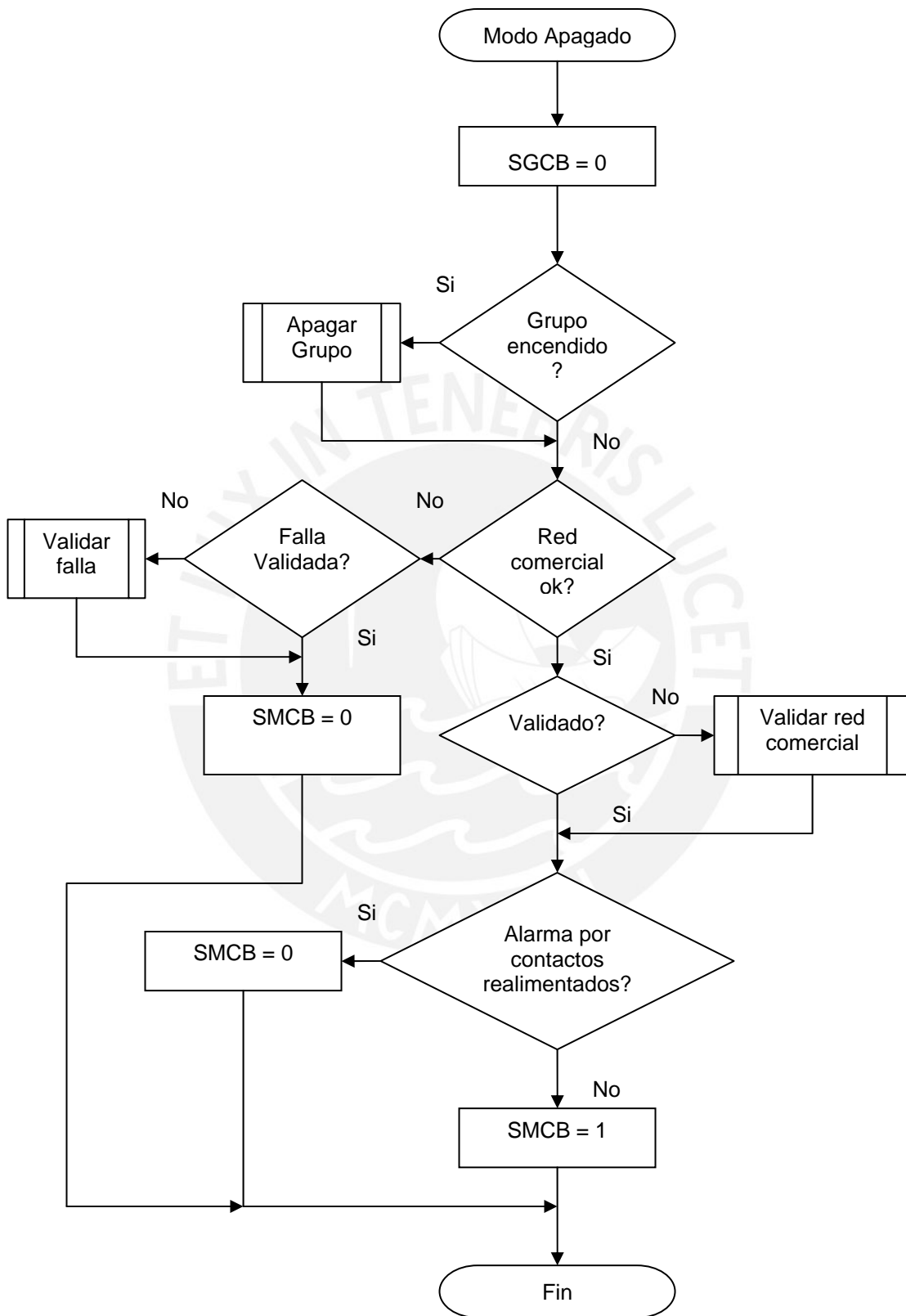


Figura 12: Diagrama de flujo de la rutina del modo apagado

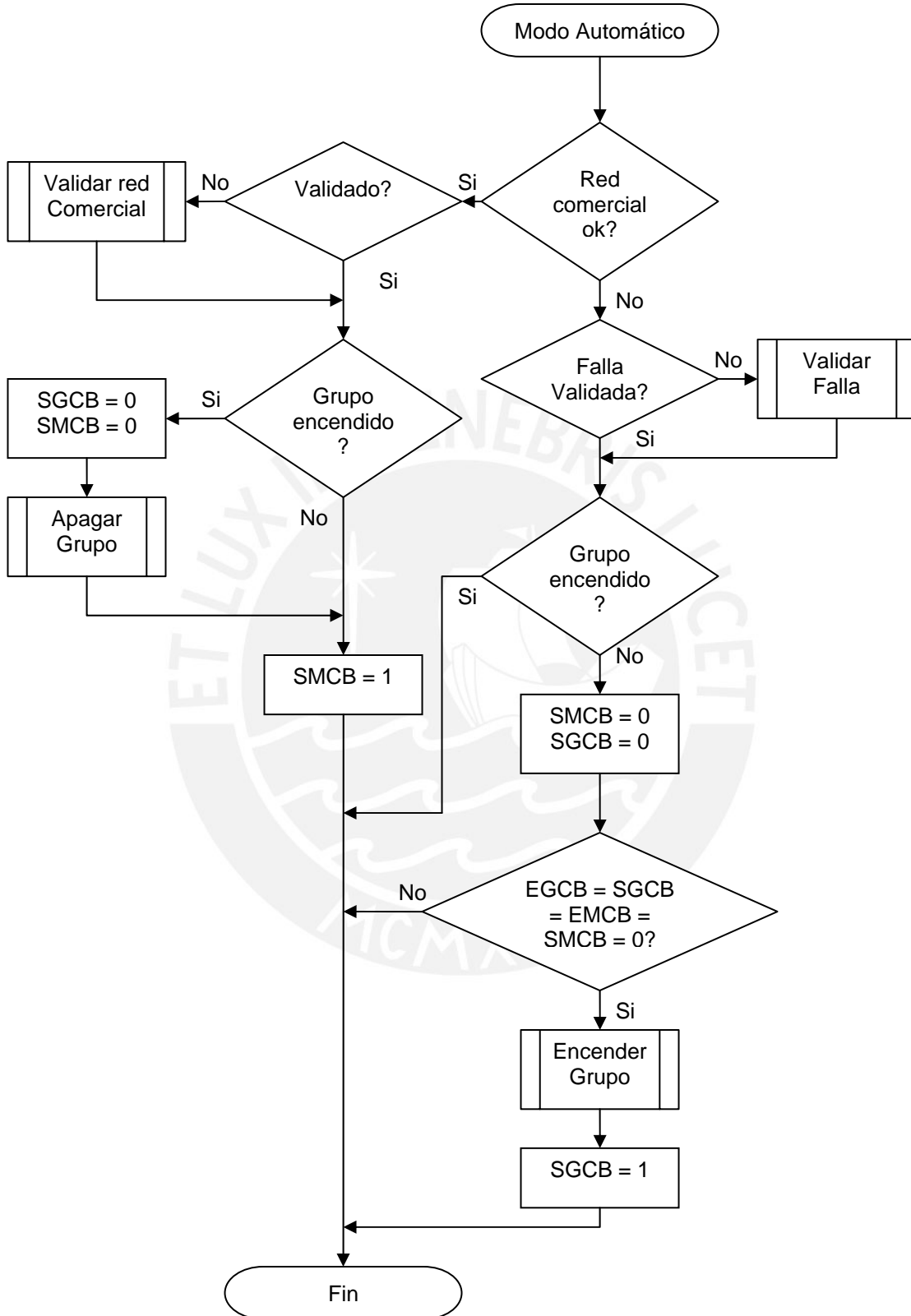


Figura 13: Diagrama de flujo de la rutina del modo automático

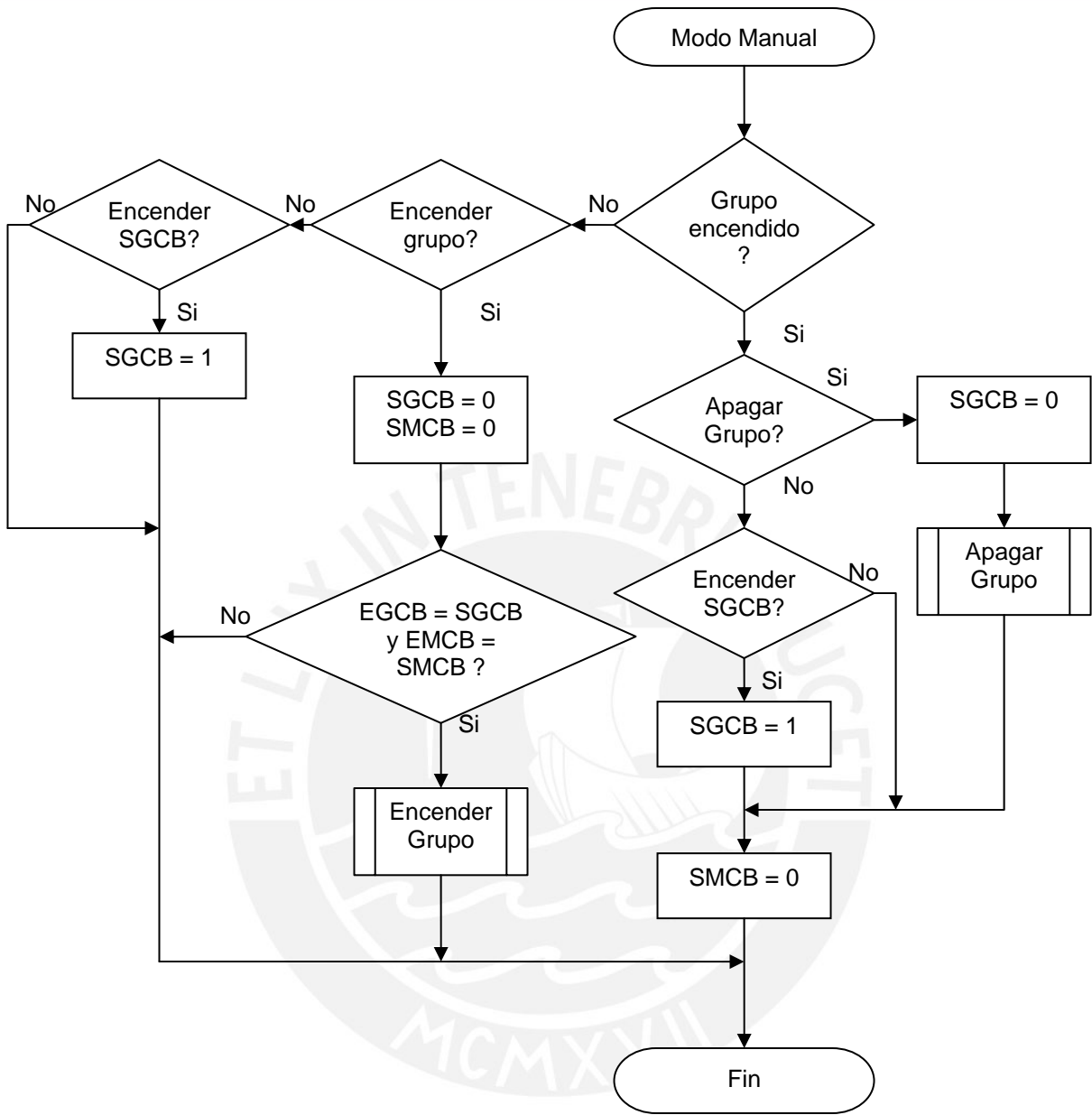


Figura 14: Diagrama de flujo de la rutina del modo manual

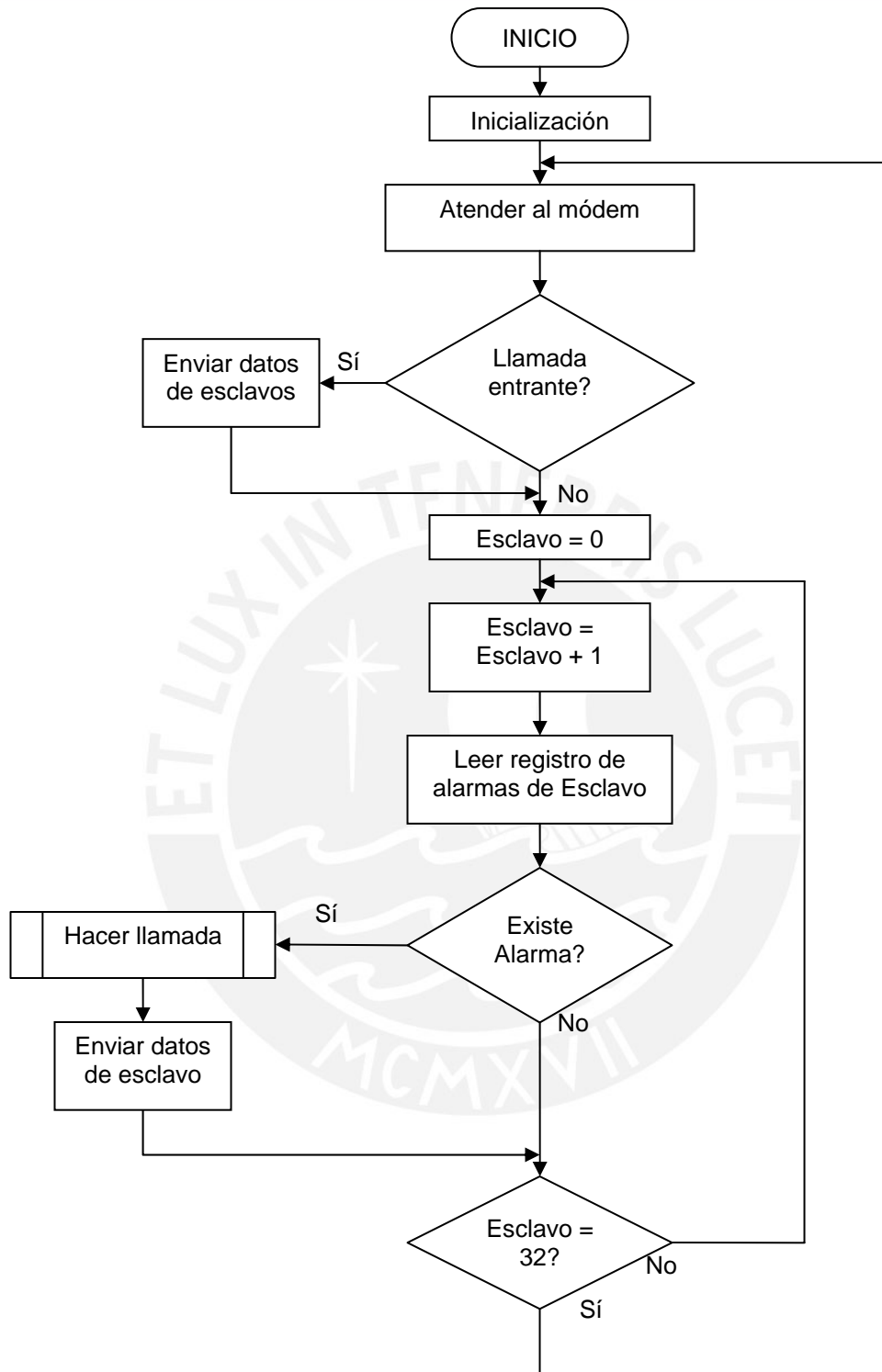


Figura 15: Diagrama de flujo del programa del módulo maestro



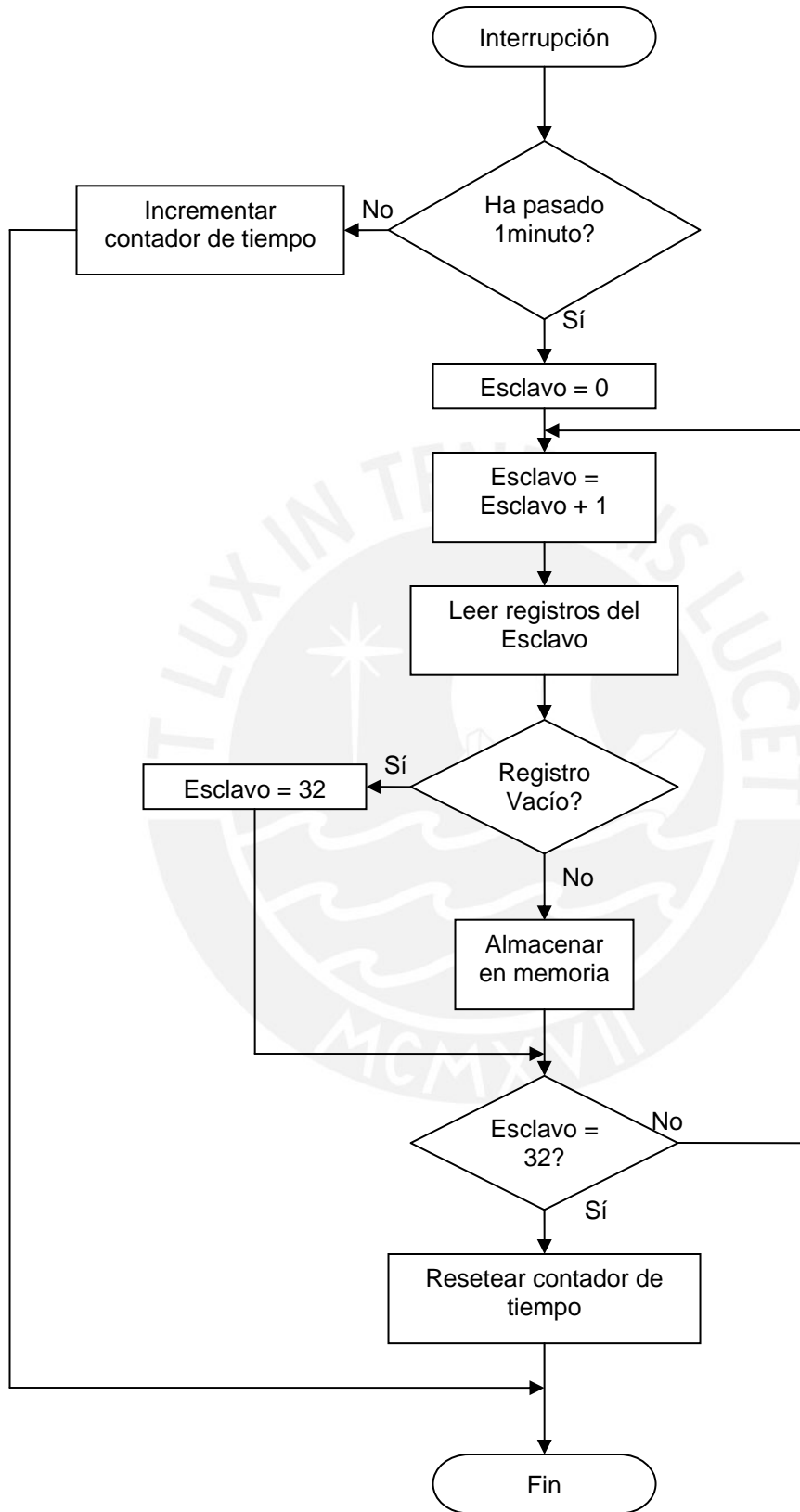


Figura 16: Diagrama de flujo de la rutina de interrupción